

SOJA



Jegor Miladinović • Milica Hrustić • Miloš Vidić

SOJA

dr Jegor Miladinović
dr Milica Hrustić
dr Miloš Vidić

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
Sojaprotein, Bečej
2008.

SOJA/SOYBEAN

Urednici / Editors

Jegor Miladinović
Milica Hrustić
Miloš Vidić

Izdavači / Published by

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
Sojaprotein, Bečej

Za izdavače / Publishers

Prof. dr Petar Sekulić, direktor
Branislava Pavlović, generalni direktor

Recenzenti / Reviewers

Akademik Rudolf Kastori
Prof. dr Srbislav Denčić, dopisni član
VANU

Prof. dr Ljubinko Starčević

Dr Dragana Miladinović, naučni savetnik

Saradnica / Assitant

Gordana Kuzmanović

Likovna oprema / Design

Vojin Reljin, akademski slikar

Grafička priprema / Prepress

Borislav Đukanović, graf. ing.

Tiraž / Printed in

1.000 primeraka / copies

Štampanje završeno / Printed

Novembar 2008.

Autori / Authors

Dr Milica Hrustić
Dr Jegor Miladinović
Mr Vuk Đorđević
Prof. dr Petar Sekulić
Dr Nastasija Mrkovački
Mr Vojin Đukić
Dr Svetlana Balešević - Tubić
Dr Mladen Tatić
Dr Miloš Vidić
Prof. dr Stevan Jasnić
Prof. dr Radosav Sekulić
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi
Sad, Srbija
Prof. dr Reid G. Palmer
Prof. dr Randy C. Shoemaker
USDA ARS CICGR and the Department of
Agronomy, Iowa State University, Ames,
Iowa, USA

Prof. dr Joseph W. Burton
USDA/ARS, North Carolina State Univer-
sity, Raleigh, North Carolina, USA

Prof. dr James H. Orf
Department of Agronomy and PLant Ge-
netics, University of Minnesota, St. Paul,
Minnesota, USA

Prof. dr Miodrag Dimitrijević
Prof. dr Sofija Petrović
Mr Igor Kurjački

Prof. dr Novica Petrović

Prof. dr Ivana Maksimović
Prof. dr Jovan Crnobarac
Prof. dr Branko Marinković
Prof. dr Đuro Bošnjak
Prof. dr Tatjana Kereši
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija

SADRŽAJ

SADRŽAJ	
PREDGOVOR	10
PREDGOVOR DRUGOM IZDANJU	11
ZNAČAJ, POREKLO I ŠIRENJE SOJE	13
Milica Hrustić, Jegor Miladinović	
ZNAČAJ SOJE.....	13
ISTORIJAT I ŠIRENJE SOJE	14
Postojbina soje	14
Širenje soje u svetu	15
PROIZVODNJA SOJE U SVETU	16
PROIZVODNJA SOJE U EVROPI.....	18
PROIZVODNJA SOJE U NAŠOJ ZEMLJI.....	20
SOJA U VOJVODINI	23
SOJA U INSTITUTU ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO, NOVI SAD	24
Genetski resursi.....	25
Metode i pravci oplemenjivanja.....	27
Početak rada na oplemenjivanju soje u Institutu.....	30
Oplemenjivanje na produktivnost i druga svojstva	31
Oplemenjivanje na posebna svojstva.....	35
NS Sorte soje u inostranstvu	38
IZVOD	39
MORFOLOGIJA I FAZE RAZVOJA SOJE	44
Jegor Miladinović, Vuk Đorđević	
MORFOLOGIJA	44
Korenov sistem.....	44
Anatomska građa korena.....	44
Rast i razvoj korenovog sistema	46
Korenske kvržice	48
Stablo	48
Anatomska građa stabla.....	49
Rast i razvoj stabla.....	50
List	52
Anatomska građa lista.....	53
Cvet	55
Građa cveta.....	57
Mahuna	57
Unutrašnja građa mahune	59
Seme.....	59
Hemijski sastav semena	61
GRUPE ZRENJA.....	62
Faze razvoja i razvića.....	63
Svrha opisa razvojnih faza	63
Vegetativni rast	64
Reproduktivni razvoj	64
IZVOD	65
GENETIKA SOJE	70
Reid G. Palmer, Randy C. Shoemaker	
Germplazma.....	70
Kvalitativna genetika	71
Tradicionalna (klasična) mapa vezanih gena ..	72
Genom soje	72
Komparativno mapiranje	72
Duplikacija genoma i prostor gena	73
Kada su uočene duplikacije genoma soje?	75
IZVOD.....	114
KVANTITATIVNA GENETIKA: REZULTATI U OPLEMENJIVANJU SOJE	130
Joe W. Burton	
PODELA NASLEDNE VARIJANSE	131
Nested modeli u samooplodnji	131
Dialelni modeli	133
Implikacije za oplemenjivanje soje	133
HETEROZIS	134
HERITABILNOST	137
Predviđanje reakcije na selekciju	138
Empirijske ocene.....	139
KORELACIJE	140
SELEKCIJA	142
Razvoj populacije.....	142
Selekcija čistih linija.....	143
Poboljšanje populacije – selekcija na jedno svojstvo	145

Poboljšanje populacije – selekcija na više svojstava	147
Selekcija pomoću markera	150
IZVOD	151
INTERAKCIJA GENOTIP X SPOLJAŠNJA SREDINA	152
Ocene interakcije genotip x spoljašnja sredina	153
Analiza stabilnosti	154
IZVOD	155
Zaključak	165
METODI OPLEMENJIVANJA SOJE	176
James H. Orf	
KONVENCIONALNI METODI OPLEMENJIVANJA	176
Ciljevi oplemenjivanja	177
Odabir roditelja	179
Inbreeding, Selekcija i Ocena linija	181
Metod čiste linije	181
Pedigre	182
Metod selekcije u smeši (Balk metod)	184
Masovna selekcija	185
Metod potomstva jednog zrna (SSD)	185
Metod testiranja ranih generacija (EGT)	187
Povratno ukrštanje	188
Rekurentna selekcija	189
Primena muške sterilnosti u oplemenjivanju soje	189
Mutacije	190
Transformacije	190
Upotreba genetskih markera u oplemenjivanju soje	190
Hibridne sorte soje	191
Zaključak	191
IZVOD	192
GENETIČKE MODIFIKACIJE BILJNOG GENOMA	195
Miodrag Dimitrijević, Sofija Petrović	
Genetičke modifikacije soje	196
Genetičke modifikacije	198
Metodi kreiranja GM soje i RoundUp Ready himerni gen	200
Stabilnost transgene transformacije i genoma	203
Odbrambeni mehanizmi ćelije kao faktori stabilnosti	204
Regulatorni regioni himernog gena - mogući izvor nestabilnosti	204
DNK kontaminacija	206
Utvrđivanje prisustva himernog gena	207
Genetički determinizam i transgena tehnologija	210

Genomska DNK kao objekt genetičke manipulacije i eko-kontaminacija	211
Vannuklearni nasledni elementi transgene tehnologije	212
Degeneracija sorte – moguć problem u korišćenju transgenih biljaka u proizvodnji	214
Umesto zaključka	215
IZVOD	216
ODNOS SOJE PREMA ELEMENTIMA SPOLJAŠNJE SREDINE	219
Petar Sekulić, Igor Kurjački	
ODNOS SOJE PREMA ELEMENTIMA KLIME	219
Vazduh	220
Svetlost	222
Toplota	224
Voda	226
ODNOS SOJE PREMA ZEMLJIŠTU	228
Klasifikacija zemljišta	229
Zastupljenost pojedinih tipova zemljišta u Srbiji i njihov značaj za proizvodnju soje ...	231
MINERALNA ISHRANA SOJE	243
Novica Petrović, Ivana Maksimović	
ULOGA NEOPHODNIH MINERALNIH ELEMENATA U ISHRANI SOJE	244
Azot – fiziološka uloga i značaj	244
Fosfor – fiziološka uloga i značaj	245
Sumpor – fiziološka uloga i značaj	247
Kalijum – fiziološka uloga i značaj	248
Kalcijum – fiziološka uloga i značaj	249
Magnezijum – fiziološka uloga i značaj	250
Gvožđe – fiziološka uloga i značaj	251
Mangan – fiziološka uloga i značaj	253
Cink – fiziološka uloga i značaj	255
Bakar – fiziološka uloga i značaj	257
Bor – fiziološka uloga i značaj	258
Molibden – fiziološka uloga i značaj	259
Kobalt – fiziološka uloga i značaj	261
Nikal – fiziološka uloga i značaj	262
IZVOD	265
AZOTOFIKSACIJA SOJE	269
Nastasija Mrkovački	
Nodulacija	270
Nitrogenaza	272
Hidrogenaza	273
Asimilacija NH ₄ ⁺ i metabolizam azota u simbiozi	274
Energetski bilans azotofiksacije	274
Neki faktori koji ograničavaju simbiozu	275
Interakcija soje i sojeva <i>B. japonicum</i>	277
Inokulacija – Nitraginizacija	280
IZVOD	284

AGROTEHNIKA SOJE	289
Jovan Crnobarac, Vojin Đukić, Branko Marinković	
IZBOR SORTE	291
MESTO SOJE U PLODOREDU	293
ĐUBRENJE	295
OBRADA ZEMLJIŠTA	298
Osnovna obrada	299
Predsetvena priprema	300
Priprema zemljišta za postrnu setvu	302
Redukovana obrada	303
SETVA	304
Vreme setve	304
Gustina setve i količina semena	305
Dubina setve	309
INOKULACIJA SEMENA	310
NEGA USEVA TOKOM VEGETACIJE	311
REGENERACIJA BILJAKA	313
ŽETVA	315
IZVOD	319
NAVODNJAVANJE SOJE U REDOVNOJ, DRUGOJ I POSTRNOJ SETVI	323
Đuro Bošnjak	
UVOD	323
POTREBE SOJE ZA VODOM	326
POTREBE SOJE ZA VODOM U VOJVODINI	329
ZALIVNI REŽIM	331
Zalivni režim prema kritičnim periodima za vodu	332
Zalivni režim prema vlažnosti zemljišta	333
Vodni bilans kao osnova zalivnog režima	334
EFEKAT NAVODNJAVANJA NA PRINOS I KVALITET SOJE	338
NAČINI NAVODNJAVANJA I REALIZACIJA RACIONALNOG ZALIVNOG REŽIMA	340
NAVODNJAVANJE SOJE KAO USEVA DRUGE I POSTRNE SETVE	343
ZALIVNI REŽIM SOJE U DRUGOJ I POSTRNOJ SETVI	346
IZVOD	347
SEMENARSTVO SOJE	350
Svetlana Balešević - Tubić, Mladen Tatić	
ORGANIZACIJA SEMENARSTVA SOJE	351
Kategorije semena soje	351

Površine i količine semena soje po kategorijama	352
SPECIFIČNOSTI AGROTEHNIČKIH MERA U PROIZVODNJI SEMENA SOJE	353
Izbor parcele i plodored	353
Osnovna obrada i predsetvena priprema	354
Đubrenje	354
Inokulacija semena	355
Setva	355
Nega useva	356
Navodnjavanje	357
Sortno plevljenje	357
Žetva	357
DORADA I SKLADIŠTENJE SEMENA SOJE	358
Dorada semena	358
Skladištenje semena	359
ISPITIVANJE KVALITETA SEMENA SOJE	361
Uzorkovanje semena	361
Ispitivanje čistoće semena	361
Određivanje sadržaja vlage	362
Ispitivanje klijavosti	362
Ispitivanje zdravstvenog stanja semena	363
PRIMENA BIOHEMIJSKIH I MOLEKULARNIH MARKERA U SEMENARSTVU SOJE	364
Biohemijski markeri – Izoenzimi	365
Molekularni markeri	366
IZVOD	367
BOLESTI SOJE	370
Miloš Vidić, Stevan Jasnić	
MRKA PEGAVOST	371
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	371
Simptomi	371
Osobine parazita; biologija i epidemiologija	372
Suzbijanje	373
PLAMENJAČA	373
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	373
Simptomi	374
Osobine parazita, biologija i epidemiologija	376
Suzbijanje	377
KONCENTRIČNA (MRKO-ZONIRANA) PEGAVOST	378
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	378
Simptomi	378
Osobine parazita, biologija i epidemiologija	379
Suzbijanje	379
SIVA ZONIRANA PEGAVOST	379
Simptomi	379
Osobine parazita, biologija i epidemiologija	380
Suzbijanje	380
SIVA PEGAVOST	380
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	380

Simptomi	381	Simptomi	414
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	381	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	415
Suzbijanje	382	Suzbijanje	416
PURPURNA PEGAVOST	382	TRULEŽ (PROPADANJE) SEMENA SOJE	417
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	382	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	417
Simptomi	383	Simptomi	417
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	383	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	418
Suzbijanje	385	Suzbijanje	419
PEPELNICA	385	RIZOKTONIJSKA TRULEŽ KORENA I STABLA, POLEGANJE KLIJANACA, NEKROZA KORENA I STABLA I UVENUĆE I SUŠENJE BILJAKA	420
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	385	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	420
Simptomi	385	Simptomi	420
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	386	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	421
Suzbijanje	386	Suzbijanje	422
RDA	387	FUZARIOZNA UVELOST I TRULEŽ KORENA I KORENOVOG VRATA	423
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	387	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	423
Simptomi	387	Simptomi	423
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	387	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	424
Suzbijanje	387	Suzbijanje	425
ANTRAKNOZA	389	PALEŽ KLICA I POLEGANJE KLIJANACA.....	426
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	389	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	426
Simptomi	389	Simptomi	426
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	391	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	427
Suzbijanje	393	Suzbijanje	428
RAK STABLA SOJE	393	BAKTERIOZNA PEGAVOST (BAKTERIOZNA PLAMENJAČA)	429
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	393	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	429
Simptomi	394	Simptomi	429
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	395	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	431
Suzbijanje	399	Suzbijanje	432
PALEŽ MAHUNA I STABLA	399	BAKTERIOZNA OSPIČAVOST (MRKA PEGAVOST).....	432
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	399	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	432
Simptomi	400	Simptomi	432
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	401	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	433
Suzbijanje	402	Suzbijanje	433
BELA TRULEŽ.....	403	DIVLJA VATRA.....	434
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	403	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	434
Simptomi	404	Simptomi	434
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	405	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	434
Suzbijanje	407	Suzbijanje	434
UGLJENASTA TRULEŽ (NEKROZA) KORENA I STABLA	408	MOZAIK SOJE.....	435
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	408	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	435
Simptomi	408	Simptomi	435
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	409	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	436
Suzbijanje	411	Suzbijanje	437
MRKA TRULEŽ STABLA	411	SUŠENJE PUPOLJAKA.....	437
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	411	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	437
Simptomi	412	Simptomi	437
Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	412	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	437
Suzbijanje	413	Suzbijanje	437
TRULEŽ KORENA I STABLA	414	Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	437
Rasprostranjenost i ekonomski značaj	414	Rasprostranjenost i ekonomski značaj	437
		Simptomi	437

Osobine parazita, biologija i epidemiologija..	437
Suzbijanje	438
IZVOD	438
ŠTETOČINE SOJE	448
Radosav Sekulić, Tatjana Kereši	
ŠTETOČINE PODZEMNIH ORGANA BILJAKA	449
Skočibube (<i>Elateridae</i>).....	449
Gundelji (<i>Scarabaeidae</i>).....	453
Dvokrilci (<i>Diptera</i>).....	454
Nematode (<i>Nematoda</i>).....	456
ŠTETOČINE NADZEMNIH ORGANA BILJAKA	458
Siva kukuruzna pipa (<i>Tanymecus dilaticollis</i> Boh.)	458
Male lisne pipe (<i>Sitona</i> spp.)	459
Lisne vaši (<i>Aphididae</i>).....	460
Tripsi (<i>Thysanoptera</i>)	462
Stenice (<i>Heteroptera</i>)	464
Sovice (<i>Noctuidae</i>)	467
Stričkov šarenjak (<i>Vanessa cardui</i> L.)	473
Sojin ili bagremov plamenac (<i>Etiella zinckenella</i> Tr.)	476
Pregljevi (<i>Acarina</i>)	479
Atlantski pregalj (<i>Tetranychus atlanticus</i> Mc Gregor)	480
Hrčak (<i>Cricetus cricetus</i> L.)	485
Poljska voluharica (<i>Microtus arvalis</i> Pall.).....	488
Divlji zec (<i>Lepus europaeus</i> L.)	489
IZVOD	491
”SOJAPROTEIN” LIDER U PRERADI SOJE	496

CONTENTS:	
SIGNIFICANCE, ORIGIN AND PRODUCTION OF SOYBEAN	13
Milica Hrustić, Jegor Miladinović	
MORPHOLOGY AND STAGES OF DEVELOPMENT	44
Jegor Miladinović, Vuk Dorđević	
SOYBEAN GENETICS	70
Reid G. Palmer, Randy C. Shoemaker	
QUANTITATIVE GENETICS: RESULTS IN SOYBEAN BREEDING	130
Joe W. Burton	
METHODS OF SOYBEAN BREEDING	176
James H. Orf	
GENETIC MODIFICATIONS OF PLANT GENOME	195
Miodrag Dimitrijević, Sofija Petrović	
SOYBEAN REACTION TO ENVIRONMENTAL FACTORS	219
Petar Sekulić, Igor Kurjački	
MINERAL NUTRITION OF SOYBEAN	243
Novica Petrović, Ivana Maksimović	
SOYBEAN NITROGEN FIXATION	269
Nastasija Mrkovački	
SOYBEAN CULTURAL PRACTICES	289
Jovan Crnobarac, Vojin Đukić, Branko Marinković	
SOYBEAN IRRIGATION.....	323
Đuro Bošnjak	
SOYBEAN SEED PRODUCTION	350
Svetlana Balešević - Tubić, Mladen Tatić	
SOYBEAN DISEASES	370
Miloš Vidić, Stevan Jasnić	
SOYBEAN PESTS.....	448
Radosav Sekulić, Tatjana Kereši	
”SOJAPROTEIN” - SOYBEAN PROCESSING LEADER	496
SUMMARY	505

PREDGOVOR

Soja je biljka sa dugom tradicijom u gajenju i korišćenju. Svetski značaj u poljoprivrednoj proizvodnji, ishrani i industriji, dobija međutim, tek u dvadesetom veku. Zbog hemijskog sastava zrna (preko 60% proteina i ulja) soja je značajan izvor hrane stalno rastućem broju stanovniku u svetu. U našoj zemlji je kao biljna vrsta poznata odavno, ali tek u poslednje dve decenije svrstava se u vodeće ratarske biljke. Uvođenje nove biljne vrste u proizvodnju bilo je praćeno nizom nejasnoća vezanih ne samo za gajenje, nego i za upotrebu. U proizvodnji stočne hrane postojale su potrebe za proteinskom komponentom, ali sama proizvodnja soje nije bila dovoljna da reši ovo pitanje. Izgradnja prerađivačkih kapaciteta u velikoj meri je doprinela povećanju površina i stabilizovanju proizvodnje, jer je tako proizvođačima obezbeđen plasman, a stočarska proizvodnja je dobila kvalitetnu sirovinu.

Povećanje proizvodnje je pratio i odgovarajući naučno-istraživački rad. Prvi rezultati istraživanja saopštavani su na brojnim savetovanjima i objavljivani u naučnim i stručnim časopisima. Celovite podatke o značaju soje u svetu, kao i preporuke o mogućnostima gajenja u našoj zemlji, izneli su Đorđević i Nenadić 1980. godine u knjizi "Soja". Na bazi sopstvenih eksperimentalnih rezultata, višegodišnjeg iskustva i pregleda svetske literature, Nenadić i saradnici 1995. godine izdali su monografiju "Soja proizvodnja i prerada". Širenjem u proizvodnji postaju interesantni i pojedini aspekti gajenja. Tako Aćimović, 1988. godine izdaje publikaciju "Prouzrokovaci bolesti soje i njihovo suzbijanje", Čamprag, Kereši i Sekulić, 1996. objavljuju publikaciju "Integralna zaštita soje od štetočina", dok Reljin, Jovanović i Tica, 1997. razmatraju ekonomske pokazatelje gajenja u publikaciji "Soja ekonomika proizvodnje".

Još od 1975. godine, kada se soja posle nekoliko neuspelih pokušaja, ustalila na našim poljima, u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo i na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu brojna ekipa naučnika radi na oplemenjivanju soje i problemima bitnim za proizvodnju. Ova knjiga predstavlja pregled rezultata do kojih se došlo u svim oblastima na kojima su vršena istraživanja. Rezultati su potkrepljeni podacima iz strane literature, da bi se stekao uvid u stanje istraživanja u svetu. Knjiga se sastoji od 15 poglavlja u kojima su obrađeni istorijski pregled i značaj soje,

opis biljke i njenih potreba tokom rasta i razvoja, agrotehničke mere koje utiču na poboljšanje proizvodnje, bolesti i štetočine koje je ugrožavaju, uloga semenarstva, prerada i upotreba kao završnica ukupne proizvodnje. Stoga se nadamo da će knjiga biti interesantna za široki krug čitalaca koji su uključeni u proizvodnju soje.

Posebna pažnja je posvećena genetici i oplemenjivanju soje, tako da su deo knjige napisali vodeći naučnici iz SAD, gde su ova istraživanja najviše razvijena. Poglavlja sadrže osnove kvantitativne i kvalitativne genetike kao i metode oplemenjivanja soje. Stoga mogu biti interesantna za studente i naučne radnike iz oblasti genetike, jer daju pregled najnovijih istraživanja soje na nivou gena, koja kod nas nisu zastupljena. Osnovni cilj i završni deo rada iz ove oblasti su sorte koje će se gajiti zbog nekih određenih svojstava, gde naši rezultati ne zaostaju za svetskim.

Autori se zahvaljuju svima koji su na bilo koji način doprineli pisanju knjige, a posebno recenzentima prof. dr Ivanu Mihaljevu, prof. dr Ljubinku Starčeviću i prof. dr. Rudolfu Kastoriju na korisnim savetima koji su doprineli formi i sadržaju knjige. Autori se takođe zahvaljuju Saveznom ministarstvu za nauku, tehnologiju i razvoj, Republičkom ministarstvu za nauku i tehnologiju, Saveznom ministarstvu za poljoprivredu za finansijsku pomoć pri izdavanju knjige.

U Novom Sadu, juli 1997

Autori

PREDGOVOR DRUGOM IZDANJU

U prvom izdanju knjige SOJA objavljenom 1998. godine prezentovan je zbir dotadašnjih saznanja iz oblasti fundamentalnih i primenjenih istraživanja, kao i rezultati rada na oplemenjivanju soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo.

U proteklih deset godina zastupljenost soje nastavila je da se povećava na globalnom nivou. Površine pod ovom biljnom vrstom porasle su sa 62 miliona ha u 1995. na 93 miliona ha u 2006. godini, dok je u istom periodu proizvodnja gotovo udvostručena, sa 123 miliona tona porasla je na 221 milion tona. Prema ovim pokazateljima soja je najznačajnija industrijska biljka u svetskim razmerama, i to sa dva aspekta – kao osnovni izvor proteinskih hraniva u ishrani stoke, peradi i riba i kao najvažniji izvor biljnih ulja.

Istovremeno sa rastom interesa za gajenje ove biljne vrste, intenziviran je i naučno istraživački rad na soji, posebno na polju fundamentalnih istraživanja. Pažnji čitalaca posebno preporučujemo poglavlja posvećena kvantitativnoj i kvalitativnoj genetici soje koja su i za ovo izdanje priredili vodeći svetski stručnjaci, profesori na univerzitetima Severne Karoline i Ajove. Pregled najnovijih dostignuća u oblasti oplemenjivanja soje takođe su priredili naučnici iz SAD, gde su ova istraživanja najviše i razvijena.

Dopunjena su i prerađena poglavlja koja se odnose na morfološki opis soje, njene potrebe tokom rasta i razvoja, tehnologiju proizvodnje, proizvodnju i značaj semena, kao i poglavlja u kojima je dat pregled bolesti i štetočina koji je ugrožavaju.

U odnosu na prvo izdanje, novo je poglavlje koje se odnosi na genetičke modifikacije biljnog genoma. U poglavlju koje se odnosi na značaj i poreklo soje dat je i hronološki pregled dosadašnjih rezultata na oplemenjivanju soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Period između dva izdanja je u toj oblasti bio izuzetno dinamičan i uspešan o čemu govore i postignuti rezultati. Broj sorti soje stvorenih u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo registrovanih u našoj zemlji je gotovo udvostručen, dok je broj sorti registrovanih u inostranstvu sa 4, koliko ih je bilo kada je objavljeno prvo izdanje knjige, povećan na 34.

Stoga verujemo da će i ovo izdanje biti od koristi svima koji su uključeni u proizvodnju soje, posebno studentima i naučnim radnicima koji se bave naučno istraživačkim radom na soji.

Autori se zahvaljuju svima koji su na bilo koji način doprineli pisanju knjige, a posebno recenzentima koji su svojim radom i savetima umnogome doprineli formi i sadržaju knjige.

Posebnu zahvalnost iskazujemo Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za finansijsku pomoć pri izdavanju knjige.

U Novom Sadu, oktobar 2008.

Autori

ZNAČAJ, POREKLO I ŠIRENJE SOJE

Milica Hrustić, Jegor Miladinović

ZNAČAJ SOJE

Na šta se prvo pomisli kada se kaže soja? Verovatno bi prosečni sredovečni Kinez pomislio na razna jela i napitke koji su njemu i njegovim precima značili egzistenciju; običan poljoprivredni proizvođač bi pomislio na prihod koji može da ostvari i pogodnosti za zemljište koje ostaje iza nje; stočaru bi prva asocijacija bila sojina saćma, neophodna komponenta kvalitetne stočne hrane; nutricionista bi odmah pomislio na esencijalne aminokiseline koje se nalaze u proteinima soje; industrijalac bi mislio na preradu zrna u čitav niz prerađevina; vlasnik transportnih sredstava bi računao koliko košta prevoz velikih količina zrna i prerađevina, a trgovac bi bio zadovoljan nalazeći svoju ulogu u kupovini ili prodaji svega toga. Prema tome, značaj soje je raznovrstan i višestran.

Značaj soji pre svega daje hemijski sastav zrna, u kome se nalazi oko 40% proteina i oko 20% ulja, odnosno, više od 60% hranljivih materija vrlo upotrebljivih u razne svrhe. Zbog mogućnosti upotrebe celog zrna, kao i ulja i proteina posebno, soja nalazi veliku primenu ne samo u prehrambenoj, nego i u drugim granama industrije, a u novije vreme dobija sve veći značaj u međunarodnoj trgovini. Sojina saćma je nezamenljiv izvor proteina za ishranu sitne i krupne stoke, peradi i riba. Iako soja čini bitan izvor proteina stalno rastućem broju stanovništva u svetu, oni nisu u dovoljnoj meri zastupljeni u ljudskoj ishrani, i to iz više razloga. U razvijenom svetu postoji dovoljno tradicionalnih izvora proteina (meso, mleko, jaja), te se soja koristi pretežno za dijetalnu ishranu. U zemljama u razvoju, deficitarnim sa proteinskom hranom, nije razvijena industrija koja bi soju preradila za ljudsku ishranu.

Soja je takođe jedan od glavnih izvora biljnih ulja. Iz njenog zrna potiče jedna trećina ukupno proizvedenih biljnih ulja u svetu. Ulje od soje se za sada pretežno koristi u prehrambenoj industriji za kuvanje, pripremu gotovih jela, majoneza, margarina itd.

Međutim, sve više se povećava njegova tehnička upotreba u drugim granama industrije: sapuna, deterdženata, boja i lakova. Među novije proizvode na bazi sojinog ulja spadaju boje za štampanje novina, koje imaju prednost u odnosu na postojeće zato što se ne skidaju. Sojino ulje sve više se koristi kao nosač aktivne materije u pesticidima, čime se smanjuje količina vode pri njihovoj aplikaciji avionima. Značajan sastojak sojinog ulja je i lecitin koji se koristi u pekarskim i konditorskim proizvodima i medicini, kao i u tekstilnoj i hemijskoj industriji. Proizvodnja i prerada soje su u stalnom porastu, a proizvodni i potrošački rejoni se ne poklapaju, tako da raste njen značaj kako u prerađivačkoj industriji, tako i u međunarodnoj trgovini i transportu.

Ne treba zaboraviti ni ulogu soje u ratarskoj proizvodnji. Kao leguminoza, ona svojom sposobnošću fiksiranja azota iz vazduha obezbeđuje biljku dovoljnim količinama lakopristupačnog azota, smanjujući tako upotrebu azotnih đubriva i vrlo dobro se uklapa u plodored.

ISTORIJAT I ŠIRENJE SOJE

Postojbina soje

Rana istorija soje je izgubljena u tami daleke prošlosti. Drevni kineski spisi pokazuju da je soja gajena i visoko vrednovana kao hrana vekovima pre sačuvanih pisanih podataka. Prvi pisani podaci o biljci nalaze se u knjizi "Materia medica" cara Šeng Nunga iz 2838. g. p. n. e. (Morse i sar., 1949). Prema prastaraj kineskoj literaturi soja je prvobitno zvana "shu". Ova reč se pojavljuje u knjizi pesama (Shijung), jednoj od pet klasika kineske literature. Knjiga obuhvata period od XI veka do 771. g. p. n. e. (kraj Zhou dinastije). Među zapisima Shang dinastije (16 do 11 vek p. n. e.) pronađen je znak koji je identifikovan kao originalni oblik reči "shu". Gajena tokom više hiljada godina soja je, pored pirinča, pšenice, ječma i prosa, jedan od pet svetih useva, bitnih za opstanak kineske civilizacije (Gutschy, 1950; Morse, 1950).

Dugi niz godina soja se nije mnogo udaljila od svoje postojbine, severoistočne Kine, koja je primarni gen centar porekla ove biljne vrste. Do početka nove ere dospela je verovatno do centralne i južne Kine i do korejskog poluostrva. U Japan se proširila između 200. g. p. n. e. i III veka n. e. (Caldwell, 1973), a prvi pisani podaci o soji u Japanu potiču iz VII v. n. e. Od početka nove ere do XV-XVI veka uneta je u Indoneziju, Filipine, Vijetnam, Tajland, Maleziju, Burmu, Nepal i severnu Indiju. Tu su se razvile lokalne populacije, te taj region predstavlja sekundarni gen centar porekla (Hymowitz, 1988).

Razvojem pomorskog saobraćaja, koji je omogućio bolje komunikacije među udaljenim delovima sveta, ova biljna vrsta se tek u XVIII veku pojavljuje u botaničkim baštama i vrtovima Evrope i Amerike. U Evropi se prvi put doznalo za soju od nemačkog botaničara Engelberta Kaemptera, koji je nakon boravka u Japanu (1691-1692) napisao knjigu "Amoenitatum exoticarum politico-physico-mediciarum". Knjiga je publikovana 1712. godine, i u njoj je dat vrlo detaljan opis biljke, kao i recepti za razna jela i napitke, koji se od nje spravljaju (Gutschy, 1950; Hymowitz, 1988). Kasnije sledi još nekoliko knjiga u kojima se soja opisuje. Paulus Herman, 1726. godine je pominje u knjizi "Musaeum Zeylanicum"; Charles Linne, 1737. godine u knjizi "Hortus Califfortianus", je navodi pod imenom *Phaseolus max.*, a 1753. godine u poznatom delu "Species Plantarum", opisuje je pod imenom *Dolichos soja*. Konrad Moench je naziva kao *Soja hispida* a Maksimović, 1873. godine *Glycine hispida*.

Prema pisanim podacima tokom XVIII veka soja je u Evropi gajena samo u nekoliko botaničkih bašti i vrtova. Hymowitz (1988) smatra da je u Holandiji gajena pre 1737. godine pošto je Linne te godine opisao biljke gajene u vrtu u Hartecamp-u. Seme koje su poslali misionari iz Kine posejano je 1739. godine u Jardin des Plantes u Parizu. U 1790. godini uzgajana je u Royal Botanical Gardnes, Kew u Engleskoj, a 1804. godine u okolini Dubrovnika. Gajenje soje na pomenutim i sličnim mestima bilo je uglavnom iz znatizelje, ili zbog određivanja taksonomske pripadnosti, dok je njena upotreba još bila nepoznata. Međutim, Hymowitz (1988) navodi da se ona u Jugoslaviji posle žetve kuvala, mešala sa žitaricama i davala živini da bi se povećala proizvodnja jaja.

Za širenje soje u Evropi i upoznavanje većeg broja ljudi sa ovom biljkom, zaslužan je austrijski biohemičar Friedrich Haberlandt. U svojoj knjizi "Die Sojabohne" 1875. godine, on detaljno iznosi rezultate ispitivanja dvadesetak sorti, u nekoliko evropskih zemalja. Iako su rezultati bili ohrabrujući, u to vreme soja nije dobila značajnije mesto u proizvodnji, izuzev u delovima Rumunije, Čehoslovačke i Austrije.

Zbog neadekvatne agrotehnike i zbog nepoznavanja upotrebne vrednosti, soja je tokom XIX veka malo zastupljena u poljoprivredi evropskih zemalja. Podbačaj roda pamuka u Americi 1908. godine imao je za posledicu nestašicu ulja u Engleskoj, što je bio povod da se uveze soja iz Japana. Kada je iz te soje iscedeno ulje uspeh je bio izvanredan, jer je ulje naišlo na najbolji prijem. Narednih godina nastavilo se sa uvozom soje za evropsko tržište, a nešto kasnije zasnovana je i ozbiljnija proizvodnja u nekoliko evropskih zemalja, pre svega u Rumuniji, Bugarskoj, Čehoslovačkoj, Austriji, Jugoslaviji, Mađarskoj (Gutschy, 1950; Morse, 1949).

Tokom XVIII veka soja se i u SAD pojavljivala kao kuriozitet na pojedinim farmama. Smatra se da je Henry Jonge 1765. godine, prvi gajio soju, koju mu je iz Kine, preko Londona, poslao Samuel Bowen. Od 1766. godine Bowen je gajio soju na svom imanju u Džordžiji, prerađivao je i čak patentirao neke prerađevine, ali posle njegove

smrti 1777. godine, njegov rad niko nije nastavio. Još jedan pokušaj gajenja zabeležen je 1770. godine u Filadelfiji, u bašti botaničara Džona Bartona. Tokom prve polovine XIX veka soja je verovatno uzgajana i na drugim mestima. Međutim, rezultati nisu sačuvani, pošto su izveštaji štampani u lokalnim novinama, ili saopšteni na lokalnim skupovima. Polovinom XIX veka soja se ispituje na velikom broju farmi širom SAD i opisuje kao novi usev. Mnogi farmeri su je prihvatili i koristili za stočnu hranu, kao seno ili silažu, samu, ili u kombinaciji sa drugim usevima.

Naučni pristup oceni useva počeo je nakon formiranja poljoprivrednih eksperimentalnih stanica, krajem XIX veka. Već početkom XX veka učinjen je veliki napor da se sakupi što veći broj genotipova, na kojima su načinjena obimna istraživanja. Do tada je gajen mali broj sorti, pretežno za silažu. Tek četrdesetih godina prošlog veka je od ukupno posejanih 4.000.000 ha, polovina površina požnjevena za zrno. Upotreba soje kao izvora ulja u Evropi od 1900. do 1910. godine povećala je interes za njenu upotrebu u SAD (Smith i Huyser, 1987). Howell (1982) smatra da je istovremeno delovanje više faktora omogućilo povećanje površina. Pre svega, mehanizovanjem poljoprivrede smanjena je potreba za teglećom stokom i oslobođeni su milioni hektara na kojima se proizvodila stočna hrana. Sintetička vlakna su zamenila pamuk, koji je takođe zauzimao velike površine. Takođe, sa porastom stanovništva, osetno je rasla nestašica hrane. Stvorila se povoljna situacija za biljku koja je imala dobro izbalansiran odnos ulja i proteina, a bilo je poznato da se od nje u Kini dobija ulje i brašno. Tako je soja kao novi usev uspela da odgovori svim zahtevima proizvodnje i tržišta, te je našla svoje mesto u poljoprivredi, prerađivačkoj i prehrambenoj industriji.

PROIZVODNJA SOJE U SVETU

Od malo poznate biljke, koja se početkom XX veka gajila samo u nekoliko zemalja, soja se krajem veka svrstala u red vodećih ratarskih useva u svetu. Iako gajena na oko 15 miliona hektara, polovinom prošlog veka još uvek nije bila značajna u većem broju zemalja. Tek od pedesetih godina površine naglo rastu, a poslednjih godina prelaze 90 miliona hektara. Posle pšenice, pirinča i kukuruza, odnosno žitarica koje služe za osnovnu ishranu stanovništva, to su najveće površine koje zauzima jedna ratarska biljka. Sredinom sedamdesetih godina prošlog veka proizvodnja zrna soje u svetu kretala se između 50 i 60 miliona tona, da bi se u naredne dve decenije udvostručila (preko 120 miliona tona), a u 2006. godini proizvedeno je preko 221 miliona tona. Povećanje proizvodnje nije samo rezultat povećanja površina, nego i većeg prinosa po jedinici površine. Soja je danas prisutna u većini zemalja, na manjim ili većim površinama. Međutim, poslednjih godina oko 90% proizvodnje koncentrisano je u samo nekoliko zemalja.

Već nekoliko decenija SAD imaju vodeću ulogu u svetskoj proizvodnji, preradi

i prometu soje i njenih prerađevina. Do četrdesetih godina prošlog veka soja je u ovoj zemlji pretežno sejana za silažu, a tada je prvi put od preko četiri miliona ukupno zasejanih površina polovina požnjevena za zrno. Površine se zatim povećavaju sve do osamdesetih godina, dostižući 28 miliona hektara, da bi se, uz manje oscilacije, na tom nivou zadržale do danas. Prosečni prinosi bili su duži niz godina oko 2 t/ha. U periodu od 1980. do 2000. godine povećani su na 2,3 do 2,5 t/ha. U poslednjih nekoliko godina zapaža se značajniji porast prinosa, pa je u 2004. godini postignuto 2,8 t/ha, u 2005. godini 2,9 t/ha, a u 2006. godini 3,0 t/ha. Ukupna proizvodnja se kreće između 80 i 90 miliona tona zrna soje godišnje, što je više od trećine ukupne svetske proizvodnje.

Gajenje soje u Brazilu i Argentini nema dugu tradiciju, ali obe zemlje su vrlo brzo postale svetski značajni proizvođači. U Brazilu je sa gajenjem soje započeto šezdesetih godina prošlog veka i to na neznatnim površinama. Već u narednoj deceniji površine se naglo povećavaju, a od sredine osamdesetih prelaze 10 miliona hektara. U poslednjih desetak godina površine pod sojom su udvostručene, i danas se soja u Brazilu seje na preko 20 miliona hektara. Prosečni prinosi veoma variraju, kao i proizvodnja, ali u 2006. godini u Brazilu je proizvedeno preko 50 miliona tona zrna soje, što čini gotovo četvrtinu ukupne svetske proizvodnje. U Argentini su se površine od nekoliko stotina hiljada hektara u sedamdesetim godinama prošlog veka povećale na preko 15 miliona hektara, sa tendencijom daljeg porasta. Proizvodnja od četrdeset miliona tona svrstava ovu zemlju u red najznačajnijih svetskih proizvođača soje (Tabela 1.1).

Početkom prošlog veka površine pod sojom su jedino u Kini dostizale milione hektara. Najpre četiri-pet miliona, a od pedesetih godina između sedam i devet miliona, sa izuzetkom 1955. godine u kojoj je bilo oko 12 miliona hektara. U poslednje tri godine zasejano je između 9 i 10 miliona hektara. Prosečni prinosi su niski i sve do osamdesetih godina iznosili su oko 1 t/ha, kada započinje lagano povećanje prinosa i oni se danas kreću od 1,6 do 1,8 t/ha. U istom periodu raste i godišnja proizvodnja soje, koja se u Kini dugo kretala od sedam do devet miliona tona sa izuzetkom 1938. godine kada je dostigla rekordnih 11 miliona tona (Ma, 1982). Od sredine osamdesetih godina prošlog veka proizvodnja soje u Kini lagano ali stabilno raste, da bi u 2005. bilo proizvedeno više od 17 miliona tona. Do pedesetih godina ova zemlja učestvovala je sa oko 50% u svetskoj proizvodnji, a kasnije njen procentualni udeo opada na ispod 10% u poslednjoj deceniji. Pored Kine, na azijskom kontinentu, značajne površine pod sojom ima još i Indija (6-7 miliona hektara), sa prosečnim prinosima oko 1 t/ha.

Učešće Evrope u ukupnoj svetskoj proizvodnji soje kreće se od 1 do 2% i ova biljka je značajna samo za pojedine zemlje, o čemu će biti reči u posebnom odeljku.

Baker (1970) smatra da soja nikad nije postala popularna u Africi, ali od sedamdesetih godina mnoge zemlje je uvode u proizvodnju i imaju svoje programe za povećanje površina. Tako je u 2006. godini soja u Africi gajena na više od milion hektara.

Međutim, niz faktora otežava ovu proizvodnju, pre svega nepoznavanje tehnologije gajenja, nedostatak odgovarajućeg sortimenta i inokulanata, nemogućnost prerade, kao i gubljenje klijavosti zrna tokom skladištenja (Jackai i sar., 1984). Među najveće proizvođače soje u Africi ubrajaju se Nigerija, Zimbabve, Egipat i Zambija.

Proizvodnja soje je iz godine u godinu u porastu, a pokušaji proizvodnje zahvatili su gotovo ceo svet. Ova biljna vrsta je ipak najviše proširena na američkom kontinentu, zatim u Aziji, a znatno manje u Evropi, Africi i Australiji (Tabela 1.1).

Tabela 1.1

Površine, prinosi i ukupna proizvodnja soje u svetu u periodu 2001 – 2006. g.

	2001			2002			2003			2004			2005			2006		
	000 ha	t/ha	000 t	000 ha	t/ha	000 t	000 ha	t/ha	000 t	000 ha	t/ha	000 t	000 ha	t/ha	000 t	000 ha	t/ha	000 t
SVET	76.831	2,3	177.936	78.855	2,3	181.735	83.532	2,2	190.595	91.189	2,2	206.461	91.418	2,3	214.347	92.988	2,4	221.501
S. Amerika	30.601	2,6	80.306	30.362	2,5	77.345	30.376	2,2	69.046	31.107	2,8	88.060	30.037	2,8	86.997	30.280	3,0	91.202
SAD	29.532	2,6	78.671	29.339	2,5	75.010	29.330	2,2	66.777	29.930	2,8	85.012	28.879	2,9	83.998	28.983	3,0	87.670
Kanada	1.068	1,5	1.635	1.023	2,2	2.335	1.046	2,1	2.268	1.177	2,5	3.048	1.158	2,5	2.998	1.225	2,9	3.533
J. Amerika	26.380	2,6	70.471	29.993	2,5	77.791	33.166	2,8	92.928	38.967	2,2	87.104	40.137	2,4	96.874	40.595	2,4	98.884
Brazil	13.974	2,7	39.058	16.365	2,6	42.769	18.447	2,8	52.018	21.538	2,3	49.793	22.895	2,3	52.700	22.006	2,4	52.356
Argentina	10.400	2,5	26.864	11.414	2,6	30.180	12.421	2,8	34.800	14.320	2,1	31.500	14.037	2,7	38.300	15.097	2,7	40.467
Paragvaj	1.350	2,6	3.511	1.445	2,2	3.300	1.474	2,8	4.204	1.870	1,9	3.583	1.935	1,8	3.513	2.200	1,7	3.800
Azija	17.646	1,3	23.750	16.329	1,4	23.386	17.589	1,4	25.640	18.445	1,4	27.481	18.323	1,4	26.546	18.633	1,4	26.334
Kina	9.481	1,6	15.407	8.719	1,8	16.505	9.312	1,6	15.393	9.700	1,8	17.600	9.500	1,8	17.400	9.100	1,7	15.500
Indija	6.343	0,9	5.962	5.865	0,7	4.558	6.500	1,2	7.900	6.900	1,0	7.500	6.900	0,9	6.600	7.710	1,0	8.270
Evropa	1.039	2,0	2.118	977	2,0	1.990	1.219	1,5	1.848	1.396	1,7	2.480	1.636	1,5	2.531	2.305	1,5	3.607
Afrika	1.041	1,0	1.078	1.085	0,9	1.028	1.088	0,9	990	1.133	0,9	1.080	1.150	0,9	1.133	1.221	1,1	1.417
Okeanija	33	1,4	49	32	1,9	63	10	1,8	18	33	2,2	74	26	2,1	56	24	2,3	55

Izvor: FAOSTAT, FAO Statistic Division 2007, <http://faostat.fao.org/>

PROIZVODNJA SOJE U EVROPI

Prvi pokušaji gajenja soje u Evropi vezani su za Holandiju, Francusku, Englesku, a kasnije Austriju i Nemačku, ali soja u ovim zemljama nije ni do danas (osim u Francuskoj) proširena na značajnijim površinama. Sve do osamdesetih godina prošlog veka soja se u Evropi gajila uglavnom u Rumuniji, Bugarskoj, Mađarskoj i Jugoslaviji. Do tada su površine pod ovom industrijskom biljkom u Evropi bile manje od 500.000 ha. Značajnije širenje soje počinje 1985. godine, pre svega u Italiji i Francuskoj da bi u 1990. godini dostigle milion hektara. Uz manje oscilacije, soja se na ovim površinama zadržala sve do poslednje dve godine kada je zabeležen porast površina, i to u zemljama bivšeg SSSR-a, Rusiji i Ukrajini, pa je u 2005. godini sojom zasejano 1,6 miliona hektara (Tabela 1.2).

Tabela 1.2

Površine (000 ha) i prinos (t/ha) soje u Evropi u periodu 1995 – 2006. g.

God.	Evropa		Francuska		Italija		Rumunija		Srbija		Hrvatska		Rusija		Ukrajina	
	000 ha	t/ha	000 ha	t/ha	000 ha	t/ha	000 ha	t/ha	000 ha	t/ha	000 ha	t/ha	000 ha	t/ha	000 ha	t/ha
1995	1.002	1,6	101	2,5	195	3,7	73	1,4	52	2,0	15	2,2	487	0,5	25	0,8
1996	1.039	1,6	86	2,6	223	3,6	80	1,4	72	2,1	16	2,1	485	0,5	16	0,9
1997	923	2,3	98	2,7	301	3,8	63	1,9	61	2,5	16	2,4	317	0,8	14	1,2
1998	1.214	2,0	111	2,5	351	3,5	147	1,3	82	2,0	34	2,2	377	0,7	31	1,1
1999	1.137	2,0	98	2,6	246	3,5	99	1,8	108	2,9	46	2,5	404	0,8	42	1,0
2000	1.105	1,7	77	2,5	252	3,5	117	0,5	141	1,3	47	1,3	337	1,0	60	1,0
2001	1.039	2,0	120	2,5	234	3,8	44	1,6	87	2,5	41	2,2	371	0,9	73	1,0
2002	977	2,0	74	2,7	152	3,7	69	2,0	100	2,5	47	2,7	362	1,1	98	1,2
2003	1.219	1,5	80	1,8	152	2,5	122	1,8	131	1,8	49	1,6	399	0,9	189	1,2
2004	1.396	1,7	58	2,5	150	3,4	120	2,4	117	2,7	37	2,1	555	0,9	256	1,4
2005	1.636	1,5	57	2,4	152	3,6	136	1,8	130	2,8	50	2,2	690	0,8	310	1,0
2006	2.305	1,5	45	2,7	177	3,1	177	1,9	156	2,7	62	2,8	810	1,0	725	1,2

Izvor: FAOSTAT, FAO Statistic Division 2007, <http://faostat.fao.org/>

Sa gledišta proizvodnje soje podaci za Italiju su sigurno najinteresantniji. Sve do 1980. godine zvanična statistika ne beleži ni jedan zasejan hektar u ovoj zemlji. U 1981. godini pojavljuju se prve 3.000 ha, sa visokim prinosom od 3 t/ha. Površine rastu do kraja devedesetih, dostižući preko 350.000 hektara, posle čega je, uprkos visokim i stabilnim prinosima od preko 3,5 t/ha, usledio pad na oko 150.000 ha. Pad površina uzrokovan je smanjenjem subvencija za soju od strane Evropske Unije i manjom dobiti za proizvođače uprkos rekordnim prinosima u svetskim razmerama. Slična situacija je i u Francuskoj, gde su površine sa oko 100.000 ha u poslednjih pet godina pale na oko 50.000 ha.

Proizvodnja soje u Evropi se tako seli na istok, u zemlje bivšeg SSSR-a. U SSSR-u soja se od davnina uzgajala u azijskim delovima, kao i u oblastima južne Rusije i severnog Kavkaza. U posleratnom periodu površine su varirale od 200.000 do 400.000 ha, zatim sledi porast, da bi se u deceniji pred raspad stabilizovale na oko 800.000 ha. Od 1992. godine iskazuju se posebno površine za pojedine republike bivšeg Sovjetskog Saveza. Najveći proizvođač je Rusija, sa 400.000 do 600.000 ha i prosečnim prinosima ispod 1 t/ha.

U poslednjih deset godina površine pod sojom u Ukrajini su drastično povećane, od nekoliko desetina hiljada hektara, do preko 300.000 ha u 2005. godini. Ipak, prosečni prinosi su, kao i u Rusiji, veoma niski, oko 1 t/ha.

Rumunija je jedina zemlja u Evropi (bez SSSR) koja je još 1939. godine imala više od 100.000 ha zasejanih ovom biljnom vrstom. U posleratnom periodu površine u ovoj zemlji imale su tendenciju rasta, te su od 1979. godine veće od 300.000 ha. Od 1991. godine površine su opadale do ispod 100.000 ha, da bi poslednjih nekoliko godina, pomeranjem proizvodnje na istok, ponovo imale lagan rast. Iako je tradicija proizvodnje soje duga, prinosi nisu visoki i kreću se oko 1,5 t/ha.

U periodu 1984-1993. godine udeo Jugoslavije u svetskoj proizvodnji soje iznosi 0,12%, a u evropskoj 6,67% (Božidarević i Vlahović, 1995). Po raspadu SFRJ, i pada proizvodnje, površine pod sojom u SR Jugoslaviji i Hrvatskoj su rasle, zahvaljujući povoljnim uslovima za gajenje pre svega u Vojvodini i Mačvi, odnosno Slavoniji i Baranji. U Srbiji su površine pod sojom već nekoliko godina veće od 100.000 ha, sa prosečnim prinosima oko 2,2 t/ha. Detaljnija analiza kretanja površina i prinosa u našoj zemlji biće data u posebnom odeljku.

PROIZVODNJA SOJE U NAŠOJ ZEMLJI

Soja je u našoj ratarskoj proizvodnji prisutna od početka prošlog veka, ali su površine jako varirale. U članku "Stanje i mogućnosti proizvodnje soje u užoj Srbiji" Bošković (1966) navodi: "Soja je u kulturu ovog područja ušla pre 50 – 60 godina". Isti autor iznosi da je poznavanje upotrebne vrednosti soje i njenih proizvoda od strane poljoprivrednih proizvođača relativno nisko, te ona nije mogla da zauzme značajno mesto u strukturi ratarske proizvodnje.

Obimniji rad na širenju soje na prostore tadašnje Jugoslavije, proveo je Stjepan Čmelik 1921. godine u Virovitici (Heneberg, 1966). Da je soja na našim prostorima bila poznata u prvim decenijama prošlog veka svedoči i "Leksikon trgovačke i gospodarske robe" Milutina Urbanija izdat u Zagrebu 1925. godine. U leksikonu se navodi: "Soja su sjemenke biline Dolihos Soja ili Soja (Glycine) hispida; zrna su nalik na okrugli grah, smeđa ili crna. Goji se u Japanu (Daidzu) Kini, ist. Ind., nešto i u Njem., pa i kod nas. Pripravljaju se iz S. jela kao: Shoyu, Miso Juba, Tofu (u Japanu i Kini) i grahov sir (Bohnen Käs, Natto). Razne vrsti S. goje u Njem. za kavine surrogate, za krmu i dr." Prema Gutschy (1950) prvu veću akciju proširenja soje na našem području preduzela je zagrebačka tvornica ulja 1934. godine. Zbog slabe organizacije akcija nije dala očekivane rezultate, ali je imala kao korisnu posledicu to da se soja na nekim imanjima ukorenila i zadržala.

Zvanični statistički podaci datiraju iz 1934. godine. U periodu od 1934. do 1939. godine, soja se u tadašnjoj Jugoslaviji gajila na oko 600 do 3.500 ha, sa prosečnim prinosom 0,93 do 1,26 t./ha (Tabela 1.3). Prema stranim izveštajima (Gutschy, 1950) soja je u Jugoslaviji gajena na 12.000 ha u 1940. godini i 17.000 ha u 1941. godini sa prosečnim prinosom oko 1,2 t/ha, što je bilo uzrokovano velikom potražnjom za sojom od strane Nemačke.

Tabela 1.3

Proizvodnja soje u Jugoslaviji u periodu 1934 – 1939. g.

Godina	Površine (ha)	Proizvodnja (t)	Prinos (t/ha)
1934	600	708	1,18
1935	1.060	986	0,93
1936	644	599	0,93
1937	1.160	1462	1,26
1938	3.520	3802	1,08
1939	3.240	2819	0,87

U posleratnim statističkim podacima, soja se ponovo pojavljuje u 1947. godini (Tabela 1.4). U 1949. godini se navode površine od 15.500 ha, koje se naglo smanjuju u sledećih nekoliko godina (1.296 ha u 1954. godini). Šezdesetih godina učinjen je još jedan pokušaj širenja soje, te je u 1960. godini zasejano 20.800 ha, do tada najveća površina pod ovom biljnom vrstom kod nas. U narednom periodu sledi ponovo pad, da bi u 1970. godini bilo svega 3.770 ha. Variranje površina bilo je vezano pretežno za društveni sektor. Udeo individualnog sektora, u ukupnoj proizvodnji, kretao se od 11 do 70%, ali su površine konstantno bile na oko 2.500 do 3.500 ha (Popović, 1966). Najveće površine u individualnom sektoru bile su na teritoriji centralne Srbije i Bosne i Hercegovine. Razlog za slabo širenje soje na društvenim imanjima Bošković (1966) objašnjava niskim prinosima, ekonomskim instrumentima koji nisu stimulisali unapređenje proizvodnje, kao i u nedostatku prerađivačkih kapaciteta za dobijanje visokokvalitetnih i ekonomski rentabilnih proizvoda od soje. Razloga slabog širenja soje bilo je više: nedostatak tradicije, tj. nedovoljno poznavanje, kako proizvodnje, tako i upotrebe zrna; slaba ekonomska motivisanost i neizvesnost plasmana dobijenog roda. Površine se u našoj zemlji osetno povećavaju od 1975. godine, kada je širom društvenom akcijom soja uvedena na naša polja. Akcioni plan setve, napravljen u tom periodu, verovatno bi bio još jedan neuspeli pokušaj, da istovremeno nije napravljen i plan industrijske prerade soje. Najveće površine, oko 100.000 ha u proseku, sejane su između 1981 i 1990. godine, sa prosečnom proizvodnjom blizu 200.000 t.

Tabela 1.4

Površine i prinosi soje u Vojvodini i SFRJ u periodu 1947 – 1990.g.

Godina	Vojvodina		SFRJ	
	Površina (ha)	Prinos (t/ha)	Površina (ha)	Prinos (t/ha)
1947	-	-	1.605	0,64
1948	-	-	5.126	0,65
1949	1.758	0,60	15.507	0,62
1950	1.738	0,31	13.138	0,31
1951	855	0,54	7.044	0,61
1952	41	0,37	1.968	0,56

1953	160	1,09	1.536	0,96
1954	274	0,71	1.296	1,01
1955	258	1,15	2.784	1,21
1956	890	1,00	2.340	0,85
1957	1.620	1,21	6.090	1,32
1958	3.210	0,98	8.140	0,86
1959	4.850	1,72	10.100	1,66
1960	9.680	1,26	20.800	1,25
1961	7.530	0,80	12.800	0,77
1962	476	1,13	7.620	1,04
1963	250	0,90	5.370	1,30
1964	129	1,89	5.720	1,67
1965	124	0,79	8.040	1,19
1966	980	1,54	6.330	1,71
1967	160	1,33	6.740	1,32
1968	207	1,28	4.550	0,65
1969	71	1,01	4.326	1,27
1970	119	1,17	3.770	1,30
1971	244	1,10	4.848	0,87
1972	62	1,99	3.553	1,61
1973	491	1,19	9.449	1,35
1974	1.251	1,76	8.678	1,58
1975	7.944	2,22	14.475	2,07
1976	22.268	1,61	31.293	1,54
1977	23.344	2,16	31.967	2,09
1978	25.913	1,95	34.237	1,84
1979	31.084	2,23	34.358	2,15
1980	13.575	2,08	17.289	1,97
1981	38.296	2,03	47.756	1,94
1982	63.217	2,67	77.391	2,56
1983	82.574	1,94	107.220	1,96
1984	82.722	1,98	114.380	2,00
1985	69.489	1,67	101.233	1,73
1986	62.035	2,33	95.645	2,35
1987	63.537	2,34	105.030	2,26
1988	67.300	1,61	110.214	1,63
1989	50.094	2,30	87.893	2,38
1990	51.258	1,52	93.275	1,68

Izvor: Za period 1947-1965.g. – Popović (1966)

Izvor: Za period 1966-1990.g. – Statistički godišnjak SR Jugoslavije

U periodu od 1991. do danas, površine pod sojom na teritoriji Srbije stalno rastu, a najveće su zasejane 2000. godine – 141.000 ha (Tabela 1.5). U istom periodu prosečni prinosi soje kod nas su oko 2,2 t/ha, što je na nivou prosečnih svetskih prinosa. Prinos od 2,97 t/ha u 1999. godini pokazuje ne samo da postoje povoljni prirodni uslovi za gajenje soje, već i da su naši proizvođači upoznali i savladali teh-

nologiju gajenja ove biljne vrste. Uprkos povremenim izrazito sušnim godinama, kada se postižu prinosi znatno ispod višegodišnjeg proseka (1992, 1993, 2000) što još uvek utiče na smanjenje površina u narednoj godini, može se reći da je soja zauzela svoje mesto na našim njivama i da u narednom periodu možemo očekivati dalje povećanje površina pod sojom.

Tabela 1.5

Površine i prinosi soje u Vojvodini i Srbiji u periodu 1991 – 2007.g.

Godina	Vojvodina		Srbija	
	Površina (ha)	Prinos (t/ha)	Površina (ha)	Prinos (t/ha)
1991	38.333	2,69	45.530	2,65
1992	58.738	1,31	67.796	1,32
1993	49.463	1,38	55.853	1,38
1994	43.583	1,67	50.000	1,70
1995	46.047	2,08	51.500	2,05
1996	65.000	2,10	72.000	2,10
1997	55.357	2,64	61.000	2,59
1998	74.269	2,02	83.000	2,07
1999	100.712	2,80	110.000	2,97
2000	124.372	1,20	146.500	1,30
2001	87.036	2,56	97.000	2,55
2002	93.051	2,41	100.000	2,50
2003	123.833	1,73	137.000	1,86
2004	109.700	2,72	109.700	2,72
2005	121.764	2,98	131.000	2,81
2006	146.000	2,75	157.000	2,72
2007	119.217	2,15	136.623	2,10

SOJA U VOJVODINI

Soja je na sadašnjoj teritoriji Vojvodine bila poznata još početkom XIX veka, o čemu svedoče izveštaji Šajkaškog bataljona Generalnoj komandi, koje u knjizi "Šajkaška istorija" navodi Avram Đukić (1975). U poglavlju "Zemljoradnja u Šajkaškoj" se kaže: "Godine 1817. su probe radi zasejana i dva lota persijske soje, od čega je urod iznosio 5 funti i 25 lota semenja. Dve godine kasnije setva je obavljena na daleko većoj površini, urod od 368 funti i 8 lota. Usled velike suše, setva obavljena naredne godine (1820) sa celokupnim ovim urodom donela je svega 8 funti i 4 lota ploda. Neza-visno od ovog poslednjeg nepovoljnog rezultata, pokazalo se, međutim, da je semenje persijske soje bilo manje izdašno u brašnu od domaće soje.

Stoga se odustalo od dalje intenzivne setve persijske soje i prepustilo se slobodnoj volji graničara da li će je zasejavati." Na osnovu izveštaja može se zaključiti da je soja na ovim prostorima bila odomaćena pre 1817. godine, kao i da je ubrzo prestala da se gaji, jer za kasniji period nema pisanih podataka. Ponovo se pominje tek tridesetih godina prošlog veka kada se konstatuje da su prilike za gajenje soje u Jugoslaviji veoma povoljne, naročito u području Srema, donje Posavine s jedne i druge strane, Podunavlja, kao i u Mačvi i Metohiji (Gutschy, 1950).

Vojvodina je bila glavni region gajenja soje i u SFRJ, a posebno je to danas, jer se u našoj zemlji soja osim u Vojvodini gaji još na oko desetak hiljada hektara u Mačvi. Površine pod sojom u Vojvodini, u posleratnom periodu, varirale su do 1974. godine od nekoliko desetina do nekoliko hiljada hektara, a prinosi su sve do sedamdesetih godina bili oko 1 t/ha. Od 1975. godine, zapaža se značajno povećanje površina, da bi u 1983. i 1984. godini bilo zasejano preko 82.000 ha. U narednom periodu sledi pad, da bi se tokom devedesetih godina proizvodnja stabilizovala na oko 50.000 ha. U poslednjih desetak godina površine pod sojom u Vojvodini se stalno povećavaju, a najveće su bile 2000. i 2003. godine – preko 120.000 ha.

Proizvodnja soje u Srbiji do sada ne zadovoljava domaće potrebe. Povećanje proizvodnje moguće je ostvariti ne samo povećanjem površina, nego i povećanjem prinosa po jedinici površina. To se može postići rodnijim sortama, boljom agrotehnikom i kompletnijom zaštitom useva od korova. Jedan od načina povećanja proizvodnje je gajenje drugog useva, ili postrno, odnosno ostvarivanje dve žetve godišnje. Ova mogućnost je još uvek nedovoljno iskorišćena kod nas.

SOJA U INSTITUTU ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO, NOVI SAD

Da bi proizvodnja jedne biljne vrste bila uspešna i da bi se problemi koji se javljaju mogli otkloniti, potrebno je da je prati solidan i svestran naučno-istraživački rad. Male i nestabilne površine, kao i slaba perspektiva useva, nisu ohrabivali veliki broj naučnih radnika da se bavi pitanjima proizvodnje soje. Međutim, naučni radnici su uočavali probleme koji su se pojavljivali i pokušavali da daju odgovore na njih. U gotovo svim našim poljoprivrednim naučno-istraživačkim centrima osnovane su kolekcije stranih i domaćih, odnosno, odomaćenih sorti, čija su agronomska svojstva ispitivana, prvo u institutima, a potom od 1952. godine i u poljoprivrednim stanicama. Institut za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu je najstarija naučno-istraživačka institucija u Vojvodini. Osnovan je 1938. godine kao poljoprivredna, ogledna i kontrolna stanica. U posleratnom periodu u Institutu se pored suncokreta, od industrijskog bilja prikuplja radi proučavanja i njegovog popravljavanja materijal konoplje, soje, lana, ricinusa i drugo (Stojković, 1963). Do 1954. godine na selekciji soje radili su dr Lazar

Stojković, dr Relja Savić i dr Dušan Dimitrijević, a od 1954. godine počinje sa radom dr Bogdan Belić.

Akcioni plan napravljen sredinom sedamdesetih godina prošlog veka, bio je i najkompletniji do tada. Pored uvođenja soje u proizvodnju, napravljen je i plan izgradnje preradnih kapaciteta. Time je stvoreno tržište za soju, proizvođači su stekli sigurnost da će njihov proizvod biti otkupljen, odnosno ispunjen je i drugi uslov za širenje soje na našim njivama.

U tom periodu nisu postojale domaće sorte soje, pa su se morale uvesti strane (Hrustić i sar., 1998a). Introdikovane su najbolje tadašnje, uglavnom američke, sorte pogodne za gajenje u našim uslovima. Najveći broj bio je iz I grupe zrenja, jer je ustanovljeno da je najpogodnija za naše uslove gajenja – Hodgson, Rampage, Chippewa, Traverse i Hark. Sorte duže vegetacije (II grupa zrenja) bile su Corsoy, Amsoy i Wells. Od ranostasnih sorti, 0 grupe zrenja, introdikovane su Swift i Evans, a od izuzetno ranih sorti (00 grupe zrenja) Clay i Morsoy. Istovremeno sa širenjem ovih sorti u proizvodnji, organizovano je i njihovo ispitivanje u mreži makroogleda postavljenih širom Vojvodine. Sprovedena istraživanja imala su dva cilja. Prvi, da se ispita adaptabilnost i stabilnost introdikovanih sorti u našim uslovima gajenja i da se izvrši njihova rejonizacija. Drugi cilj bio je da se izvrši popularizacija ove biljne vrste, odnosno da se ona približi što većem broju proizvođača. Rad stručnih službi na unapređenju proizvodnje i popularizaciji soje nastavio se i kasnije.

Rezultati makroogleda pokazali su da je adaptabilnost i stabilnost prinosa nekih od navedenih sorti u našim uslovima nezadovoljavajuća i da je varijabilnost prinosa između lokaliteta i godina veoma velika. Ovo je uticalo na smanjenje broja introdikovanih sorti. U proizvodnji su ostale samo najbolje: Evans, Hodgson, Hark, Amsoy i Corsoy, koje su se u našoj zemlji gajile niz godina.

Međutim, kako se intenzivna proizvodnja ne može zasnivati na uvezenim sortama, stvaranim za sasvim drugačije uslove gajenja, nametnula se potreba za domaćim visokoprinostnim sortama.

Genetski resursi

Soja je gotovo isključivo samooplodna biljka, sa veoma malim procentom stranaoplodnje, te se početna varijabilnost dobija ukrštanjem različitih genotipova. Izbor genotipova za ukrštanje, odnosno roditeljskih parova, nije lak zadatak, posebno u radu na soji gde je genetska baza ekstremno sužena. Moderne američke sorte soje, koje predstavljaju više od 80% postojeće genetske baze, potiču od svega desetak genotipova introdikovanih iz Kine početkom prošlog veka. Poznato je da je moderno oplemenjivanje soje započelo u SAD tokom dvadesetih godina prošlog veka odakle su se nove sorte proširile u Južnu Ameriku, Evropu, Indiju, pa i u centar porekla soje – Kinu. U celom svetu su potom ove sorte u oplemenjivačkim programima soje prošle kroz procese introdukcije, hibridizacije i selekcije.

Očigledno je, dakle, da oplemenjivaču soje nije lako da u velikom broju genotipova sa sličnim genetskim poreklom odabere početni materijal za selekciju, jer samo ukrštanje genetski divergentnih genotipova rezultira transgresivnim razdvajanjem za sva, pa i ekonomski važna svojstva. Zato je za oplemenjivanje soje kolekcija germplazme neophodan resurs za stvaranje, unapređenje i poboljšavanje sorti. Kao osnova za početak rada na oplemenjivanju soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu poslužila je bogata kolekcija genotipova koju je prof. Bogdan Belić sakupljao sa raznih strana sveta tokom niza godina. Ova kolekcija je tokom godina dopunjavana, sređivana, i danas je to najveća kolekcija soje u ovom delu Evrope (Vasić i sar., 2007).

Kolekciju genotipova soje u Institutu čini više od 800 sorti i linija poreklom iz Amerike, Azije i Evrope. Najviše genotipova pripada 0 i I grupi zrenja, dok je raspon grupa zrenja u kolekciji od 000 do V grupe zrenja.

Genetsku osnovu novosadskih sorti soje pretežno čine američki genotipovi severne kolekcije germplazme. Ispitivanjem pedigrea 256 severnoameričkih sorti, nastalih u periodu između 1947. i 1988. godine, Gizlice i sar. (1994) pronašli su da 80% genetske osnove američkih sorti soje vode poreklo od svega 13 genotipova. Važno je napomenuti da su ovi autori analizirali kompletne pedigreee sorti (ne samo roditeljske komponente) i došli do seta od 35 predačkih genotipova koji učestvuju sa preko 95% u genetskoj osnovi američkih sorti soje. Kako su neke od najzastupljenijih sorti (Hodgson, Evans, S1347) istovremeno i roditeljske komponente najrasprostranjenijih novosadskih sorti (Afrodita, Balkan, Vojvodanka) i ako je poznato da koeficijent roditeljstva između sorti Hodgson i Corsoy iznosi 0.566 a između sorti Evans i Corsoy 0.484 (Allen i Bhardwaj, 1987) nije teško zaključiti da je lista predačkih genotipova NS sorti daleko kraća. Tako je na osnovu analize roditeljskih komponenti sorti, bez detaljne analize pedigrea i utvrđivanja svih predačkih genotipova, utvrđeno 60 različitih genotipova. Od tih 60, 18 genotipova čine oko 70% genetske osnove dok su ostala 42 genotipa zastupljena manje od 1% (Tabela 1.6). Najveći udeo u genetskoj osnovi novosadskih sorti soje imaju Hodgson, Evans, S-1346, i Corsoy, dok manji deo genetske osnove potiče od evropskih sorti od kojih su najzastupljenije ISz10, Fiskeby i Four.

Tabela 1.6

Roditeljske komponente novosadskih sorti soje i njihov procentualni udeo u genetskoj bazi

Br.	Roditelj	Poreklo	Procentat	Kumulativni procentat
1.	Hodgson	USA	13.85	13.85
2.	Evans	USA	10.96	24.81
3.	S1346	USA	10.00	34.80
4.	Fiskeby	SWE	4.04	38.84
5.	ISz 10	HUN	3.84	42.69

6.	Corsoy	USA	3.46	46.14
7.	Afrodita	YUG	2.88	49.03
8.	Vojvodanka	YUG	2.50	51.52
9.	Balkan	YUG	2.50	54.02
10.	L-16	YUG	2.31	56.33
11.	Krajina	YUG	2.30	58.63
12.	Gema	USA	1.73	60.36
13.	Wells	USA	1.54	61.90
14.	Weber	USA	1.54	63.44
15.	Resnik	USA	1.54	64.98
16.	NS-L-MM	YUG	1.54	66.52
17.	Hawkeye 66	USA	1.54	68.05
18.	Gadir	FRA	1.54	69.59

Metode i pravci oplemenjivanja

Moderno oplemenjivanje soje, koje podrazmeva hibridizaciju započinje dvadesetih godina prošlog veka u SAD i Kini. Od tada do danas u svetu je stvoreno preko 3500 sorti soje (Carter i sar., 2004). Oplemenjivanje i selekcija soje je kontinualan proces koji obezbeđuje povećanje prinosa i otpornosti na biotičke i abiotičke stresne faktore. Povećanje rodnosti sorti, poboljšana agrotehnika i povećanje atmosferske koncentracije CO₂ su faktori koji su usloveli povećanje prinosa i produktivnosti proizvodnje soje. Specht i sar. (1999) navode povećanje prinosa od 23 kg godišnje za teritoriju SAD.

Svaki ciklus oplemenjivanja započinje izborom roditeljskih parova u cilju dobijanja nove genetske varijabilnosti. Izbor roditeljskih parova predstavlja prvi kritičan momenat u oplemenjivanju, jer od toga dalje zavisi uspeh oplemenjivanja. Generalno, elitne roditeljske linije različitog porekla imaju najveću šansu da daju superiorno potomstvo (Burton, 1997; Miladinović i sar., 1999). Izbor parova zavisi od mnogo faktora, osobina koja se žele poboljšati, relativne važnosti drugih osobina u odnosu na prinos, porekla linija kao i raspoloživih resursa. Najčešći metod u izboru roditelja je ocena sorti i genotipova per se. To je ujedno i najekonomičniji metod pošto su podaci lako dostupni oplemenjivaču, kako iz mikro tako i iz makroogleda. Takođe, St. Martin i sar. (1996) ustanovili su metod test ukrštanja soje za identifikaciju potencijalnih roditelja. Test ukrštanja su se pokazala korisnija u identifikaciji roditelja u poređenju sa metodom koja identifikuje roditeljske parove na osnovu heterozisa (Lewers i sar., 1998). Kao vrlo efikasan metod u predviđanju superiornih kombinacija ukrštanja pokazao se BLUP metod (best linear unbiased prediction). Ovaj metod često je korišćen u oplemenjivanju životinja a tek u novije vreme počinje da se koristi u oplemenjivanju biljaka (Panter i Allen, 1995). Sve veći broj istraživanja posvećuje pažnju molekularnim markerima, tako da i ove tehnike mogu poslužiti pri izboru roditeljskih parova (Helms i sar., 1997; Manjarrez-Sandoval i sar., 1997; Kiasha i sar., 1997).

Nakon hibridizacije i dobijanja genetičke varijabilnosti, potrebno je potencijalno superiorno potomstvo dovesti do homozigotnih linija.

Izbor metoda selekcije zavisi od cilja oplemenjivanja ali i od drugih važnih činilaca, kao što su raspoloživa varijabilnost, opremljenost mehanizacijom, mogućnost korišćenja staklare, broj i stepen obučenosti kadrova, i dr. U oplemenjivanju soje koriste se metodi selekcije koji se koriste i kod drugih samooplodnih biljnih vrsta i oni uključuju: pedigre metod, metod potomstva jednog zrna, metod gajenja u smeši, metod ranog testiranja, metod povratnog ukrštanja. Sa otkrićem genetske muške sterilnosti, rekurentna selekcija je takođe postala korisna oplemenjivačka procedura u stvaranju novih sorti soje (Hrustić i sar., 1997; Wilcox, 1998).

Metod povratnog ukrštanja najčešće se primenjuje u slučajevima kad je jednoj dobroj standardnoj sorti koja je proširena u proizvodnji potrebno uneti određeno svojstvo da bi se i dalje održala u proizvodnji; na primer, otpornost prema određenoj bolesti. Prema tome, cilj nije stvoriti novu sortu, nego poboljšati postojeću dobru sortu (Borojević, 1992).

Slično je i sa metodom ranog testiranja. Ovaj metod koristi se kada je brzo potrebno stvoriti sortu sa određenim svojstvom. Testiranje se vrši već u F_2 generaciji i veliki broj potencijalno dobrih genotipova rano se odbacuje (Cooper, 1990).

Metod gajenja u smeši (Bulk method) je najekonomičniji model za dobijanje homozigotnih linija nakon hibridizacije. Ovaj metod se naziva i metod populacije ili balk metod, a prvi ga je uveo Nilson Ehle u Švedskoj, početkom prošlog stoleća. Teoretsku razradu ovog metoda prvi su dali Harlan i Martini (1938) u radu na ječmu. Prema ovom metodu naredna generacija se dobija sejanjem velikog broja zrna, žetve biljaka u smeši i sejanjem uzorka semena naredne godine. Prednost metoda selekcije u smeši je u tome što se može gajiti veći broj kombinacija ukrštanja, bez mnogo radne snage, zapažanja i odabiranja. Kako se u hibridnoj populaciji u smeši nalaze različiti genotipovi, različite produktivnosti i različitom interakcijom sa spoljnom sredinom, dolazi do prirodne selekcije, zbog čega može doći do gubitka vrednih genotipova. Ipak, teoretska postavka ovog metoda zasniva se na tome da u procesu selekcije dolazi do povećanja prinosa, jer prirodna selekcija u populaciji favorizuje visokoprinosne genotipove (Suneson, 1956). Da bi selekcija u smeši bila efikasnija, hibridne generacije se gaje u smeši samo do F_4 , a ne do F_6 generacije, što je osnovna karakteristika ovog metoda. U F_4 počinje individualna selekcija najboljih biljaka, i u kasnijim generacijama sledi pedigre metod izdvajanja novih linija. Ovakav, modifikovani metod, naziva se još i poboljšani metod selekcije u smeši. Dva važna nedostatka ovog metoda su smanjenje genetske varijabilnosti u svakoj generaciji usled neadekvatnog uzorka, kao i moguć neželjeni pravac prirodne selekcije koja deluje u populaciji (Empig i Fehr, 1971).

Pedigre metod selekcije soje (Pedigree method of selection) sastoji se od uzgajanja potomstava ukrštanja kroz generacije samooplodnje, gajenjem redova potomstva od biljaka koje su na osnovu fenotipskih osobina odabirane u svakoj generaciji,

a pedigre svake linije se održava u narednim generacijama. Ovo je bio predominantan metod u SAD do sredine 60-tih i bio je efikasan u stvaranju sorti sa povećanim prinosom zrna, otpornih prema poleganju. Takođe je korišćen i na početku rada na oplemenjivanju soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Ovaj metod je praktično koristan za ocenjivanje potomstava od ukrštanja fenotipski različitih roditelja – velik broj nepoželjnih potomstava moguće je identifikovati i odbaciti u ranim generacijama, ostavljajući visoku frekvenciju superiornih linija za konačnu selekciju u kasnijim generacijama. Za razliku od balk metoda selekcije, kompeticija između različitih genotipova je svedena na minimum i ne utiče na uspeh selekcije. Najveći nedostatak ovog metoda je što zahteva mnogo rada i radne snage. Iziskuje individualno odabiranje biljaka, vršidbu, setvu, označavanje i beleženje mnoštva podataka da bi se održao pedigre linija u sukcesivnim generacijama, što čini veoma teškim praćenje većeg broja kombinacija ukrštanja. Osim toga, prisutno je i stalno odabiranje jednog dela heterozigota koji bi i bez naše intervencije došli u homozigotno stanje u kasnijim generacijama.

Metod potomstva jednog zrna (Single Seed Descent) predložio je Brim (1966) i od tada je ovaj metod selekcije dominantan u procesu oplemenjivanja soje u SAD. Korišćenjem zimskih uzgajališta ili staklara, u jednoj godini mogu se dobiti tri generacije samooplodnje, što omogućava brži razvoj homozigotnih linija za testiranje prinosa u ogleđima sa ponavljanjima. Ovaj metod koristi se i u radu na oplemenjivanju soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Međutim, nedostatak zimskih uzgajališta i nedovoljno prostora u staklari za ceo selekcionni materijal, naveli su nas da ovaj metod prilagodimo uslovima i mogućnostima u kojima se nalazimo i koristimo samo deo koji se odnosi na smanjenje prostora i rada, a da ipak zadržimo zadovoljavajuću varijabilnost do F_5 generacije (Miladinović, 1999).

Ovim metodom selekcija se obično ne vrši dok se ne postigne određeni stepen homozigotnosti, do F_4 ili F_5 generacije. U ranijim generacijama je ipak moguća selekcija u manjem obimu, u smislu da se ne uzimaju mahune sa bolesnih biljaka, biljaka koje poležu, koje imaju ispucale mahune, itd.

Kod ovog metoda potrebno je zapisivanje samo osnovnih podataka, dovoljni su oznaka ukrštanja i generacija gajenja. Takođe, potreban je minimum mesta za uzgajanje sukcesivnih generacija od pojedinačnih biljaka u odnosu na redove potomstava koje se gaje u generacijama pedigre metoda. Dodatna prednost je puna varijabilnost u svakoj generaciji. Bez selekcije u ranim generacijama, varijabilnost u F_5 generaciji je slična varijabilnosti između biljaka u F_2 generaciji. Na kraju, broj recesivnih homozigota se povećava u sukcesivnim generacijama – odlaganjem selekcije za recesivne osobine do F_5 generacije, skoro 47% biljaka biće homozigotno za tu osobinu (Wilcox, 1998).

Nedostaci ovog metoda su pre svega gubljenje identiteta superiornih biljaka iz ranijih generacija koji ne može biti povraćen. Pored toga, superiorna biljka zapažena u F_2 generaciji reprezentovana je samo jednom biljkom u narednim generacijama, što onemogućava selekciju većeg broja linija od superiornih biljaka. Sa druge strane, biljke koje bi inače bile odbačene, održavaju se u populaciji sve do F_5 generacije.

Svaki metod, dakle, ima prednosti i nedostatke, u čemu, zapravo i leži izazov za oplemenjivača: da odabere i koristi najefikasniji metod za ostvarenje cilja programa oplemenjivanja. Poređenje različitih metoda selekcije (Miladinović, 1999; Miladinović i sar., 2000) pokazalo je da je modifikovani metod potomstva jednog semena koji se koristi u oplemenjivanju soje u Institutu efikasniji od drugih, o čemu svedoče i do sada postignuti rezultati.

Početak rada na oplemenjivanju soje u Institutu

Istovremeno sa sprovođenjem akcionog plana na terenu, u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu formiran je tim za rad na soji. U timu kojim je rukovodio prof. dr Bogdan Belić, bili su zastupljeni oplemenjivači, agrotehničari, fitopatolozi i semenari. Primarni cilj ove ekipe bio je stvaranje prvih domaćih, visokoprirodnih sorti soje, prilagođenih našim uslovima gajenja, koje će omogućiti stabilnu proizvodnju i iz proizvodnje istisnuti strane sorte. Napravljen je koncept rada na oplemenjivanju i program realizacije. Koncept je predviđao stvaranje sorti različite dužine vegetacije (grupa zrenja 0, I i II) za različite zemljišne i klimatske uslove naše zemlje. Kasnije je program proširen i na stvaranje sorti veoma kratke vegetacije za setvu soje kao drugog useva ili postrno (00 i 000 grupe zrenja). Zatim, bilo je potrebno stvoriti sorte za intenzivne uslove proizvodnje, ali i za ekstenzivne, gde zemljište nema povoljan sastav, nije odgovarajuće obezbeđeno hranivima, nema uslova za kvalitetnu obradu. Pored toga, nove sorte morale su biti otporne na poleganje, pucanje mahuna, i najznačajnije bolesti.

Rad na oplemenjivanju soje je kompleksan, težak, ali pre svega dugotrajan proces. Potrebno je šest godina od ukrštanja do genotipa koji se može smatrati čistom linijom. Potom još tri za ispitivanja u prethodnim i komparativnim ogledima, i ako i ne budu testirani u multilokacijskim i makroogledima, još tri za ispitivanje u sortnoj komisiji. Znači, minimalno vreme za stvaranje nove sorte je dvanaest godina. Naravno, moguće je vršiti i testiranje u ranoj fazi oplemenjivanja i nedovoljno ispitanu liniju poslati u sortnu komisiju, a moguće je čak da takva linija i prođe pored standardne sorte, posebno ako je standardna sorta introdukovana. U prvih dvanaest godina rada na oplemenjivanju soje u Institutu na osnovu postojećeg materijala i na bazi novih ukrštanja stvoreno je sedam novih sorti (Tabela 1.7), od kojih su se tri NS-6, NS-9 i NS-10 proširile u proizvodnji.

Tabela 1.7

Sorte priznate u periodu 1975 – 1987. g.

R.b.	Sorta	Grupa zrenja	Godina priznavanja
1	NS Kasna	III	1979
2	NS – 11	II	1980
3	NS – 6	0	1982
4	NS – 9	I	1983
5	NS – 10	I	1985
6	Hy – 12	00	1986
7	NS – 13	I	1987

Oplemenjivanje na produktivnost i druga svojstva

Prve sorte stvorene u Institutu koje su prošle kompletan ciklus selekcije priznate su 1988. godine (Tabela 1.8).

Tabela 1.8

Sorte priznate u periodu 1988 – 1992. g.

R.b.	Sorta	Grupa zrenja	Godina priznavanja
8	NS – 16	I	1988
9	NS – 17	I	1988
10	NS – 18	I	1988
11	NS – 20	II	1988
12	NS – 21	II	1988
13	NS – 102	I	1989
14	NS – 104	I	1989
15	NS – 105	I	1989
16	NS – 201	II	1989
17	NS – 202	II	1989
18	Dunav	0	1990
19	Kolubara	0	1990
20	Bačka	0	1992
21	Banat	0	1992
22	Sremica	0	1992

Od tih prvih pet sorti u proizvodnji su se proširile dve – NS-16 i NS-21 iz I i II grupe zrenja. U naredne četiri godine priznat je veći broj, uglavnom ranih sorti, a one najbolje, Kolubara i Bačka, širile su se na našim njivama, postepeno potiskujući introdukovane strane sorte.

Paralelno sa radom na oplemenjivanju soje, u Institutu je intenzivno rađeno i na svim drugim problemima od značaja za proizvodnju soje. Budući da je soja našim proizvođačima bila uglavnom nepoznata biljna vrsta, predmet brojnih studija bila je tehnologija gajenja (Belić, 1966; Belić i Molnar, 1977; Hrustić, 1983; Jocić i Sarić, 1984; Relić, 1996; Miladinović i sar., 1998; Tatić i sar., 2006). Rezultati ovih istraživanja su odmah uvedeni u praksu, što je svakako doprinelo rastu prosečnih prinosa soje u našoj zemlji.

Istraživanja koja su se bavila mineralnom ishranom, odnosno azotifikacijom, pokazala su da prilikom gajenja soje nije neophodna primena azotnih đubriva, uz uslov da su u zemljištu prisutne kvržične bakterije. Kako takvih bakterija u našim zemljištima nema, potrebna je inokulacija semena pre setve, za šta se koristi preparat Nitragin. Nitragin je mikrobiološko đubrivo, odnosno optimalno izbalansirana mešavina najproduktivnijih sojeva bakterija azotifikatora do koje se došlo istraživanjima sprovedenim u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo (Mrkovački i sar., 1989; 1992; Milić, 1990; Milić i sar., 1991; Marinković i sar., 2004).

Brojna istraživanja imala su za cilj i utvrđivanje optimalne zalivne norme i vremena zalivanja soje (Bošnjak, 1978; 1987; Vučić i sar., 1981; Pejić, 1993; Dragović, 1994; Miladinović i sar., 1997a). Rezultati ovih istraživanja pokazali su da je kritična faza u gajenju soje period nalivanja zrna, kada su potrebe za vodom najveće, kao i to da je u uslovima navodnjavanja soju u našim uslovima moguće gajiti i kao drugi, odnosno postrni usev.

Posebno mesto imaju istraživanja iz oblasti fitopatologije soje (Jasnić i Vidić, 1981; 1985; 1986; Vidić, 1982; 1987; Jasnić, 1984; Vidić i Jasnić, 1998; Vidić i sar., 1998). Ova istraživanja obuhvataju utvrđivanje rasnog sastava patogena i identifikaciju izvora otpornosti prema ekonomski najznačajnijim patogenima u našoj zemlji, kao što su *Peronospora manshurica* (plamenjača), *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (bakteriozna pegavost), *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* (crna pegavost stabla), *Sclerotinia sclerotiorum* (bela trulež) i *Macrophomina phaseolina* (ugljenasta trulež). Rad na oplemenjivanju na otpornost prema bolestima u našem programu oplemenjivanja soje podrazumeva unošenje gena otpornosti prema dominantnim rasama ovih patogena u komercijalne sorte.

Sva ova istraživanja su u značajnoj meri pomogla u radu na oplemenjivanju soje, pa je bilo moguće usmeriti selekciju ka stvaranju sorti koje će biti najbolje prilagođene našim uslovima gajenja.

Za rad na oplemenjivanju soje u Institutu, 1993. i 1994. godina mogu se nazvati i »zlatnim godinama«, jer je samo u te dve godine priznato 12 novih sorti (Tabela 1.9) koje su svojim osobinama, pre svega visokim genetskim potencijalom rodnosti, iz proizvodnje potpuno istisnule strane sorte.

Tabela 1.9

Sorte priznate u periodu 1993 – 1994. g.

R.b.	Sorta	Grupa zrenja	Godina priznavanja
23	Krajina	00	1993
24	Panonka	0	1993
25	Mačvanka	II	1993
26	Tamiš	II	1993
27	Jelica	00	1994
28	Afrodita	0	1994
29	Ravnica	I	1994
30	Balkan	I	1994
31	Vojvođanka	II	1994
32	Nizija	II	1994
33	Simonida SP	II	1994
34	Šumadija	II	1994

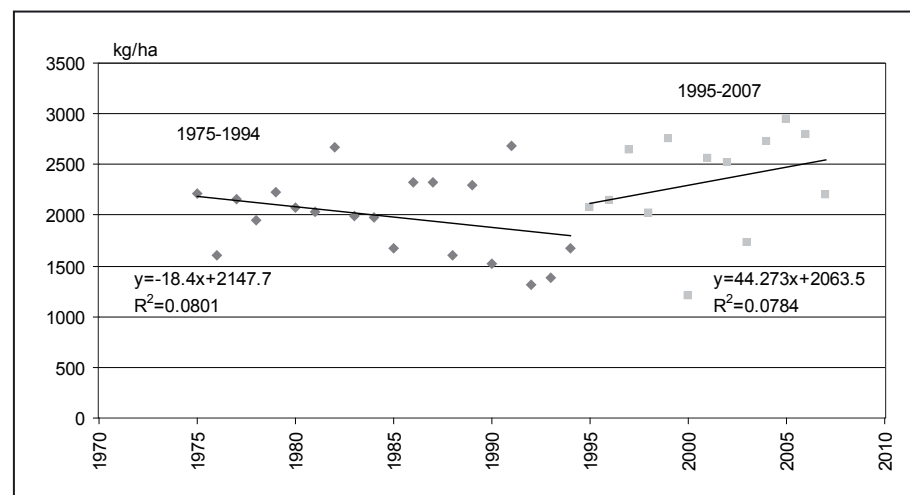
To su veoma rane sorte Krajina i Jelica, pogodne za setvu soje kao drugog ili postrnog useva. Krajina je i standardna sorta u sortnoj komisiji. Za ovim sortama postoji veliko interesovanje i u severnijim evropskim državama, gde se mogu gajiti u redovnoj setvi. Krajina je priznata u Mađarskoj i Rusiji, Jelica takođe u Rusiji.

Sorte Panonka i Afrodita su nekoliko narednih godina uz ranije priznatu sortu Bačka činile rani sortiment. Afrodita je standard za 0 grupu zrenja u sortnoj komisiji, a nalazi se i na evropskoj sortnoj listi te se može širiti u svim zemljama Evropske Unije.

Sorte Balkan i Ravnica zauzimaju najveće površine pod sojom u našoj zemlji, budući da pripadaju grupi srednjestasnih sorti, optimalnih za naše uslove gajenja. Zbog svoje adaptabilnosti, sposobnosti da zadovoljavajući prinos i u nepovoljnijim godinama i lokalitetima, Balkan je i danas najtraženija sorta soje stvorena u Institutu. Pored naše zemlje, ova sorta priznata je i u Rumuniji i Bugarskoj.

Konačno, kasnostasna sorta Vojvođanka je uspela da sa naših njiva potisne Corsoy, introdukovanu sortu koja se najduže zadržala u proizvodnji. Sorta Vojvođanka je zahvaljujući izuzetno visokim prinosima jedna od najrasprostranjenijih domaćih sorti. Zajedno sa sortom Afrodita nalazi se na evropskoj sortnoj listi.

Sledeća, 1995. godina bila je prva u kojoj na našim njivama nije bilo stranih sorti i taj period, od 1995. do 2007. godine karakteriše trend rasta prosečnog prinosa od 44kg/ha godišnje (Grafikon 1.1). U prethodnom periodu, od introdukcije stranih sorti 1975., pa do poslednje godine u kojoj su gajene, 1994., prinos je opadao 18kg/ha godišnje, što govori u prilog stvaranja i obnavljanja domaćeg sortimenta.

Trend prinosa soje u Srbiji u periodu 1975 – 1994. g. i 1995 – 2007. g.

U narednih nekoliko godina u svakoj je bilo nekoliko priznatih sorti (Tabela 1.10), ali one ili nisu uvedene u sortiment, ili su pre ili kasnije iz njega povlačene. Ne zato što nisu bile dobre, radi se o izvanrednim sortama, već zato što nisu značajno nadmašile postojeće, tada aktuelne sorte, a u Institutu nije bila praksa ni tada ni sada da se zamena sortimenta vrši isključivo radi zamene.

Tabela 1.10

Sorte priznate u periodu 1995 – 1998. g.

R.b.	Sorta	Grupa zrenja	Godina priznavanja
35	Danica	000	1995
36	Pobeda	0	1995
37	Biserka	0	1995
38	Maja	0	1995
39	Košava	II	1995
40	Avala	II	1995
41	Ranka	00	1996
42	Belka	0	1996
43	Vera	I	1996
44	NS – Nada	II	1996
45	Srbobranka	I	1997
46	Indijana	II	1997
47	Gordana	II	1997
48	Jelena	II	1998

Sorte Danica, Vera, Srbobranka i Indijana, priznate u ovom periodu, su jedno vreme bile u proizvodnji ali su povučene uglavnom zbog nešto slabije adaptabilnosti na različite uslove gajenja.

Oplemenjivanje na posebna svojstva

U dosadašnjem radu na oplemenjivanju soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo najveća pažnja poklanjana je povećanju (Miladinović i sar., 1997b; 2000; Miladinović, 1999) i stabilnosti prinosa, odnosno stvaranju sorti adaptabilnih na različite agroekološke uslove gajenja (Hrustić i sar., 2003; 2004; Miladinović i sar., 2003; 2006). Međutim, uvažavajući zahteve proizvođača i prerađivačke industrije, program oplemenjivanja koncipira se tako da što uspešnije odgovori na postavljene zadatke, odnosno prilagođava se potrebama tržišta. To se pre svega odnosi na rad na povećanju sadržaja proteina, i to istraživanjima u poljskim (Miladinović i sar., 1996b; 2001; 2004) i laboratorijskim uslovima, ispitivanjem aktivnosti metabolizma azota (Miladinović i sar., 1996a; Malenčić i sar., 2005; Kereši i sar., 2007) i poboljšanju kvaliteta ulja (Miladinović i sar., 1996c; Hrustić i sar., 1998b). Pored toga, probirljivo zapadno tržište traži i dobro izbalansiran odnos sadržaja proteina i ulja za spravljanje proizvoda za ljudsku ishranu, određen sadržaj aminokiselina koje sadrže sumpor, izbalansiran odnos oligo i polisaharida za ishranu riba (Vucelić-Radović i sar., 2005; Hollung i sar., 2005), i drugo.

Prve sorte sa povećanim sadržajem proteina koje su uvedene u proizvodnju u našoj zemlji su Novosađanka i Proteinka, dok se posebno ističe sorta Fortuna koja može da dostigne i 44% proteina u zrnu (Tabela 1.11).

Tabela 1.11

Sorte priznate u periodu 2000 – 2008. g.

R.b.	Sorta	Grupa zrenja	Godina priznavanja
49	Bojana	0	2000
50	Novosađanka	I	2000
51	Milana	III	2000
52	Nada	0	2001
53	Proteinka	0	2001
54	Tisa	I	2001
55	Morava	III	2001
56	Sanja	0	2002
57	Lasta	0	2002
58	Venera	I	2002
59	Posavka	I	2002
60	Ivana	III	2002
61	Fortuna	00	2003
62	Lara	0	2003
63	Valjevka	0	2003
64	Ana	I	2003
65	Melodija	I	2003
66	Branislava	I	2003
67	Meli	00	2004

68	Bečejka	0	2004
69	Tara	0	2004
70	Zvezda	I	2004
71	Glorija	I	2004
72	Tea	I	2004
73	Sava	I	2004
74	Šapčanka	I	2004
75	Drina	I	2004
76	Mima	II	2004
77	Bistrica	II	2004
78	Alisa	0	2005
79	Iva	0	2005
80	Rita	0	2005
81	Duga	II	2005
82	Senka	II	2005
83	Gracia	000	2006
84	Galina	0	2006
85	Vesna	II	2006
86	Julija	00	2007
87	Diva	I	2007
88	Prima	00	2008
89	Merkur	00	2008
90	Marta	II	2008
91	Idila	II	2008
92	Rubin	II	2008

Ova osobina je od posebnog značaja za preradu, pa se ove sorte mogu koristiti za specifične namene u prerađivačkoj industriji. Osim povećanog sadržaja proteina, ove sorte odlikuju se i visokim genetskim potencijalom za prinos, otpornošću na poleganje i visok stepen poljske otpornosti prema ekonomski značajnim bolestima, pa se može očekivati da će vremenom zauzimati sve veće površine. Tome u prilog ide i podatak da su obe registrovane u Hrvatskoj i Rumuniji, Proteinka i u Ukrajini, a Novosađanka i u Mađarskoj i Italiji. Oplemenjivanje soje na povišen sadržaj proteina u zrnju je složen i mukotrpan posao. Kako ove sorte moraju da ispune sve zahteve u pogledu agronomski bitnih osobina, pre svega prinosa, dostizanje željenog cilja je otežano činjenicom da se prinos i sadržaj proteina nalaze u negativnoj korelaciji. Još je teže i neizvesnije dobijanje sorti sa visokim sadržajem proteina (preko 45%) koje će imati prinos na nivou komercijalnih sorti.

Rezervni proteini soje podeljeni su u tri velike grupe na osnovu sedimentacione konstante. Dominantne frakcije čine glicinin (11S frakcija) i konglicinin (9S frakcija) dok se u 2S frakciji nalaze inhibitori proteaza. Neki oplemenjivački programi imaju za cilj smanjenje aktivnosti inhibitora proteaza u zrnju kako bi se uštedela energija pri preradi soje, prilikom termičke inaktivacije ovih inhibitora. U Institutu ovakvi programi ne postoje. Dva su osnovna razloga za to. Inhibitori proteaza imaju povoljan aminokiselinski sastav, pre svega bogate su aminokiselinama koje sadrže sumpor, a

kojih inače nema dovoljno u ostalim proteinskim frakcijama (metionin, cistein), te se smanjivanjem ove frakcije u zrnju narušava povoljan aminokiselinski sastav (Pešić, 2003). Drugi razlog leži u činjenici da sorte sa nižom aktivnošću inhibitora imaju smanjen sadržaj ukupnih proteina u semenu. Ispitivanja izogenih linija za Kunitz tripsin inhibitor pokazuju značajno smanjenje sadržaja ukupnih proteina u zrnju, dok je sadržaj ulja nepromenjen (Vollmann i sar., 2002).

Ukupan sadržaj i masnokiselinski sastav ulja predstavljaju drugu bitnu komponentu oplemenjivanja soje na izmenjeni hemijski sastav zrna. Dominantnu masnokiselinsku frakciju čine linolna (18:2), oko 55% i oleinska kiselina (18:1), oko 20%. Takođe su prisutne i linoleinska (18:3), oko 8%, palmitinska (16:0), oko 10% i stearinska kiselina (18:0), oko 4%. Opšti trend u oplemenjivanju na masnokiselinski sastav je smanjenje sadržaja polinezasićenih masnih kiselina i povećanje oleinske kiseline. Smanjivanje sadržaja polinezasićenih masnih kiselina povećava oksidativnu stabilnost sojinog ulja. Takođe, smanjena je potreba katalitičke hidrogenacije polinezasićenih lipida prilikom prerade sojinog ulja. Pored tehnoloških prednosti koje imaju sorte izmenjenog masnokiselinskog sastava postoje i zdravstveni aspekti koji opravdavaju ove ciljeve oplemenjivanja. Poznato je da je oleinska kiselina najpoželjnija u ishrani ljudi te povećanje njene količine ima pozitivne aspekte na kvalitet proizvoda dobijenih od oleinskih sorti. Takođe, katalitičkom hidrogenacijom polinezasićenih masnih kiselina pored *cis*-izomera javljaju se i *trans*-izomeri za koje je dokazan nepovoljan uticaj na zdravlje ljudi.

U trenutno aktuelnom sortimentu, sorta Venera odlikuje se izuzetno visokim sadržajem ulja u zrnju, a u narednom periodu u proizvodnji će biti uvedena i Mima, još jedna izrazito uljana sorta. Ova sorta ima nešto duži vegetacioni period u odnosu na Vojvođanku, pa zahteva raniju setvu. Pored visokog potencijala rodosti koji se u najvećoj meri realizuje u optimalnim uslovima gajenja, Venera ostvaruje stabilne prinose i u nepovoljnim, sušnim uslovima, što inače nije karakteristika genotipova duge vegetacije. Ova sorta je priznata u Rumuniji i Bugarskoj.

Sorta Lasta priznata 2002. godine odlikuje se dobro izbalansiranim masnokiselinskim sastavom ulja, posebno visokim sadržajem oleinske kiseline. U proizvodnji nije uvedena jer domaće tržište još uvek nema posebnih zahteva prema kvalitetu sojinog ulja.

Ugljeni hidrati se nalaze u manjem procentu u semenu ali za ishranu pojedinih životinja oni mogu biti limitirajući faktor. Količina stahioze i rafinoze u semenu i proizvodima od soje limitira svarljivost i iskoristivost proteina i ulja kod nepreživara. Oplemenjivanje na sastav ugljenih hidrata u semenu ima trend smanjivanja rafinoze i stahioze u semenu i povećavanja saharoze. Kako su ovi oplemenjivački programi još uvek u početnim fazama, rano je govoriti o rezultatima.

Pored pojedinačnih komponenti zrna soje, za određenu industrijsku preradu, veoma je bitan odnos proteina i ulja u zrnju. Tako je za proizvodnju sojinog mleka upravo ovaj odnos bitan za dobijanje kvalitetnog finalnog proizvoda.

Poslednjih godina sortiment je obogaćen novim visokoprinostnim sortama od kojih očekujemo da u narednim godinama budu nosioci proizvodnje. To su u grupi zrenja 00 Prima, Merkur i Julija, grupi 0 Valjevka i Galina, u udarnoj, I grupi zrenja Sava, Tea i Diva, a u II grupi Venera i Mima.

NS Sorte soje u inostranstvu

Priznavanje, odnosno registracija sorte jeste krajnji rezultat rada na oplemenjivanju i stoga je broj priznatih sorti važan pokazatelj uspešnosti jednog programa oplemenjivanja. Kada se, međutim, sorta registruje u inostranstvu, onda to predstavlja međunarodno priznanje i dokaz da vrednost našeg rada nije lokalnog karaktera. U inostranstvu su priznate 34 institutske sorte soje (Tabela 1.12).

Tabela 1.12

NS sorte soje priznate u inostranstvu

Zemlja	Sorte	Godina priznavanja
Mađarska	Davodi 2016	1993
	Anita 66	1994
	Bacskun	2002
	Alisa	2003
	Meli	2004
Ukrajina	Bojana	2005
	Proteinka	2005
	Ravnica	2005
	Lara	2005
	Sedmica	2005
	Ina	2008
Italija	Tavria	2008
	Avila	1996
	Condor	1996
	Neoplanta	2005
	Po	2005
	Fortezza	2007
Rumunija	Tea	2007
	Proteinka	2002
	Balkan	2003
	Venera	2005
Bugarska	Neoplanta	2005
	Avila	2001
	Balkan	2001
	Zora	2005
Hrvatska	Venera	2005
	Proteinka	2006
	Neoplanta	2006
	Alisa	2007
	NS Ana	2007
	Galina	2008
Rusija	Tea	2008
	Jelica	2001
	Volga	2001

Sedam sorti priznato je u Ukrajini, po šest u Italiji i Hrvatskoj, pet u Mađarskoj, po četiri u Rumuniji i Bugarskoj, dok su dve sorte priznate u Rusiji. Čak 11 sorti priznato je samo u 2005. godini, a 30 u periodu posle 2001. godine. To znači da je registracija domaćih sorti soje u inostranstvu novijeg datuma i da se značajnije prisustvo na tržištu drugih zemalja kada je u pitanju seme soje tek može očekivati.

IZVOD

Iako ima veoma dugu tradiciju gajenja, soja je niz vekova bila značajna samo u području svog porekla, na Dalekom Istoku. Tek četrdesetih godina XX veka od malo značajne biljke koja je služila za silažu, ona postaje bitan činilac ratarske proizvodnje i značajan izvor hrane u svetu. Već nekoliko decenija vodeća zemlja u proizvodnji, preradi i prometu soje su SAD gde se soja gaji na oko trideset miliona hektara. Poslednjih godina, Brazil sa oko dvadeset miliona hektara i Argentina sa oko petnaest miliona hektara su se uvrstili u red svetski značajnih proizvođača. Ispitivanja mogućnosti gajenja su danas prisutna u mnogim zemljama, te iako površine nisu svetski značajne ona se uvodi u proizvodnju u većini zemalja sveta.

U našoj zemlji soja je poznata kao biljna vrsta još od XIX veka iako do pre tri decenije nije imala značajnu ulogu niti u gajenju niti u preradi. Svetski trendovi povećanja površina zahvatili su i našu zemlju. Površine su zavisile delom od ostvarenih prinosa a delom od ekonomskih uslova, ali je danas soja značajan činilac naše ratarske proizvodnje. Najveće površine pod sojom u našoj zemlji nalaze su u Vojvodini. Obiman naučno-istraživački rad omogućio je zamenu introdukovanog sortimenta domaćim i razrešio niz pitanja iz agrotehnike. Tako se danas seju sorte stvorene u našim agroekološkim uslovima, a način gajenja je prilagođen klimatskim i zemljišnim činiocima našeg područja.

LITERATURA

Allen, F.L. i Bhardwaj, H.L. (1987): Genetic relationships and selected pedigree diagrams of North American soybean cultivar. The University of Tennessee, Agricultural experimental station, Knoxville, Tennessee.

Baker, H.G. (1970): *Plants and Civilization*, Wadsworth Publishing Company, Inc. California.

Belić, B. (1966): Uticaj vremena setve na dužinu vegetacije i prinos soje. *Arhiv za polj. nauku*, vol. 19, No. 66: 3 – 14.

Belić, B. i Molnar, I. (1977): Najznačajnije agromere za postizanje visokih prinosa soje i izbor sorti za pojedine rejone Vojvodine. Zbornik radova savetovanja o unapređenju proizvodnje soje u Vojvodini. Novi Sad, 1 – 15.

Borojević, S. (1992): Principi i metode oplemenjivanja bilja. *Naučna knjiga*, Beograd.

Božidarević Desanka, Vlahović, B. (1995): Osnovna obeležja međunarodnog i domaćeg tržišta soje, *Savremena poljoprivreda*, vol. 43, br. 3: 101-113.

Bošković, M. (1966): Stanje i mogućnosti proizvodnje soje u užoj Srbiji, Soja; proizvodnja, prerada, potrošnja, Zagreb. 103-112.

Bošnjak, Đ. (1978): Uticaj zalivnog režima na fenološke pojave i morfološke karakteristike sorti soje različite dužine vegetacije i njihov odnos prema prinosu. *Zbornik za prirodne nauke Matice srpske*, 56: 79-93.

Bošnjak, Đ. (1987): Potrebe za vodom i zalivni režim soje. *Nauka u proizvodnji*, Osijek, 15: 47-56.

Brim, C.A. (1966): A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Sci.* 6:220.

Burton, J.W. (1997): Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Field Crops Res.* 53:171-186.

Caldwell, B.E. (1973): Soybeans: Improvement, production and uses. *Agron. Monogr.* 16, ASA, Madison WI.

Carter, T., Nelson, R., Sneller, C., Cui., Z. (2004): Genetic Diversity in Soybean. In Boerma, H., Specht, J. (Ed): *Soybeans: Improvement, production and use*, Third edition, American society of agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 303-450.

Cooper, R.L. (1990): Modified early generation testing procedure for yield selection in soybean. *Crop Sci.* 30: 417 – 419.

Dragović, S. (1994): Uticaj suše u različitim fenofazama razvića na prinos soje i efekat navodnjavanja. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad, 22: 143-152.

Empig, L.T. i Fehr, W.R. (1971): Evaluation of methods for generation advance in bulk hybrid soybean populations. *Crop Sci.* 11: 51 – 54.

Gizlice, Z., Carter, J., Burton, J. (1994): Genetic base for North American public soybean cultivars released between 1947 and 1988. *Crop Sci.* 34:1143-1151.

Gutschy, Lj. (1950): Soja i njezino značenje u narodnom gospodarstvu, poljoprivredi i prehrani, *Tehnička knjiga*, Zagreb.

Harlan, H.V. and Martini, M.L. (1938): The effect of selection in mixture of barley varieties. *Jour. Agr. Res.* 57: 189 – 199.

Helms, T., Orf, J., Valland, G., McClean, P. (1997): Genetic variance, coefficient of parentage and genetic distance of six soybean population. *Theor. Appl. Genet.* 94:20-26.

Heneberg Ruža (1966): Razvoj i stanje selekcije soje kod nas, Soja; proizvodnja, prerada, potrošnja, Zagreb, 216-220.

Hollung, K., Overland, M., Hrustic, M., Sekulic, P., Miladinovic, J., Martens, H., Narum, B., Sahlstrom, S., Sorensen, M., Storebakken, T., Skrede, A. (2005): Evaluation of Nonstarch Polysaccharides and Oligosaccharide Content of Different Soybean Varieties (*Glycine max*) by Near-Infrared Spectroscopy and Proteomics. *J. Agric. Food Chem.*; 53(23); 9112-9121.

Howell, R.W. (1982): Historical Development of the United States Soybean Industry, *Proceedings of the First China / USA Soybean Symposium and Working Group Meeting*. Illinois. 11-15.

Hrustić Milica (1983): Uticaj gustine sklopa na komponente prinosa soje. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 31, br. 12, 1-2, 41-52.

Hrustić Milica, M. Milošević, J. Miladinović. (1997): Efikasnost i stabilnost muske sterilnosti u oplemenjivanju soje. *Selekcija i semenarstvo* vol. 3, 3 - 4: 54 – 59.

Hrustić Milica, Jocković, Đ., Vidić, M. (1998a): Oplemenjivanje soje u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. U *Hrustić Milica, Vidić, M., Jocković, Đ. (ured.) : Soja*. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej. 135 – 153.

Hrustić, Milica, Vidić, M., Miladinović, J., Tatić, M. (1998b): Uticaj ekoloških faktora na sadržaj proteina i ulja u zrnu soje. *Zbornik radova 39. Savetovanje proizvodnja i prerada uljarica*. Budva. 41 – 46.

Hrustić, Milica, Vidić, M., Miladinović, J. (2003): Nove sorte soje. *Selekcija i semenarstvo IX*, 1 - 4: 27 – 31.

Hrustić, Milica, Vidić, M., Miladinović, J. (2004): Soja i stres. *Zbornik radova Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, Vol. 40: 217 – 226.

Hymowitz, T. (1988): Soybeans: The Success Story, *Proceedings of the First National Symposium*. New Crops: Research, Development, Economics Indianapolis, Indiana, 159-163.

Jackai, L.E.N., Dashiell, K.E., Shannon, D.A. i Root, W.R. (1984): Soybean production and utilization in Sub-Saharan Africa, *World Soybean Research Conference III*, Ames, Iowa, 1193-1202.

Jasnić, S. (1984): *Ascochita sojaecola* Abram - Nov parazit soje u Jugoslaviji. *Zaštita bilja*, 35 (3) 169: 217-233.

Jasnić, S., Vidić, M. (1981): Crna pegavost stabla nova bolest soje u Jugoslaviji. *Glasnik zaštite bilja* 2: 44-46.

Jasnić, S., Vidić, M. (1985): Occurrence of soybean diseases in Yugoslavia. *Eurosoya*, No. 3, 43-46.

Jasnić, S., Vidić, M. (1986): *Rhizoctonia solani* Kühn parazit soje u Jugoslaviji, *Zaštita bilja* 176: 143-151.

Jocić, B. i Sarić, M. (1984): proučavanje efekta azotnih, fosfornih i kalijumovih đubriva kod različitih sorata soje. *Savremena poljoprivreda*, vol. 32, br. 11 – 12: 525 – 533.

Kereši, S.T., Malenčić, Đ.R., Popović, M.T., Kraljević-Balalić, M., Miladinović, J.A., Ilić, A.D. (2007): Nitrogen metabolism enzymes, soluble protein and free proline content in soybean genotypes and their F1 hybrids.

Kiasha, T., Sneller, C. i Diers, B. (1997): Relationships between genetic distance among parents and genetic variance in populations of soybean, *Crop. Sci.* 37:1317-1325.

Lewers, K.S., St.Martin, S.L., Hedges, B.R. i Palmer, R.G. (1998): Testcross evaluation of soybean germplasm. *Crop.Sci.* 38:1143-1149.

Ma, R.H. (1982): Historical Development of Soybean Production in China, *Proceedings of the First China/USA Soybean Symposium and Working Group Meeting*, Illinois.

Malenčić, Dj., Popović, M., Prvulović, D., Miladinović, J. (2005): Protein enrichment of soybean as affected by different nitrogen metabolism enzymes. *Proceedings of the 8th International Symposium »Interdisciplinary Regional Research Hungary-Romania-Serbia and Montenegro«*, Szeged. 14-18.

Manjarrez-Sandoval, P., Carter, T., Webb, D. i Burton, J. (1997): RFLP genetic similarity estimates and coefficient of parentage as genetic variance predictors for soybean yield. *Crop. Sci.* 37: 698-703.

Marinković, Jelena, Vera Milić, Nastasija Mrkovački, S. Milić, V. Đukić, J. Miladinović (2004): Effect of inoculation of different soybean genotypes on symbiotic effectiveness and microbiological activity in the soil. *European society for new methods in agricultural research ESNA XXXIV annual meeting Novi Sad Serbia and Montenegro 29 August-2 September 2004*, *Proceedings*, 169-172.

Miladinović, J., Malenčić, Đ., Hrustić Milica, Gašić Olga, Verešbaranji, I. (1996a): Analysis of activity of nitrogen metabolism enzymes on grain yield and content of soluble proteins in soybean. *Eurosoya*, 10: 51 – 56.

Miladinović, J., Hrustić Milica, Vidić, M., Tatić, M. (1996b): Path coefficient analysis of the effect of yield, oil content and the duration of vegetative and reproductive period on seed protein content in soybean, *Eurosoya*, 10: 26 – 33.

Miladinović, J., Hrustić, M., Vidić, M., Tatić, M. (1996c): Path koeficijent analiza međuzavisnosti prinosa, sadržaja proteina i dužine trajanja vegetativnog i reproduktivnog perioda na sadržaj ulja u zrnu soje. Zbornik radova 37. Savetovanje proizvodnja i prerada uljarica. Budva. 233 – 241.

Miladinović, J., Hrustić, Milica i Tatić, M. (1997a): Međuzavisnost prinosa i hemijskog sastava zrna soje u uslovima navodnjavanja i suvog ratarenja. *Selekcija i semenarstvo* vol. 4 (3 - 4): 109 – 113.

Miladinović, J., Vidić, M. i Tatić, M. (1997b): Interakcija genotip x spoljašnja sredina i genotipske i fenotipske korelacije prinosa zrna i žetvenog indeksa soje. *Selekcija i semenarstvo* vol. 3 (3 - 4): 60 – 65.

Miladinović, J., Hrustić, Milica, Vidić, M., Tatić, M. (1998): Soja: optimalni i mogući rokovi setve. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 30: 289 – 297.

Miladinović, J. (1999): Genetska dobit kao pokazatelj efikasnosti tri različita metoda selekcije soje (*Glycine max* (L.) Merr.) Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

Miladinović, J., Hrustić, M., Verešbaranji, I. (1999): Morphological and Biochemical Linkage of Some Soybean Varieties. *World Soybean Research Conference VI, Proceedings*, Chicago, USA. 521.

Miladinović, J., Hrustić Milica, Vidić, M., Tatić, M., Žarković Jelena (2000): Oplemenjivanje soje: Efikasnost klasičnih metoda selekcije u oplemenjivanju na prinos. Zbornik izvoda III JUSEM, Zlatibor. 18.

Miladinović, J., Hrustić, Milica, Vidić, M., Tatić, M., Burton, J. (2001): Pravci selekcije soje kod nas i u SAD. Zbornik radova 35. Seminara agronoma, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Vol. 35: 351 – 358.

Miladinović, J., Hrustić, M., Vidić, M., Balešević – Tubić, S., Tatić, M. (2003): Adaptabilnost i stabilnost novih genotipova soje. *Selekcija i semenarstvo* IX, 1 - 4: 51 – 55.

Miladinović, J., Hrustić, Milica, Vidić, M., Tatić, M., Balešević – Tubić, Svetlana (2004): Međuzavisnost prinosa, sadržaja ulja i dužine trajanja vegetacionog perioda na sadržaj proteina u zrnu novih sorti soje. Zbornik radova Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Vol. 40: 227 – 234.

Miladinović, J., Kurosaki, H., Burton, J.W., Hrustić, M., Miladinović, D. (2006): The adaptability of shortseason soybean genotypes to varying longitudinal regions. *Eur. J. Agron.* 25: 243-249.

Milić Vera (1990): Odnos između sadržaja materija rastenja i efektivnosti u *Bradyrhizobium japonicum*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Milić Vera, Sarić Zora, Nastasija Mrkovački, Verešbaranji, I. (1991): *Bradyrhizobium japonicum* capacity to synthesize growth regulators affecting nodulation and nitrogen uptake by soybean. *Mikrobiologija*, Vol. 28, No 2: 145-152.

Morse, W.J., Cartter, J.L., Williams, L.F. (1949): Soybeans: culture and varieties, U. S. Government Printing Office.

Morse, W.J. (1950): History of soybean production. In Markley K.S. (ed.). *Soybeans and soybean products*. I. Interscience Publishers Inc., New York, 3-59.

Mrkovački Nastasija, Sarić Zora i Milić Vera (1989): Dinamika nodulacije i aktivnosti fiksacije sojeva *R. japonicum* u toku vegetacije nekih sorata soje. *Mikrobiologija* Vol. 26, No 2: 123-133.

Mrkovački Nastasija, Sarić Zora, Sarić, M.R., Milić Vera (1992): Symbiotic effectiveness of some soybean genotypes, *Mikrobiologija*, Vol. 29, No 1: 1-16.

Panter, D.M. i Allen, F.L. (1995): Using best linear unbiased prediction to enhance breeding for yield in soybean. I. Choosing parents. *Crop Sci.* 35:397-405.

Pejić, B. (1993): Analiza vodnog bilansa i vlažnosti zemljišta kao osnove zalivnog režima soje. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Pešić, M. (2003): Uticaj proteinske molekularne strukture genotipova na tehnološke i funkcionalne osobine soje. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Zemun.

Popović, B. (1966): Kretanje proizvodnje u SFRJ, Soja; proizvodnja, prerada, potrošnja, Zagreb, 93-102.

Relić, S. (1996): Variranje komponenata prinosa u zavisnosti od genotipova i gustine sklopa i njihov uticaj na prinos soje. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Smith, K.J. i Huyser, W. (1987): World distribution and significance of soybean. In: Wilcox, J.R. (ed). *Soybeans: improvement, production and uses*. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 1-22.

Specht, J.E., Hume, D.J. i Kumundin, S.V. (1999): Soybean yield potential – A genetic and physiological perspective. *Crop Sci.* 39:1560-1570.

St.Martin, S.K., Lewers, K.S., Palmer, R.G. i Hedges, R.B. (1996): A testcross procedure for selecting exotic strains to improve pure-line cultivars in predominantly self-fertilizing species. *Theor.Appl.Genet.* 92:78-82.

Stojković, L. (1963): Oplemenjivanje bilja, semenarstvo i agrotehnika. Zbornik radova Instituta za poljoprivredna istraživanja. 29-48.

Suneson, C.R. (1956): An evolutionary plant breeding method. *Agron. J.* 48: 188 – 191.

Tatić, M., Miladinović, J., Kostić, M., Đukić, V. (2006): Uticaj primenjene tehnologije proizvodnje na prinos semena soje u 2005. godini. Zbornik radova Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Vol. 42: 361 – 368.

Vasić, M., Mihajlović, V., Jovičević, D., Hrustić, M., Miladinović, J., Čupina, B., Katić, S., Vasiljević, S., Mikić, A., Đorđević, V., Milić, D. (2007): Legume genetic resources and their utilisation in the Institute of field and vegetable crops, Novi Sad, Serbia. Abstract. 1st GL-TTP Workshop, Targeting Science to Real Needs, Paris, France, 23-25 april 2007.

Vidić, M. (1982): *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary parazit soje u Vojvodini. Magistarski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.

Vidić, M. (1987): Epidemiologija *Diaporthe phaseolorum* (Cke et Ell.) Sacc. var. *caulivora* Athrow et Caldwell prouzrokovala

crne pegavosti stabla soje. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Vidić, M. i Jasnić, S. (1998): Bolesti soje. Iz Hrustić, M., Vidić, M., Jocković, Đ. (Ured.): Soja. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej. 277-338.

Vidić, M., Jasnić, S., Jocković, Đ. (1998): Occurrence of *Phomopsis longicolla* Hobbs on Soybean in Yugoslavia. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 33 (3-4), pp. 313-321.

Vollmann, J., Schausberger, H., Bistrich, H. i Lelley, T. (2002): The presence or absence of the soybean Kunitz trypsin inhibitor as a quantitative trait locus for seed protein content. *Plant Breeding* 121, 272–274.

Vucelić-Radović Biljana, Miroljub Barać, Sladjana Stanojević, Mirjana Pešić, Milica Hrustić, Jegor Miladinović, Ljubiša Prijić, Mirjana Srebrić (2005). Biološki vredni proteini domaćih sorti soje u proizvodnji riblje hrane. II International Conference "Fishery", Belgrade. Conference Proceedings, 268-274.

Vučić, N., Dragović, S., Bošnjak, Đ. (1981): Zalivni režim soje u klimatskim uslovima Vojvodine, *Vodoprivreda*, 13, 72: 311-314.

Wilcox, J.R. (1998): Metodi oplemenjivanja soje. Iz Hrustić, Milica, Vidić, M., Jocković, Đ. (Ured.): Soja. CTP Astrodesign, Beograd, 123 – 134.

MORFOLOGIJA I FAZE RAZVOJA SOJE

Jegor Miladinović, Vuk Đorđević

MORFOLOGIJA

Korenov sistem

Korenov sistem soje je osovinskog tipa, karakterističan za dikotile. Međutim, usled porasta bočnih korenova u kasnijim fazama razvoja, glavni koren se najčešće ne može razdvojiti od bočnih korenova, pa se korenov sistem soje najpribližnije može opisati kao difuzan (Lersten i Carlson, 1987). Osnovni delovi su glavni koren, bočni (lateralni) i adventivni korenovi. Po vremenu nastanka, može se izvršiti podela na primarni, sekundarne, tercijerne i korenove višeg reda.

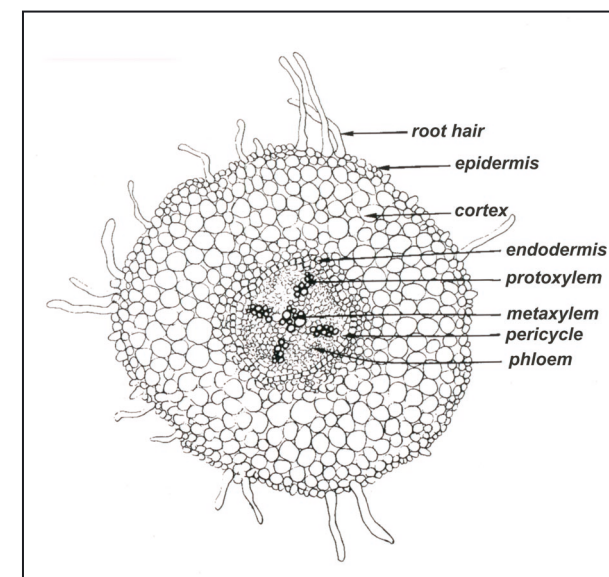
Pod uticajem aktivnosti bakterija – azotofiksatora *Bradyrhizobium japonicum* na korenu se obrazuju kvržice. Rast i razvoj korenovog sistema uslovljen je kako osobinama pojedine sorte, tako i spoljašnjim faktorima (klimatski i zemljišni). Veći broj autora dobio je značajne razlike u brzini porasta, prečniku i broju korenova, kao i akumulaciji suve materije korena između genotipova gajenih u istim uslovima spoljašnje sredine (Mitchell i Russell, 1971; Kaspar i sar., 1978; Zobel, 1980). Sa druge strane, Stone i Taylor (1983) i Kaspar i sar. (1981), ustanovili su da na rast i razvoj korenovog sistema soje bitno utiču uslovi sredine, pre svega temperatura zemljišta.

Anatomska građa korena

Na primarnoj građi korena razlikuju se tri dela: rizoderm, primarna kora i centralni cilindar (Slika 2.1).

Slika 2.1

Poprečni presek glavnog korena u zoni korenskih dlačica (Lersten i Carlson, 1987)



Rizoderm je sastavljen od ćelija radijalno raspoređenih u odnosu na osu korena. Ove ćelije su jednostavne građe, tankih ćelijskih zidova koji omogućavaju lako usvajanje vode i mineralnih materija. U potrazi za hranivima, pojedine ćelije rizoderma se izdužuju i formiraju korenske dlačice, što značajno povećava ukupnu apsorcionu površinu korena. Ne može se sa sigurnošću utvrditi koliko tačno iznosi to povećanje, ali se smatra da korenske dlačice čine oko 85% ukupne apsorzione površine (Carlson, 1969). Prema istraživanjima Dittmera (1940, cit. po Lersten i Carlson, 1987) korenove dlačice mogu se naći na svim korenovima, osim glavnog, gde sekundarno zadebljavanje uklanja rizoderm (Tabela 2.1).

Tabela 2.1

Podaci o korenu i korenovim dlačicama soje sorte Illini u poljskim uslovima (prema Dittmer, 1940)

Vrsta korena	Prosečni prečnik korena	Korenske dlačice dužina x prečnik	Broj korenskih dlačica (mm ⁻¹ dužine korena)
	mm	µm	
Glavni koren*	2.50	-	-
Sekundarni korenovi	0.65	110 x 17	606
Tercijarni korenovi	0.31	90 x 14	210
Kvaternarni korenovi	0.23	90 x 14	170

* – Sekundarni rast uslovio je gubitak rizoderma i korenovih dlačica

Primarna kora sastavljena je od parenhimskih ćelija i nalazi se između rizoderma i centralnog cilindra. Kod glavnog korena sastavljena je od 8 do 11 slojeva ćelija sa dosta intercelularnih prostora, a u korenovima višeg reda taj broj se kreće od 4 do 9 (Lersten i Carlson, 1987). Ćelije bliže rizodermu su primetno manje i čine egzoderm, dok sloj ćelija bliže centralnom cilindru čini endoderm sa karakterističnim Kasparijevim tačkama.

Centralni cilindar čini provodni snopić radijalnog tipa i pericikl. Pericikl je veoma važan za stvaranje novih ćelija, naročito za razvoj bočnih korenova i sekundarnog kožnog tkiva prilikom sekundarnog zadebljavanja. Rast bočnih korenova započinje u tačkama pericikla nasuprot ksilemskih traka. Pošto je glavni koren soje tetrahedne strukture, sekundarni korenovi rastu u četiri reda pod uglom od približno 90° u odnosu na osu glavnog korena (Mitchell i Russell, 1971). Ova simetričnost se, međutim, teško uočava zbog uvrtanja glavnog korena prilikom prodiranja kroz zemljište. Lateralni korenovi imaju tetrahednu ili trijarhnu strukturu, a tercijerni i korenovi višeg reda trijarhnu ili dijarhnu, pa u zavisnosti od strukture rastu u dva, tri, ili četiri reda oko ose izvornog korena (Carlson, 1973).

Najveći deo korenovog sistema soje čine četiri do sedam jako razgranatih lateralnih korenova koji rastu iz bazalnog dela glavnog korena, te se stoga nazivaju i bazalnim i imaju veće prečnike od korenova koji rastu iz nižih delova glavnog korena (Zobel, 1980). Prema Mitchelu i Russellu (1971), bazalni korenovi nakon horizontalnog rasta od 20 do 36 cm, naglo skreću naniže i započinju brz porast do oko 2 m.

Korenovi višeg reda formiraju se uvek kada su uslovi povoljni, ali njihov vek nije dug – u zavisnosti od uslova traju 10 do 20 dana, a zatim se suše i izumiru, dok ishodni koren ostaje i kad se za to stvore uslovi inicira rast novih korenova (Huck i Davis, 1976).

O adventivnim korenovima se malo zna. Prema Tanaki (1977), razvijaju se iz podzemnog dela hipokotila, a prema načinu rasta i funkciji bliski su bazalnim korenovima i mogu dostići njihovu dužinu i prečnik. Kao i kod ostalih delova korenovog sistema, na njihov rast i razvoj znatno utiču uslovi u zemljištu, a posebno temperatura (Stone i Taylor, 1983).

Rast i razvoj korenovog sistema

Kako je rast i razvoj korenovog sistema soje tokom vegetacije dosta neujednačen, više autora se bavilo podelom rasta po određenim fazama (Mitchell i Russell, 1971; Sanders i Brown, 1979; Mason i sar., 1980). Najprecizniju podelu dali su Mason i sar. (1980), jer su rast korenovog sistema povezali sa fazama rasta nadzemnog dela biljke (prema Fehr i Caviness, 1977). Prema ovoj podeli, koren soje prolazi kroz pet faza rasta: rani vegetativni porast (VE – V6), period pre cvetanja (V6 – R1), cvetanje (R1 – R3), formiranje i rast mahuna (R3 – R4) i rast semena i zrelost (do R6).

- Rani vegetativni porast

Razvoj korenovog sistema započinje klijanjem semena i rastom klicinog korenka iz koga nastaje glavni koren. U ovom periodu koren raste mnogo brže nego nadzemni deo biljke i uz povoljnu vlažnost zemljišta dostiže dnevni porast od 2,5 do 5 cm (Mitchell i Russell, 1971), da bi na kraju ove faze dostigao dubinu od 0,8 do 1 m (Sivakumar i sar., 1977). Lateralni korenovi počinju da rastu horizontalno 3 do 7 dana nakon klijanja i obično su na kraju faze dugački 25 do 30 cm, a u zavisnosti od temperature i vlažnosti zemljišta mogu se naći najviše na 3 cm od površine (Mitchell i Russell, 1971). Korenovi drugog i trećeg reda takođe počinju da prorastaju u sloju 0 do 15 cm, gde se obično nalazi glavna masa korena soje. Koliki će se deo korena naći u ovom sloju, zavisi prvenstveno od vlažnosti zemljišta. Mayaki i sar. (1976) su na kraju vegetacije u ovom sloju izmerili 51% ukupne mase korena biljaka u suvom ratarenju, dok je taj procenat kod navodnjavanih biljaka iznosio 67%. Na kraju ove faze, kad biljka dostigne stadijum V6, odnos suve mase nadzemnog dela biljke prema suvoj masi korena kreće se oko 3.8 (Sivakumar i sar., 1977).

- Period pre cvetanja

U ovoj fazi se usporava rast glavnog korena, dok lateralni korenovi dostižu maksimalnu horizontalnu dužinu. Korenovi višeg reda počinju porast čitavom dužinom korena i ukupna suva masa korena se povećava. Odnos mase nadzemnog dela biljke prema korenu dostiže vrednost 6,8 do faze R1 i povećava se tokom vegetacionog perioda usled rapidnog porasta u reproduktivnim fazama (Kaspar, 1985).

- Cvetanje

U fazi cvetanja ponovo dolazi do naglog porasta, kako nadzemnog dela biljke, tako i korena. U ovom periodu Mason i sar. (1980) utvrdili su povećanje ukupne suve mase korena u odnosu na prethodnu fazu rasta od 84% i dužine od 165%, najviše u toku čitave vegetacije, što je u skladu sa rezultatima koje su dobili Kaspar i sar. (1978). Ipak, rast korena je sporiji nego rast nadzemnog dela biljke i njihov odnos u fazi R2 dostiže vrednost 9 (Sivakumar i sar., 1977). Novo povećanje dužine uglavnom je vezano za dublje slojeve zemljišta, dok se najveći deo suve mase i dalje nalazi u sloju do 30 cm. Lateralni korenovi su završili horizontalni porast i započeli rapidan rast u dubinu, što se objašnjava višom temperaturom i nižom vlažnošću zemljišta bliže površini (Mitchell i Russell, 1971).

- Formiranje i rast mahuna

Koren i dalje raste, ali sporije nego tokom cvetanja. Ako je zemljište obezbeđeno vlagom, novi rast korena uočava se u sloju do 30 cm. Kako se to u ovoj fazi retko dešava, uglavnom dolazi do izduživanja u dublje slojeve.

- Rast semena i zrelost

U ovoj fazi rast korena je znatno usporen u poređenju sa prethodnim, jer gotovo svu organsku materiju stvorenu u procesu fotosinteze biljka utroši na formiranje i nalivanje zrna. Povećanje suve mase u sloju zemljišta do 15 cm uglavnom je vezano

za sekundarno zadebljavanje glavnog i lateralnih korenova (Kaspar, 1985), dok je rast u dubinu obično završen do početka nalivanja zrna. Ukupna suva masa korena se smanjuje usled odumiranja starijih delova korenovog sistema, a odnos suve mase nadzemnog dela biljke prema suvoj masi korena dostiže vrednost 10 (Sanders i Brown, 1976).

Korenske kvržice

Važan deo korenovog sistema soje su korenske kvržice. Soja, kao i druge leguminozne biljke, stupa u simbiotski odnos sa bakterijama – azotofiksatorima iz roda *Bradyrhizobium* koje žive na korenu u kvržicama (nodulama) i stoga se nazivaju i kvržične bakterije. Ove bakterije uzimaju od biljke ugljene hidrate, a snabdevaju je azotom tako što neorganski azot (N_2) iz atmosfere pretvaraju u amonijski oblik (NH_3) pristupačan za biljku. Za soju je karakteristična vrsta *Bradyrhizobium japonicum*. To su gram-negativne, štapičaste bakterije, sposobne za prodor kroz tanke zidove ćelija rizoderma ili korenskih dlačica sve do primarne kore. Intenzivnim deljenjem bakterijskih i dezintegracijom ćelija domaćina formiraju se kvržice, koje su vidljive već 7 do 9 dana nakon infekcije. Tokom treće nedelje od infekcije, inficirano tkivo korena intenzivno proizvodi leghemoglobin, te nodula postaje ružičasta i takva ostaje sve dok je aktivna. Kada se formira leghemoglobin i bakterije prestaju sa deljenjem, počinje azotofiksacija (Bergersen, 1963).

Četvrte nedelje od infekcije, kvržica je dostigla punu veličinu (3 do 6 mm); najčešće je ovalnog, mada može biti i nepravilnog oblika. Tokom vegetacije uočava se lagani porast broja i veličine kvržica (Zobel, 1980). Kvržica aktivno vrši azotofiksaciju 50 do 60 dana, a zatim se suši i odumire. Na jednoj biljci se može naći i više stotina kvržica, uglavnom koncentrisanih u plićem sloju zemljišta, do 20 cm, ali se mogu naći i na dubinama od preko 1m (Grubinger i sar., 1982). Broj kvržica je uslovljen kako unutrašnjim (genetski i fiziološki), tako i spoljašnjim (nivo azota u zemljištu) faktorima (Gibson i Harper, 1985; Harper, 1987). Najmanje 40 gena direktno je uključeno u proces nodulacije i azotofiksacije, od regulacije kompatibilnosti određene sorte soje prema određenom soju *B. japonicum*, preko intenziteta infekcije, pa sve do razvoja kvržica (Rolfe i Gresshoff, 1988).

Stablo

Postoje dva osnovna tipa stabla soje – prostratum, sa habitusom povijuše i erektum, ili uspravni tip. Prvi je karakterističan za divlje vrste soje i može dostići dužinu 2 do 3 m. Komercijalne sorte, pak, imaju uspravno stablo, čija visina zavisi od sorte i uslova uspevanja i kreće se od 30 do 130 cm. Stablo soje je zelene boje, zbog prisustva hlorofila u ćelijama parenhima, obraslo je dlačicama i uglavnom razgranato.

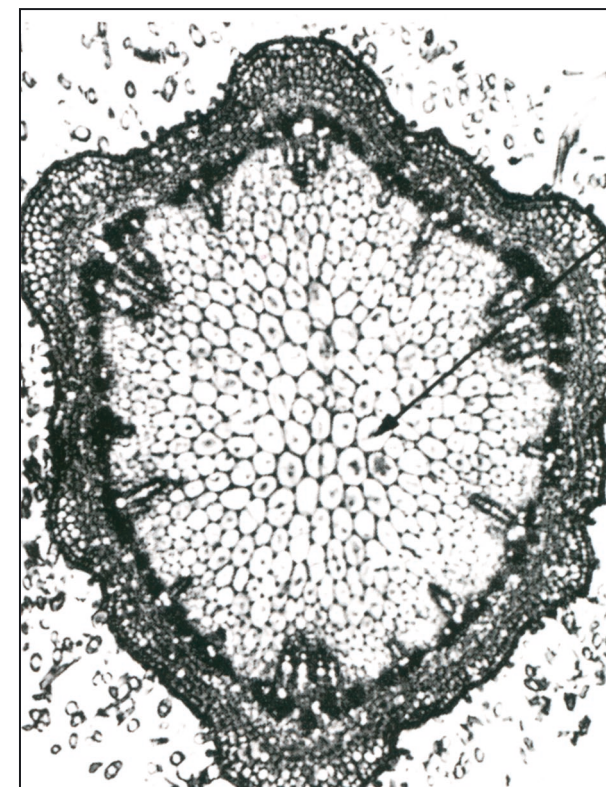
Na stablu se jasno razlikuju čvorovi ili nodije, zadebljanja koja nose listove; deo stabla između dve nodije naziva se internodija. Prva nodija nosi kotiledone, druga prvi par listova (prophylli), dok su na ostalima naizmenično raspoređeni trojno složeni listovi.

Anatomska građa stabla

Na poprečnom preseku stabla soje jasno se uočavaju slojevi centralnog cilindra, primarna kora i epidermis (Slika 2.2).

Slika 2.2

Poprečni presek stabla (prema Curry, 1982; cit. po Lersten i Carlson, 1987)



U središtu stabla nalazi se opsežno parenhimsko tkivo srži sastavljeno od krupnih ćelija bez hlorofila. Ovo tkivo u prvom delu vegetacije služi kao spremište, dok se kasnije, usled sekundarnog zadebljavanja, ćelije razmiču i stablo ostaje šuplje. Srž okružuje zona provodnih snopića ispresecana ćelijama parenhimskog tkiva, koje povezuje srž sa primarnom korom, tvoreći tako mrežu pojedinačnih žila, ili eustelu.

Zonu provodnih snopića čine ksilem, smešten prema srži i floem, za provođenje asimilata okrenut prema spoljnoj strani.

Ksilem i floem su međusobno odvojeni ostatkom nediferenciranog kambijuma. Primarni ksilem čine protoksilem i metaksilem. Najpre zametnuti elementi protoksilema zahvaljujući nezadebljalim delovima zidova u stanju su da prate izduživanje pri rastu stabla i sa završetkom produžnog rastezanja gube funkciju. Njegovu funkciju preuzima kasnije izdiferencirani metaksilem čija zavojita struktura omogućava još neznatno produženje. Na sličan način je i floem podeljen na protofloem i metafloem, s tim što metafloem, pored sitastih, ima i ćelije pratilice. Sekundarnim rastom stabla stvaraju se sekundarni ksilem i floem koji na nižim delovima biljke (gde sekundarno zadebljavanje traje najduže) formiraju kompletan cilindar (Cumbie, 1960).

U internodalnom delu stabla uočavaju se provodni snopići (žile) deblji od ostalih iz kojih izbijaju kolateralne žile koje se mogu pratiti prema bazi kao tragovi lisnih snopića. Na svakoj nodiji, tri ovakva traga se odvajaju od stele i stapaju se u provodnu žilu lista.

Primarna kora je od centralnog cilindra odvojena slojem ćelija endoderma, a sačinjava je zeleni asimilacioni skladišni parenhim, koji je sa spoljne strane obavijen kolenhimom. Kod nekih sorti soje, u ovom sloju se nalazi i pigment antocijan čije prisustvo utiče i na boju cveta. Sorte koje sadrže antocijan imaju ljubičastu boju cveta, dok je kod sorti bez antocijana boja cveta bela.

Na površini, stabljika se završava epidermalnim slojem ćelija koje ne sadrže hlorofil i čiji je spoljašnji zid kutinizovan. Za soju je karakteristično da se ćelije epidermisa izdužuju u dlačice, čija boja, gustina i položaj predstavljaju važnu karakteristiku kod komercijalnih sorti. Sorte sa dominantnim *Pd1* genom, imaju veći broj dlačica po jedinici epidermalne površine (Bernard i Singh, 1969; Bernard i Weiss, 1973). Dlačice su bele do tamno smeđe boje i najčešće su pod pravim uglom u odnosu na stablo, mada mogu biti i povijene. Postoje i sorte bez dlačica.

Rast i razvoj stabla

Razvoj stabla započinje izbijanjem izdanka (klicinog stabaoaceta) iz zemlje. Na izdanku se uočavaju dva kotiledona i plumula (pupoljak izdanka), koja kod erektum tipa raste pravo naviše. Na prvoj nodiji stabla nalaze se kotiledoni. Iznad kotiledona, na drugoj nodiji, nalazi se par prvih prostih listova, položenih naspramno. Na trećoj, i svim ostalim nodijama nalaze se tipični troperi listovi. U pazuhu svakog lista je pupoljak koji se može razviti kao grana, cvet ili ostati nerazvijen, odnosno spavajući pupoljak (Vratarić, 1986). U zavisnosti od sorte i faktora spoljne sredine, biljka soje je manje ili više razgranata, pri čemu su grane prvog reda uobičajene, dok je sekundarno grananje soje ređe (Dzikowski, 1936). Dalji razvoj stabla zavisi od tipa rasta. Kod soje se razlikuju tri tipa rasta: indeterminantni, determinantni i fascinantni (Slika 2.3).

Slika 2.3

Tipovi rasta stabla (foto: V. Đorđević)



Opis: indeterminantni (gore), determinantni (levo) i fascinantni (desno)

Sorte sa indeterminantnim (nezavršenim) tipom rasta imaju na vrhu stabla vegetativnu kupu rasta. Vršni list je obično sitniji od donjih listova. Do početka cvetanja formiraju oko 67% ukupne suve materije. Rast stabla i formiranje vegetativne mase nastavlja se i posle početka cvetanja. Sorte ovog tipa rasta podložnije su poleganju od determinantnih.

Kod sorti sa determinantnim (završenim) tipom rasta stablo se završava cvašću. Posle početka cvetanja biljke prekidaju rast, što se u uslovima suše nepovoljno odražava na prinos. Ove sorte formiraju oko 80% vegetativne mase do početka cvetanja (Lin i Nelson, 1988). Vršni list je po veličini jednak donjim listovima. Sorte sa ovim tipom rasta više se granaju i otpornije su na poleganje nego sorte indeterminantnog tipa rasta. Kod nas se gaje sorte indeterminantnog tipa rasta.

Kod biljaka sa fascinantnim stablom posle formiranja prvih nekoliko listova, vegetaciona kupa se deli i formira više sraslih stabala. Kao posledica toga javljaju se dva do tri lista na jednoj nodiji. Ove biljke formiraju na vrhu stabla dugu cvast nakon čega se formira zbijeni grozd mahuna. Do sada nije stvorena komercijalna sorta sa ovakvim tipom stabla.

List

Postoje tri različita tipa lista soje: prvi par kotiledonih, ili semenih listova, drugi par prostih, ili primarnih listova i pravi, trojno složeni listovi.

Kotiledoni su deo klice. Vezani su za stabaoce i klijanjem se iznose na površinu. Okruglastog su oblika, obavijeni epidermisom sa stomama, a mogu biti žute ili zelene boje. Imaju funkciju rezervoara hrane i fotosinteze dok biljka potpuno ne pređe na autotrofan način ishrane, nakon čega se suše i opadaju.

U pazuhu svakog kotiledonog lista nalazi se pupoljak iz kojeg izbija po jedan prost (primarni) list, što znači da svaki prost list ima svoju nodiju, ali se iz praktičnih razloga ove dve računaju kao jedna (Slika 2.4). Ovi listovi su postavljeni naspramno na lisnim drškama dužine 1 do 2 cm, dok je liska ovalnog oblika, veličine 2 do 5 cm.

Slika 2.4

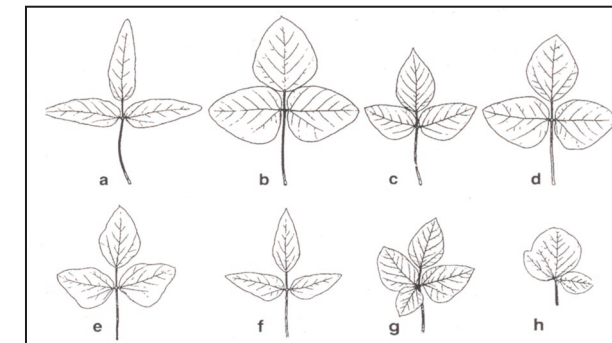
Prvi par listova (prophylli)



Sve ostale nodije nose trojno složene, tipične listove soje, poređane naizmenično na stablu. Pravi listovi sastavljeni su od tri liske i lisne drške. Oblik liske varira od ovalnog do kopljastog (Slika 2.5). Ponekad se može dogoditi da pravi list ima četiri, pa i sedam liski (Slika 2.5g), ili da se lateralne liske spoje sa terminalnom (Slika 2.5h). Liska je duga od 4 do 20 cm i 3 do 10 cm široka, boje od svetlo do tamno zelene. Boja i veličina liske su sorte osobine, kao i ugao spajanja lisne drške i stabla. Tokom vegetacije listovi žute i opadaju, mada ima sorti koje ne odbacuju listove ni u zrenju.

Slika 2.5

Različiti oblici liske (prema Dzikowski, 1936)



Na mestu gde se lisna drška spaja sa stablom uočava se par naspramno postavljenih (lateralnih) palistića ili stipula. Na ovim listolikim tvorevinama uočava se sedam glavnih nerava, dopunjenih sa nekoliko manjih.

Osim stipula, na bazi lisne drške može se uočiti i izvesno zadebljanje (pulvinus, prema Dzikovskom, 1937). Drugo, manje zadebljanje, nalazi se na mestu spajanja liski sa lisnim drškama. Ova zadebljanja, ili lisni jastučići, deluju kao zglobovi, pošto usled promena u osmotskom pritisku omogućavaju promenu orijentacije liske tokom dana i noći.

Anatomska građa lista

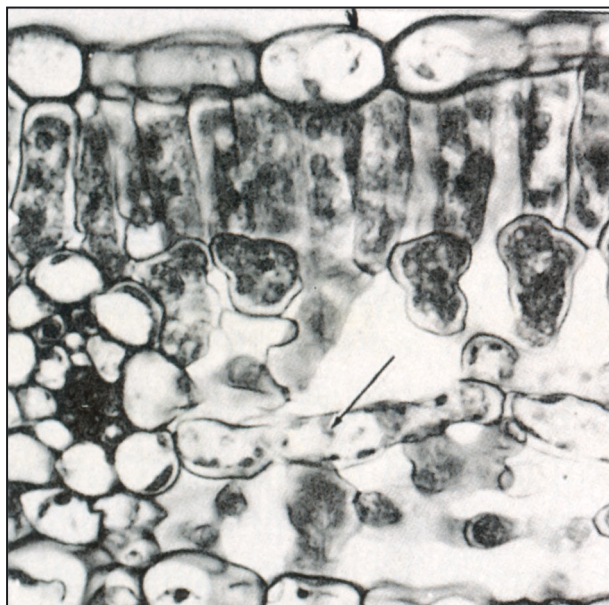
Kao što je izneto u anatomske građi stabla, provodno tkivo lista nastaje iz tri odvojena provodna snopića koji se već u bazalnom zadebljanju lisne drške spajaju u jedan veći snop. Odmah po spajanju provodnih snopića stabla, dolazi do diferencijacije provodnog tkiva u eustelu. Grananjem eustele lisne drške stvaraju se provodna tkiva svih delova lista.

Najvažniji deo lista je liska. Na pravom listu soje razlikuju se tri liske identične građe – dve lateralne i jedna terminalna (Slika 2.6). Građa liske je dorziventralna i prilagođena njenim osnovnim funkcijama – fotosintezi i odavanju vode.

Epidermalne ćelije su sa obe strane liske prekrivene tankom kutikulom iz koje izbija epikutikularni vosak koji štiti list od toplote i prekomernog isparavanja. Kontinualni niz ovih ćelija isprekidan je stomama. Par bubrežastih ćelija (ćelije zatvaračice) između kojih se nalazi otvor, sa susednim ćelijama epidermisa (ćelije pomoćnice) i jednim slojem ćelija mezofila čine stomin aparat. Kroz otvor stominog aparata vrši se izmena gasova između biljke i spoljašnje sredine. Broj stoma, pored svetlosti, toplote i vlage zavisi i od sorte.

Slika 2.6

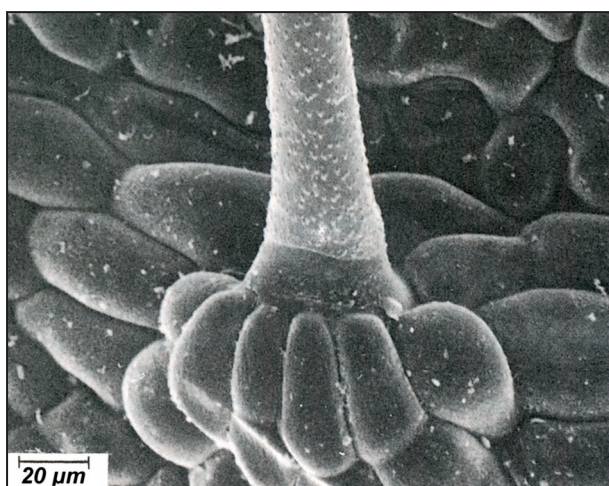
Poprečni presek liske (Lersten i Carlson, 1987)



Ciha i Brun (1975) su na osnovu ispitivanja 43 sorte soje došli do zaključka o značajnim razlikama u broju stoma između sorti, kao i povezanosti broja stoma i otpornosti na sušu. Isti autori ustanovili su da postoji znatna razlika u broju stoma na gornjoj i donjoj strani lista. Na gornjoj strani broj stoma kreće se od 81 do 174 po mm^2 , a na donjoj 242 do 345 po mm^2 . Za list soje karakteristične su dlačice (trihome), koje čine dve ćelije – kratka bazalna, okružena ćelijama epidermisa i terminalna, duga od 0.5 do 1.5 mm (Slika 2. 7).

Slika 2.7

Donji deo lisne dlačice (prema Flores i Espinoza, 1977)



Prema istraživanjima Woolleya (1964), dužina lisnih dlačica sorte Hawkeye je oko 1 mm, međusobna udaljenost takođe 1 mm, a zahvataju oko 10% ukupne lisne površine. Isti autor je ustanovio da lisne dlačice smanjuju udar vetra na lisnu površinu i do 40%. Biljke sa gušćim dlačicama imaju fiziološke i agronomske prednosti – manje su izložene napadu štetnih insekata (Johnson i Hollowell, 1935; Singh i sar., 1971; Levin, 1973), imaju manji gubitak vode transpiracijom u uslovima visoke temperature i suše (Weigand, 1910; Ghorashy i sar., 1971; Ehleringer i sar., 1976; Ehleringer i Mooney, 1978) i imaju veću sposobnost refleksije sunčeve radijacije u odnosu na biljke sa ređim dlačicama (Gausman i Cardenas, 1973; Nielsen i sar., 1984).

Između gornjeg i donjeg epidermisa nalazi se mezofil. Sastavljen je od dva sloja valjkastih ćelija prema licu lista, raspoređenih uspravno u odnosu na površinu. Zbog svog karakterističnog izgleda na poprečnom preseku naziva se palisadni parenhim. Palisadni parenhim se naziva još i asimilacioni, jer su ove ćelije bogate hloroplastima. Lugg i Sinclair (1980) utvrdili su da gornji, više osunčani listovi mogu formirati i treći sloj ćelija asimilacionog parenhima. Prema donjoj strani lista nastavljaju se dva do tri sloja ćelija sunderastog parenhima, sa manje hloroplasta. Ovaj deo mezofila ima ćelije nepravilnog oblika sa upadljivo širokim intercelularnim prostorima, što je u vezi sa većim brojem stoma na naličju. Ovakva građa sunderastog parenhima omogućava nesmetanu razmenu gasova između biljke i spoljne sredine.

Provodno tkivo liske smešteno je između palisadnog i sunderastog parenhima i njegova unutrašnja građa je identična građi provodnog tkiva stabla.

Cvet

Cvet soje (Slika 2.8) formira se u pazuhu lista na stablu i granama, sukcesivno, od osnove prema vrhu. Prvi cvetovi se obično pojavljuju na petoj, šestoj ili višim nodijama, dok se na nižim nodijama veoma retko ili nikad ne pojavljuju cvetovi (Carlson i Lersten, 1987). Veličina cvetova kreće se od 3 do 8 mm i mogu imati belu ili razne nijanse ljubičaste boje, što je uslovljeno prisustvom ili odsustvom antocijana. Ljubičasta boja je dominantna nad belom. Cvetovi su skupljeni u aksilarne racemozne cvasti, najčešće sa 3 do 5 cvetova.

Stablo sorti determinantnog tipa rasta završava se terminalnom grozdastom cvašću u kojoj se može formirati i do 35 cvetova. Za ovaj tip karakterističan je prestanak rasta s početkom cvetanja. Kod sorti indeterminantnog tipa rasta, međutim, raste i razviće traju uporedo – biljka nastavlja rast i posle početka cvetanja. Ove sorte takođe imaju vršnu cvast, ali se ovde formiraju dve do tri aksilarne cvasti smeštene vrlo blizu jedna drugoj zbog kratkih internodija na vrhu stabla.

Kako je već izneto, soja cveta sukcesivno, pa se na istoj biljci mogu naći cvetni pupoljci, otvoreni cvetovi i mahune koje su u fazi nalivanja zrna. Period cvetanja soje na našem području, zavisno od sorte, roka setve i uslova spoljašnje sredine, traje od kraja maja, pa sve do polovine avgusta.



Za soju je karakteristično da ima visok procenat abortivnih cvetova, odnosno da formira mnogo više cvetova nego mahuna i ta pojava do danas nije na zadovoljavajući način objašnjena. Prema istraživanjima Van Shaika i Probst (1958), duga cvast, veći broj i visoka abortivnost cvetova se nasleđuju kvantitativno, sa dominantnim i komplementarnim efektom gena, a heritabilnost za postotak opadanja cvetova se kreće od 29 do 93%. Isti autori zaključili su da je teško stvoriti sortu sa visokim kapacitetom za produkciju cvetova i njihovom niskom abortivnošću, jer su ustanovili pozitivnu korelaciju između abortivnosti i broja cvetova po nodiji. Broj mahuna po nodiji je bitna komponenta prinosa koja ima veći uticaj na prinos od mase zrna (Heindl i Brun, 1984) što je u skladu sa zaključcima Wiebolda i sar. (1981), da se prinos soje može povećati smanjenjem abortivnosti cvetova, odnosno povećanjem broja mahuna. Verovatnoća odbacivanja cvetova smeštenih niže na cvasti obično je manja od 10%, dok za više cvetove ta verovatnoća iznosi preko 50% (Wiebold i Panciera, 1990). Zato se selekcija preporučuje na bazi nižeg procenta abortivnosti cvetova, posebno onih na gornjim delovima cvasti Sharma i sar. (1990).

Građa cveta

Soja ima dvopolan, tipično leptirast cvet, karakterističan za *Papilionoidae*. Čine ga cevasta čašica, sastavljena od pet nejednakih odvojenih listića obraslih dlačicama i petočlana krunica. Najveća latica, zadnja, koja je manje-više prebačena preko cveta naziva se zastavica (*vexillum*). Dva bočna listića koji su znatno manji i zatvaraju tučak sa strana nazivaju se krilca (*alae*), dok su dva prednja listića srasla i čine tzv. lađicu (*naviculum*). Cvet je zigomorfan, odnosno ima jednu ravan simetrije.

Unutar krunice nalaze se 10 prašnika od kojih su 9 filamentima srasli i čine prsten oko tučka, dok je jedan slobodan i nalazi se ispod žiga tučka.

Tučak je monokarpan, sa jednim do četiri semena zametka. Razvoj semenih zametaka je *Polygonum* tipa. Stubić tučka povijen je unazad, prema slobodnom prašniku. Tučak je, kao i čašica, obrastao dlačicama, kojih na kruničnim listićima i prašnicima nema. U osnovi, između tučka i prašnika nalaze se nektarije.

Prašnici koji čine prsten oko tučka sastoje se od drške ili končića (*filamenta*) i antere koja puca i oslobađa polen na žig najčešće dan pre otvaranja cveta, te je procenat stranooplodnje veoma nizak (< 0.5%). Na žig tučka dospe veći broj polenovih zrna koja kličaju u polenovu cev i kroz stubić tučka dospevaju do plodnika. Više od 90% polenovih cevi atrofira i pre nego što dospe do plodnika, dok samo manji broj konkuriše za oplođenje (Carlson i Lersten, 1987).

Prodorom u embrionovu kesicu, vrh polenove cevi se razara i izliva sadržaj iz dve spermalne ćelije. Jedna spermalna ćelija se spaja sa jajnom ćelijom i formira diploidni zigot, prvu ćeliju budućeg embriona, a druga sa sekundarnim jedrom embrionove kese, formirajući triploidno jedro endosperma koji se kod soje dalje ne razvija. Deljenjem zigota nastaje proembrion, iz čijih se ćelija okrenutih ka unutrašnjosti embrionske kese kasnije stvara embrion. Ostale ćelije proembriona postaju nosioci embriona (*suspensori*), koji pomeraju embrion u sekundarni endosperm, hranljivo tkivo nastalo iz jedra endosperma i ostatka plazme embrionske kese. Deljenjem embriona, iz dela okrenutog mikropili nastaje klicin korenak, a iz onog prema halazi kotiledoni, između kojih se nalazi apikalni meristem izdanka.

Mahuna

Plod soje je mahuna, čiji broj se kreće od dva do više od dvadeset u jednoj cvasti, pa do 400 na zreloj biljci soje (Carlson i Lersten, 1987). Ovaj broj je obično mnogo manji zbog visokog procenta abortivnosti cvetova soje.

Oblik i veličina mahune značajno variraju između sorti, a pod uticajem spoljašnjih faktora ove osobine se razlikuju i između mahuna na istoj biljci. Mahune soje mogu biti prave, blago povijene ili srpasto zakrivljene, dužine od 2 cm kod divlje, do 7 cm kod nekih sorti kulturne soje (Slika 2.9). Dužina mahune zavisi od broja zrna, najčešće od 4 do 6 cm (Frank i Fehr, 1981).

Mahune (foto: G. Mulić)

Boja mahune može biti svetlo žuta, smeđa i crna, uključujući sve nijanse i prelaze između ove tri boje, što zavisi od prisustva karotena i ksantofila, boje dlačica, kao i prisustva antocijana (Dzikowski, 1936). Tamnija boja mahune je dominantna nad svetlijom.

U mahuni se može naći jedno do pet zrna, što zavisi od sorte i uslova uspevanja. Kod sorti koje se kod nas gaje najčešće ih ima 2 do 3 (Hrustić, 1984), (Slika 2.10).

Mahuna sa zrelim zrnima (foto: G. Kuzmanović)

Za divlju soju je karakteristično da mahune u zrenju pucaju i razbacuju seme, što je kod komercijalnih sorti vrlo nepovoljno sa agronomskog aspekta. Današnje komercijalne sorte, stvorene oplemenjivanjem soje, imaju čvrstu mahunu i pucaju samo u stresnim uslovima (Miladinović i sar., 1996).

Unutrašnja građa mahune

Prve mahune na biljci soje uočavaju se oko dve nedelje posle pojave prvih cvetova. Zbog sukcesivnog cvetanja soje, na istoj biljci se mogu naći tek začete i mahune sa zelenim zrnom. Mahuna se razvija iz plodnika, odmah nakon oplodnje, dok se žig i stubić tučka suše i otpadaju. Razvoj mahune je u prvo vreme usporen, ali se sa završetkom cvetanja ubrzava. U osnovi mahune uočava se cvetna čašica koja ostaje sve do završetka zrenja.

Kao i kod ostalih biljaka iz ove familije, mahuna se sastoji iz jednog oplodnog listića (karpele) koji se savija prema licu i spaja po obodu ventralnim šavom. Glavni nerv nekadašnjeg listića ima izgled dorzalnog šava. Glavni deo oba šava su provodni snopići, nastali od nekadašnjeg lista i to jedan na dorzalnom, a dva na ventralnom šavu. Epidermis iznad provodnih snopića oba šava se savija prema unutra formirajući jasno izražene žljebove koji se produžavaju u sloj parenhimskih ćelija.

U ranijim fazama razvoja, mahuna je pokrivena slojem epidermalnih ćelija koje mestimično formiraju dlačice. Ispod ovog sloja, nalazi se široka zona parenhimskog tkiva u koju je umetnut provodni sistem i tanki sloj unutrašnjeg parenhima iz koga se razvija membranozni endokarp (Carlson i Lersten, 1987). Sa sazrevanjem, zidovi epidermalnih ćelija zadebljavaju i sa spoljne strane se pokrivaju kutikulom. Ispod ćelija epidermisa formira se sloj kratkih vlakana, dok je unutar narednog parenhimskog sloja smešteno provodno tkivo koje spaja glavne snopiće šavova. Ispod parenhima nalazi se tanak sloj sklerenhimskih vlakana, odgovornih za pucanje mahuna (Carlson i Lersten, 1987). Navedeni autori iznose da se ćelije unutarnjeg sklerenhima, čija su vlakna orijentisana paralelno u odnosu na uzdužnu osu ćelija, tokom sušenja skraćuju više od ćelija gornjeg sklerenhimskog sloja, koji ima poprečnu orijentaciju vlakana, usled čega se mahuna uvrće oko uzdužne ose i puca po šavovima.

Poslednji sloj ravnih parenhimskih ćelija naziva se endokarp. Ovaj sloj, prema Krulu (1978, cit. po Yaklich i Cregan, 1981) reguliše vlažnost zrna u zreloj mahuni.

Seme

Seme soje je kod većine komercijalnih sorti ovalnog oblika, a može imati sve prelaze između okruglog pa do izduženog, gotovo ravnog zrna. Masa 1000 zrna se kreće od 20 g kod divlje soje pa do preko 500 g kod nekih sorti gajene soje. Komercijalne sorte najčešće imaju srednje krupno zrno, mase 1000 zrna 150 do 190 g (Hrustić, 1984; Relić, 1996; Miladinović, 1997).

Kao i kod većine leguminoza, seme soje ne sadrži endosperm i sastoji se od embriona obavijenog semenjačom. Zreli embrion čine dva krupna kotiledona, plumula, sa dva primarna lista koji zatvaraju primordijum pravog lista, epikotil, hipokotil i korenak.

Deo kojim je seme bilo pričvršćeno za mahunu zove se pupak ili hilum. Oblik, boja i veličina hiluma su sorte osobine. Oblik hiluma varira od linearnog do ovalnog, a boja može biti crna, smeđa, žuta, zelena, uključujući sve nijanse ovih boja i može se (ali ne mora) razlikovati od boje semenjače. Na jednom kraju hiluma nalazi se mali žljeb, halaza, a na drugom mikropila, mali kanal koji ostaje između vrhova integumena, kroz koji izbija klicin korenak. Razmena gasova između klice i spoljne sredine odvija se najviše kroz mikropilu, zbog kutinizacije zidova spoljnih slojeva ćelija epidermisa semenjače. Kod nekih sorti, prilikom odvajanja semena od mahune epidermalni sloj ćelija hiluma zaostaje na funikulusu, usled čega se uočava beo ožiljak koji ide sredinom hiluma (Dzikowski, 1936).

Semenjača je sastavljena iz tri dela: epidermisa, hipodermisa i unutrašnjeg parenhima. Može biti glatka ili naborana, sjajna ili bez sjaja, što je sortna karakteristika.

Epidermis je sastavljen od sloja ćelija po obliku sličnih palisadnim, sa zidovima kutinizovanim sa spoljne strane. Kod obojenih zrna, u ovom sloju su smešteni pigmenti, i to antocijani u vakuolama, hlorofil u plastidima i različiti proizvodi produkata razlaganja ovih pigmenta (Carlson i Lersten, 1987). Seme soje inače može biti žuto, zeleno, smeđe ili crno, uključujući sve nijanse i prelaze između ovih boja, a takođe može biti i dvobojno (Slika 2.11).

Slika 2.11

Zrna soje (foto: J. Miladinović)



Tully i sar. (1981) su ustanovili da zrno crne boje ima veću otpornost prema niskim temperaturama, što se objašnjava slabijom vodopropustljivošću pigmentisanog zrna. Ovo je u skladu sa rezultatima koje je dobio Dickson (1971) vršeci istraživanja na drugoj leguminozi – pasulju (*Phaseolus vulgaris*, L.).

Ispod epidermisa nalazi se hipodermis – sloj stubastih ćelija sa velikim intercelularnim prostorima, nastalim usled nejednake debljine ćelijskih zidova.

Tkivo unutrašnjeg parenhima sastavljeno je od 6 do 8 slojeva spljoštenih ćelija sa tankim zidovima. Ovo tkivo je uniformno kroz celu semenjaču, izuzev na hilumu gde se razlikuju tri sloja – spoljašnji, koji naleže na hipodermis i koji može sadržati pigmente, dajući hilumu intenzivniju boju; srednji, koji čine tanke, ravne ćelije i snopići spiralnih sudova koji se granaju oko hiluma i unutrašnji, uglavnom tipični parenhimski sloj (Dzikowski, 1936).

Kotiledoni čine najveći deo ukupne mase i volumena semena soje. Svaki kotiledon ima manje-više poluloptast oblik i prekriven je epidermisom. Stome su prisutne na obe strane kotiledona.

Na unutrašnjoj, ravnoj strani kotiledona, ćelije mezofila su zbijenije i grade dva do tri palisadna sloja, dok se na suprotnoj strani ovi slojevi ne uočavaju. Unutrašnjost kotiledona sastoji se od sunderastog parenhima čije su ćelije ispunjene aleuronskim zrnima i kapljicama ulja. Čitava unutrašnjost kotiledona prošarana je kristalima kalcijum oksalata.

Kotiledoni većine genotipova su žuti (Williams, 1950), ali mogu biti i zeleni i zajedno sa raznim kombinacijama pigmenta semenjače daju širok spektar boja sojinog zrna.

Plumula je duga oko 2 mm i ima dva naspramno postavljena prosta lista, svaki sa parom stipula na bazi. Klicino stabaoce čine epikotil i hipokotil, izgrađeni od epidermisa, kore i srži. Obično je dužine oko 5 mm, što zavisi od veličine semena. Završava se klicinim korenkom.

Hemijski sastav semena

Zrelo zrno soje obično sadrži oko 40% proteina, 20% ulja, 17% celuloze i hemiceluloze, 7% šećera, 5% vlakana i oko 6% pepela na bazi suve mase (Rubel i sar., 1972). Značaj soje u proizvodnji ljudske i stočne hrane proizilazi prvenstveno iz visokog sadržaja proteina i ulja u zrnu.

U zavisnosti od sorte i uslova uspevanja sadržaj proteina u zrnu varira od 30 do 53%, dok komercijalne sorte najčešće sadrže 39 do 42%. Rezervni proteini semena soje podeljeni su na osnovu sedimentacione konstante u tri velike grupe: 2S (α -konglicinin) koju pretežno čine inhibitori proteaza, 7S (β -konglicinin) i 11S (glicinin) (Clarke i Wiseman, 2000).

Proteini soje sadrže gotovo sve esencijalne aminokiseline i najbliži su proteinima životinjskog porekla. Od aminokiselina, u zrnu zastupljene su lizin (6 do 7%), histidin (3%), arginin (12 do 13%), treonin (4 do 5%), fenilalanin (5%), triptofan (2%), serin (5 do 6%), glutamin (20%), prolin (4 do 5%), glicin (4%), leucin (8%), tirozin (4%), alanin (5%), valin (4 do 5%), metionin (1%), cistin (1%), izoleucin (5%), i još oko 400 slobodnih aminokiselina (Lešćenko i sar., 1987)

Sadržaj ulja u zrnu varira u zavisnosti od sorte i uslova uspevanja od 12 do 24%, a u komercijalnim sortama obično se kreće od 19 do 22%. U sojinom ulju nalazi se oko 10% palmitinske (16:0), 3% stearinske (18:0), 20% oleinske (18:1), 55% linolne (18:2) i 7 do 8% linolenske (18:3) kiseline (Swern, 1972). Zbog posebno visokog sadržaja linolenske kiseline ulje soje nema tako povoljna tehnološka svojstva za humanu upotrebu kao suncokretovo ulje.

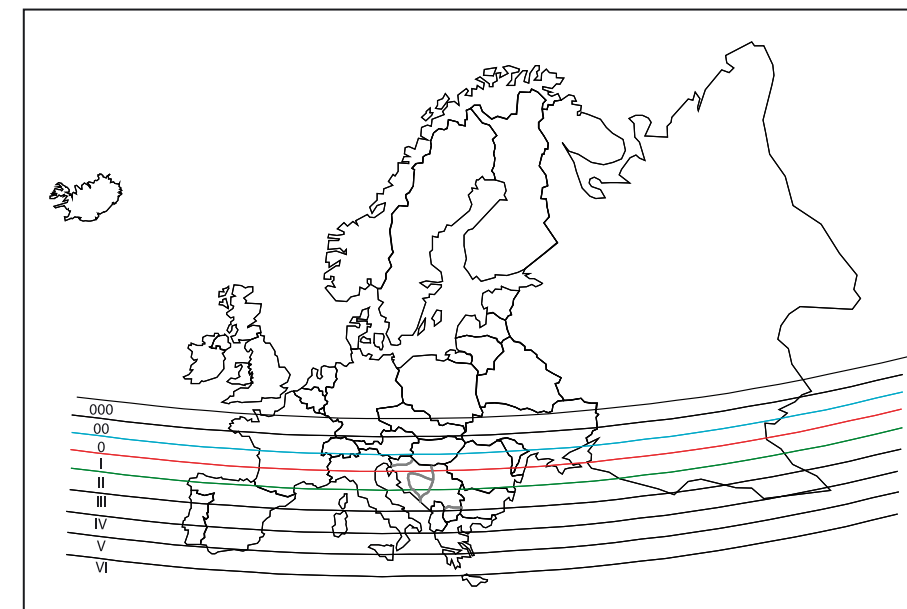
GRUPE ZRENJA

Biljka soje je fotoperiodski osetljiva, što znači da je prelazak iz vegetativnog u reproduktivni stadijum u direktnoj zavisnosti od dužine dana. Ova zavisnost uslovlila je podelu sorti soje u 13 grupa zrenja (Hartwig, 1973). Oznake za grupe zrenja su 000, 00, 0 i rimski brojevi od I do X. Sorte soje označene sa 000 adaptirane su na uslove dužeg dana, imaju dug kritični fotoperiod ili su fotoperiodski neosetljive i uspevaju na većim geografskim širinama, dok su sorte označene brojem X adaptirane na uslove kraćeg dana i uspevaju na manjim geografskim širinama (Criswell i Hume, 1972). Razlike između grupa zrenja uslovljene su fotoperiodskim zahtevima sorti i ukoliko se gaje na istoj geografskoj širini, razlike u sazrevanju kreću se u proseku od 10 do 18 dana. Kritični fotoperiod progresivno opada od većih ka manjim geografskim širinama. Zahtevi prema fotoperiodu, tako, ograničavaju rasprostranjenost sorti na uzak pojas geografske širine za koju je određena sorta adaptirana (oko 200 km, Scott i Aldrich, 1983). Gajena na većoj geografskoj širini u odnosu na područje gde je adaptirana, ona će cvetati i sazrevati kasnije ili čak neće dostići punu zrelost do pojave prvog mraza. Gajena na manjoj geografskoj širini u odnosu na to područje cvetaće ranije, imati manju vegetativnu masu, sazreti ranije, a samim tim doći će i do smanjenja prinosa.

Za svako područje gajenja soje postoji jedna "optimalna" grupa zrenja; sorte iz prethodne grupe su rane, a iz naredne grupe kasne za dato područje. U našim uslovima sorte I grupe zrenja predstavljaju osnovu sortimenta, sorte iz grupe zrenja 0 su rane, a iz II grupe zrenja su kasne (Slika 2.12). Pri agroekološkim uslovima uobičajenim za naše područje i pri optimalnom roku setve polovinom aprila meseca (Rajičić, 1987), dužina vegetacije (nicanje – zrenje) za sorte I grupe iznosi 120 do 135 dana. Sorte iz grupe zrenja 0 svoju vegetaciju završe za 110 do 120 dok je sortama iz II grupe zrenja za punu vegetaciju potrebno 135 do 145 dana. Zbog stresnih uslova (neuobičajeno visoke ili niske temperature, dug period suše i sl.), odnosno interakcije sorta x sredina (Jocković i sar., 1994; Miladinović, 1997) period vegetacije može biti kraći ili duži od navedenog.

Slika 2.12

Grupe zrenja sorti soje koje se gaje u Evropi (J. Miladinović)



Faze razvoja i razvića

Razvoj soje je kontinualni proces koji započinje klijanjem semena, a završava se kad je seme zrelo i soja spremna za žetvu. Razvoj biljke tokom vegetacije može se podeliti na dve faze – vegetativnu i reproduktivnu, koje se opet mogu podeliti na više fenofaza. Bilo je više ovakvih podela u sovjetskoj i američkoj literaturi, međutim, danas je prihvaćena podela koju su dali Fehr i Caviness (1977) i njihove slovno – brojčane oznake.

Svrha opisa razvojnih faza

U zavisnosti od sorte, grupe zrenja, roka setve, uslova uspevanja, kao i primenjene agrotehnike, razvoj biljke se može usporiti ili ubrzati. Ovo otežava komunikaciju između stručnjaka, predstavnika agroindustrije i širokog kruga proizvođača ako ne postoji jedinstvena terminologija. Ako, na primer, proizvođač herbicida preporučuje da se sredstvo primeni kada biljka dostigne razvojni stadijum 6 listova, a prilikom primene se ne zna koji listovi ulaze u identifikaciju tog stadijuma, sredstvo će se najverovatnije upotrebiti nepravilno (Fehr i Caviness, 1977). Ovde opisane faze razvoja mogu se primeniti na bilo koju sortu na bilo kom području i to za pojedinačnu biljku ili za čitavu parcelu. Preciznost i objektivnost opisa omogućavaju da razlike među stručnjacima koji identifikuju pojedine faze budu minimalne, što je i razlog da ova podela bude široko prihvaćena i kod nas.

Za identifikaciju stadijuma vegetativnog (V) i reproduktivnog (R) razvoja upotrebljeni su odvojeni opisi, pa razlike u odnosu između ove dve faze kod različitih tipova rasta ne utiču na postupak određivanja stadijuma.

Vegetativni rast

Vegetativni razvoj soje započinje iznošenjem kotiledona na površinu zemljišta, odnosno nicanjem i ovaj stadijum se označava sa VE, gde V označava vegetativnu fazu, a E nicanje (emergency). Razvoj soje zavisi od temperature, dužine dana, sorte i drugih faktora, što znači da se mogu javiti znatne razlike u broju dana potrebnih biljci da pređe u naredni stadijum. Glavni faktor koji utiče na vegetativni razvoj je temperatura. Niske temperature usporavaju, a visoke ubrzavaju klijanje semena i razvoj listova. Tako, u zavisnosti od temperature, broj dana od setve do nicanja (VE) može varirati od 5 do 15.

Ubrzo nakon nicanja (3 do 10 dana), iznad kotiledona se razvija prvi par prostih listova. Kada su prosti listovi razmotani (rubovi liski se ne dodiruju), biljka je u stadijumu VC, ili stadijumu kotiledona (cotyledones).

Za dalje određivanje vegetativnih stadijuma, u obzir se uzimaju nodije koje imaju potpun razvoj lista. List se smatra razvijenim (nodija se broji) kada se list na gornjoj nodiji odmotao dovoljno da se rubovi liski ne dodiruju. Prva nodija koja se broji je nodija prostih listova. Kad se liske prvog pravog lista (koji se formira na nodiji iznad prostih listova) odmotaju, biljka je u stadijumu V1. Od stadijuma VC do V1 u zavisnosti od uslova spoljašnje sredine protekne od 3 do 10 dana. Dalje se vegetativni stadijumi razvoja označavaju kombinacijom slova V i brojem (1, 2, 3, ..., n) koji označava nodije koje imaju potpun razvoj lista. Za prelazak biljke u naredni stadijum, od V2 nadalje, obično je potrebno 3 do 8 dana.

Sorte koje se kod nas gaje imaju indeterminantni tip rasta stabla, što znači da vegetativna faza razvoja teče do kraja vegetacije. Od pojave prvog cveta, vegetativni i reproduktivni razvoj biljke teku paralelno. Prvi cvet se, u zavisnosti od grupe zrenja i uslova spoljašnje sredine, pojavljuje u fazi V4 do V6.

Treba istaći da se broje samo nodije na stablu, dok se one na granama ne uzimaju u obzir.

Reproduktivni razvoj

Reproduktivni stadijumi obuhvata cvetanje, razvoju mahuna i zrna i dozrevanju biljke. Označavaju se slovom R (reproductive) i brojem.

Kao i kod vegetativnih, za određivanje reproduktivnih stadijuma koristi se samo stablo, jer ako je ono slomljeno ili oštećeno, reproduktivni razvoj na novim granama

kasni, te se grane ne uzimaju u obzir. Na broj dana potrebnih biljci za prelazak u naredni reproduktivni stadijum utiču isti faktori kao i kod vegetativnih. Visoke temperature i kratki dani ubrzavaju, dok niske temperature i dugi dani usporavaju reproduktivni razvoj.

Jedan otvoren cvet na bilo kojoj nodiji stabla predstavlja početak cvetanja, što se označava sa R1. Kod determinantnih tipova R1 i R2 se po pravilu javljaju istovremeno, dok je vremenski razmak između R1 i R2 kod indeterminantnih tipova oko 3 dana. Kao puno cvetanje (stadijum R2) uzima se jedan otvoren cvet na jednoj od dve najviše nodije s potpuno razvijenim listovima. Stadijum punog cvetanja može trajati od 5 do 15 dana.

Biljka je u stadijumu R3 (početak formiranja mahuna) kada formira mahunu dužine 5 mm na jednoj od 4 nodije s potpuno razvijenim listovima. Kao i prethodni i ovaj stadijum može trajati od 5 do 15 dana.

Mahuna dužine 2 cm na jednoj od 4 nodije s potpuno razvijenim listovima predstavlja pun razvoj mahuna i označava se sa R4. U zavisnosti od vremenskih uslova i grupe zrenja, ovaj stadijum traje od 4 do 16 dana.

Početak formiranja zrna označava se sa R5, i to kada se u mahuni na jednoj od 4 najviše nodije s potpuno razvijenim listovima formira zrno dužine 3 mm. Kada mahuna na jednoj od ovih nodija sadrži zeleno seme koje potpuno ispunjava šupljinu mahune, biljka se nalazi u stadijumu R6. Trajanje ova dva razvojna stadijuma je u najvećoj meri uslovljeno količinom vode koja stoji na raspolaganju biljci. Biljka se u stadijumu R5 nalazi od 7 do 21, a u R6 od 9 do 30 dana.

Kada jedna normalna mahuna dostigne boju zrelosti, biljka se nalazi u stadijumu R7, početak zrenja, i ovaj stadijum obično traje 7 do 18 dana.

Kada 95% mahuna dostigne boju zrelosti, biljka je u stadijumu punog zrenja (R8). Zrno sadrži 15% vlage i potrebno je još par dana suvog vremena za postizanje zrelosti pogodne za kombajniranje.

Opisi vegetativnih i reproduktivnih stadijuma predstavljaju razvoj pojedinačnih biljaka. Uzima se da je prosečni stadijum useva onaj u kome se nalazi više od 50% biljaka.

IZVOD

Soja je uspravna, jednogodišnja biljka sa stablom obraslim dlačicama koje u zavisnosti od uslova uspevanja dostiže visinu od 30 do 130 cm. Korenov sistem soje je difuzan, sa glavnim korenom koji se najčešće ne može razdvojiti od bočnih korenova.

Za korenov sistem karakteristične su korenske kvržice koje nastaju kao rezultat simbiotskog odnosa biljke sa bakterijama azotofiksatorima iz roda *Bradyrhizobium*. Soja ima trojno složen list, a cvet je dvopolan, tipično leptiraste građe, ljubičaste ili bele boje. Plod je mahuna, koja u zavisnosti od uslova uspevanja sadrži 1 do 5 zrna. Najvažnije komponente sastava zrna soje zbog kojih se ova biljka i gaji jesu proteini (oko 40%) i ulja (oko 20%). Zbog osetljivosti prema fotoperiodu, sorte soje podeljene su u 13 grupa zrenja, od 000 koje se gaje na većim geografskim širinama do X na manjim. Razvoj biljke tokom vegetacije može se podeliti na dve faze – vegetativnu (V) i reproduktivnu (R), koje se opet mogu podeliti na više fenofaza koje se označavaju brojem.

LITERATURA

Bergersen, F.J. (1963): Iron in the developing soybean nodule. *Aust. J. Biol. Sci.* 16: 916-919.

Bernard, R.L. i Singh, B.B. (1969): Inheritance of pubescence type in soybeans: Glabrous, curly, dense, sparse and puberulent. *Crop Sci.* 9: 192-197.

Bernard, R.L. i Weiss, M.G. (1973): Qualitative genetics. In Caldwell B.E. (ed.) *Soybeans: Improvement, Production and Uses*, Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 117-154.

Carlson, J.B. (1969): Estimating surface area of soybean root system. *J. Minn. Acad. Sci.* 36: 16-19.

Carlson, J.B. (1973): Morphology. In Caldwell, B.E. (ed.) *Soybeans: improvement, production and uses*. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 17-96.

Carlson, J.B. i Lersten, N.R. (1987): Reproductive Morphology. In Wilcox, J.R. (ed.) *Soybeans: improvement, production and uses*. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed. 95-134.

Ciha, A.J. i Brun, W.A. (1975): Stomatal size and frequency in soybeans. *Crop Sci.* 15: 309-313.

Clarke, E.J. i Wiseman J. (2000): Developments in plant breeding for improved nutritional quality of soya beans I. Protein and amino acid content. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 134: 111-124.

Criswell, J.G. i Hume, D.J. (1972): Variation in sensitivity to photoperiod among early maturing soybean strains. *Crop Sci.* 12: 657-660.

Cumbe, B.G. (1960): Anatomical studies in the Leguminosae. *Trop. Woods* 113: 1-47.

Dickson, M.H. (1971): Breeding beans, *Phaseolus vulgaris* L., for improved germina-

tion under unfavorable low temperature conditions. *Crop Sci.* 11: 848-850.

Dzikowski, B. (1936): Studia nad soja *Glycine hispida* (Moench) Maxim Cz. 1. Morfologia. *Pamiętnik Państwowego Instytutu Naukowego Gospodarstwa Wiejskiego w Pulawach*. Tom XVI. zeszyt 2. *Rozprawa Nr. 253*: Oh 69-100.

Dzikowski, B. (1937): Studia nad soja *Glycine hispida* (Moench) Maxim Cz. 1. Anatomia. *Mem. Inst. Natl. Pol. Econ. Rurale* 258: 229-265.

Ehleringer, J.R., Björkman, O. i Mooney, H.A. (1976): Leaf pubescence: Effects on absorptance and photosynthesis in a desert shrub. *Science (Washington, DC)* 192: 376-377.

Ehleringer, J.R. i Mooney, H.A. (1978): Leaf hairs: Effects on physiological activity and adaptive value to a desert shrub. *Oecologia* 37: 183-200.

Fehr, W.R. i Caviness, C.E. (1977): Stages of soybean development. *Iowa Agric. and Home Econ. Exp. Stn. Spec. Rep.* 80.

Flores, E.M. i Espinoza, A.M. (1977): Epidermis foliar de *Glycine soja* Sieb. y Zucc. *Rev. Biol. Trop.* 25: 263-273.

Frank, S.J. i Fehr, W.R. (1981): Associations among pod dimensions and seed weight in soybeans. *Crop Sci.*, 21: 547-550.

Gausman, H.W. i Cardenas, R. (1973): Light reflectance by leaflets of pubescent, normal and glabrous soybean lines. *Agron. J.* 75: 973-977.

Ghorashy, S.R., Pendleton, J.W., Bernard, R.L. i Bauer, M.E. (1971): Effect of leaf pubescence on transpiration, photosynthetic rate and seed yield of three near - isogenic lines of soybeans. *Crop Sci.* 11: 426-427.

Gibson, A.H. i Harper, J.E. (1985): Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*. *Crop Sci.* 25: 497-501.

Grubinger, V., Zobel, R., Vendeland, J. i Cortes, P. (1982): Nodule distribution on roots of field - grown soybeans in subsurface soil horizons. *Crop Sci.* 22: 153-155.

Harper, J.E. (1987): Nitrogen metabolism. In Wilcox, J.R. (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses*. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 497-533.

Hartwig, E.E. (1973): Varietal development. In B.E. Caldwell (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses*. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison WI, 187-207

Heindl, J.C. i Brun, W.A. (1984): Patterns of reproductive abscission, seed yield, and yield components in soybean. *Crop Sci.* 24: 542-546.

Hrustić, Milica (1984): Nasleđivanje sadržaja proteina i ulja u odnosu na komponente prinosa soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Huck, M.G. i Davis, J.M. (1976): Water requirements and root growth. In Hill, L.D. (ed.) *World soybean research: Proc. of the World Soybean Res. Conf. Interstate Printers and Publishers, Danville, IL*, 16-27.

Jocković, Đ., Vidić, M. i Hrutić, Milica (1994): Soja: interakcija sorta/sredina. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 22, 203-209.

Johnson, H.W. i Hollowell, E.A. (1935): Pubescent and glabrous characters of soybeans as related to resistance to injury by the potato leaf hopper. *J. Agric. Res.* 51: 371-381.

Kaspar, T.C., Stanley, C.D. i Taylor, H.M. (1978): Soybean root growth during the reproductive stages of development. *Agron. J.* 70: 1105-1107.

Kaspar, T.C., Woolley, D.G. i Taylor, H.M. (1981): Temperature effect on the inclination of lateral roots of soybeans. *Agron. J.* 73: 383-385.

Kaspar, T.C. (1985): Growth and development of soybean root systems. In Shibles, R. (ed.) *World soybean research conference III: Proceedings*, Westview Press, Boulder, CO., 841-847.

Lersten, N.R. i Carlson, J.B. (1987): Vegetative morphology. In Wilcox, J.R. (ed.) *Soybeans: improvement, production and uses*. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 49-94.

Leščenko, A.K., Sičkarä V.I., Mihaölov, V.G. i Maräčskin, V.F. (1987): Соя (genetika, selekciä, semenovodstvo). Akademiä Nauk Ukrainskoö SSR, Kiev.

Lin, M. i Nelson, R. (1988): Relationship between plant height and flowering date in determinate soybeans. *Crop Sci.* 28:27-30.

Levin, D.A. (1973): The role of trichomes in plant defence. *Q. Rev. Biol.* 48: 3-15.

Lugg, D.G. i Sinclair, T.R. (1980): Seasonal changes in morphology and anatomy of field - grown soybean leaves. *Crop Sci.* 20: 191-196.

Mason, W.K., Taylor, H.M., Bennie, A.T.P., Rowse, H.R., Reicosky, D.C., Jung, Y., Righes, A.A., Yang, R.L., Kaspar, T.C. i Stone, J.A. (1980): Soybean row spacing and soil water supply: Their effect on growth, development, water relations, and mineral uptake. *Adv. Agric. Technol. AAT-NC-5. Agric. Res.*, North Central Region, SEA, USDA, Peoria, IL.

Mayaki, W.C., Teare, I.D. i Stone, L.R. (1976): Top and root growth of irrigated and nonirrigated soybeans, *Crop sci.* 16:92-94.

Miladinović, J., Hrutić, Milica, Rajičić, M., Vidić, M. i Tatić, M. (1996): Žetveni gubici soje u zavisnosti od visine najniže mahune. Zbornik radova 30. Seminara agronoma, Institut za ratarstvo i povrtarstvo. 25:193 - 198.

Miladinović, J. (1997): Komponente fenotipske varijabilnosti za fotoperiodizam soje. Magistarski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Mitchell, R.L. i Russell, W.J. (1971): Root development and rooting patterns of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) evaluated under field conditions, *Agron. J.* 63: 313-316.

Nielsen, D.C., Blad, B.L., Verma, S.B., Rosenberg, N.J. i Specht, J.E. (1984): Influence of soybean pubescence type on radiation balance. *Agron. J.* 76: 924-929.

Rajičić, M. (1987): Uticaj vremena i gustine setve na kvantitativne osobine i prinose soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Relić, S. (1996): Variranje komponenata prinosa u zavisnosti od genotipova i gustina sklopa i njihov uticaj na prinos soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Rolfe, B.G. i Gresshoff, P.M. (1988): Genetic analysis of legume nodule initiation. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 297-319.

Rubel, A., Rinne, R.W. i Canvin, D.T. (1972): Protein, oil, and fatty acid in developing soybean seeds. *Crop Sci.* 12: 739-741.

Sanders, J.L. i Brown, D.A. (1976): Effects of variations in the shoot : root ratio upon the chemical composition and growth in soybeans, *Agron. J.* 68: 713-716.

Sanders, J.L. i Brown, D.A. (1979): Measurement of rooting patterns for determinate and indeterminate soybean genotypes with a fiber-optic scope. In Harley, J.L. and Russell, R.S. (eds.) *The soil-root interface*. Academic Press, London, 369-379.

Schori, A.N., Uehlinger, S. i Fossati, A. (1988): Selection du soja en Suisse. *Revue Suisse Agric.* 20 (4): 211-218.

Scott, W. O. i Aldrich, S. R. (1983): *Modern soybean production*. S & A Publications, Inc. Illinois, USA.

Sharma, K.P., Dybing, C.D. i Lay, C. (1990): Soybean flower abortion: Genetics and impact of selection on seed yield. *Crop Sci.* 30: 1017-1022.

Singh, B.B., Hadley, H.H. i Bernard, R.L. (1971): Morphology of pubescence in soybeans and its relationship to plant vigor. *Crop Sci.* 11: 13-16.

Sivakumar, M.V.K., Taylor, H.M. i Shaw, R.H. (1977): Top and root relations of field - grown soybeans, *Agron. J.* 69: 470-473.

Stone, J.A. i Taylor, H.M. (1983): Temperature and development of the taproot and lateral roots of four indeterminate soybean cultivars. *Agron. J.* 75: 613-618.

Swern, D. (1972): Industrijski proizvodi ulja i masti po Baileyju. Nakladni zavod znanje, Zagreb.

Tanaka, N. (1977): Studies on the growth of root systems in leguminous crops. *Agric. Bull. Saga Univ. (Japan)* 43: 1-82.

Tully, R.E., Musgrave, M.E. i Leopold, C.A. (1981): The seed coat as a control of imbibitional chilling injury. *Crop Sci.* 28: 312-317.

Van Schaik, P.H. i Probst, A.H. (1958): The inheritance of inflorescence type, peduncle length, flowers per node and percent flower shedding in soybeans. *Agron. J.* 50: 98-102.

Vratarić, Marija (1986): *Proizvodnja soje*. NIRO Zadrugar, Sarajevo.

Weigand, K.M. (1910): The relation of hairy and cutinized coverings to transpiration. *Bot. Gaz.* 49: 430-444.

Wiebold, W.J., Ashley, D.A. i Boerma, H.R. (1981): Reproductive abscission levels and patterns for eleven determinate soybean cultivars. *Agron. J.* 73: 43-46.

Wiebold, W.J. i Panciera, M.T. (1990): Vasculature of soybean racemes with altered intraraceme competition. *Crop Sci.* 30: 1089-1093.

Williams, L.F. (1950): Structure and genetic characteristics of the soybean. In Markley, K.S. (ed.) *Soybean and soybean products*. Interscience Publishers, New York, 111-134.

Woolley, J.T. (1964): Water relations of soybean leaf hairs. *Agron. J.* 56: 569-571.

Yaklich, R.W. i Cregan, P.B. (1981): Moisture migration into soybean pods. *Crop Sci.* 21: 791-793.

Zobel, R.W. (1980): Rhizogenetics in soybeans. In Corbin, F.T. (ed.) *World soybean research conference II: Proceedings*, Westview Press, Boulder, CO., 73-87.

GENETIKA SOJE

Reid G. Palmer, Randy C. Shoemaker

This is a joint contribution of the USDA ARS CICGR and the Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station, Ames, Iowa 50011 U.S.A., Project 3769

Genetika soje obuhvata sve aspekte genetike u okviru roda *Glycine*. Skorašnji pregledi genetike soje uključuju sledeću literaturu: *Speciation and cytogenetics* (Hymowitz, 2004), *Qualitative genetics* (Palmer i sar., 2004), *Soybean genomics* (Shoemaker i sar., 2004), *Genetic improvement: Conventional and molecular-based strategies* (Orf i sar., 2004), i *Soybean: genetics and breeding* (Palmer i Hymowitz, 2004). U ovom poglavlju sumirane su postojeće i istaknute nove informacije u oblasti genetike soje sa posebnim osvrtom na podatke publikovane od prvog izdanja (1998) ove knjige.

Germplazma

Velike kolekcije germplazme roda *Glycine* postoje u Australiji, Brazilu, Kini, Nemačkoj, Indiji, Indoneziji, Japanu, Rusiji, Republici Koreji, Tajvanu, Ukrajini i Sjedinjenim Državama. Manje, ali važne kolekcije postoje u celoj Aziji i Evropi. *Glycine max* kolekcije prikazane su u Tabeli 3.1, jednogodišnje *G. soja* kolekcije u Tabeli 3.2, a višegodišnje *Glycine* kolekcije u Tabeli 3.3.

Unutar roda *Glycine* podroda *Glycine*, postoje 22 priznate divlje višegodišnje vrste, a unutar podroda *Soja* postoje dve jednogodišnje vrste (Tabela 3.4). Višegodišnje vrste razlikuju se morfološki, citološki i genomski i većinom su endemske u Australiji (Tabela 3.4).

Svetska kolekcija danas sadrži više od 165.000 kolekcionih brojeva *G. max*, više od 10.000 kolekcionih brojeva *G. soja*, i više od 4.000 višegodišnjih *Glycine* kolekcionih brojeva. USDA kolekcija germplazme (Kurator – Dr. R. L. Nelson, USDA ARS, National Soybean Research Laboratory, Urbana, Illinois 61801 USA) sadrži više od 16.000 kolekcionih brojeva *G. max* (Tabela 3.5, broj kolekcionih brojeva po grupama zrenja; Tabela 3.6, broj kolekcionih brojeva prema poreklu), više od 1100 kolekcionih brojeva *G. soja*, i više od 900 kolekcionih brojeva višegodišnjih *Glycine*. Svi uzorci

jednogodišnjih vrsta u USDA kolekciji germplazme soje su svrstani u određenu grupu zrenja koja ukazuje na područje za koje je uzorak adaptiran. Postoji 13 grupa zrenja: 000, 00, 0, i rimski brojevi od I do X (Tabela 3.5). Grupa zrenja 000 je adaptirana na veće geografske širine, generalno veće od 50°, dok je grupa zrenja X adaptirana na veoma male geografske širine, generalno manje od 10°.

USDA genetska kolekcija germplazme sastavljena je od Kolekcije tipova, Kolekcije izolacija, kao i germplazme registrovane pri Crop Science Society of America. Namena Kolekcije tipova je da očuva mutacije i varijacije koje nisu prisutne ni u jednom drugom uzorku germplazme. Najčešće fenotipske klase predstavljene su mutacijama hlorofila, sterilnosti, pigmenta zrna, oblika liske i mutacijama masnih kiselina u zrnu. Kolekcija izolacija sadrži više od 500 izogenih linija stvorenih od 11 rekurentnih roditelja i uključuje više od 80 gena. Najčešći rekurentni roditelji su sorte Clark, Harosoy i Williams. U poslednje vreme Genetska kolekcija čuva svu germplazmu registrovanu u *Crop Science*. Kolekcija tipova i Kolekcija izolacija objavljene su u poglavlju *Soybean Monograph Qualitative Genetics* (Palmer i sar., 2004) i neredovno u *Soybean Genetics Newsletter* koji je ustanovljen 1974. godine kao sredstvo komunikacije na međunarodnom nivou o temama u vezi genetike i oplemenjivanja soje i neposrednih srodnika. Izdavač se može kontaktirati elektronskom poštom na soygenetics@missouri.edu.

Soybean Genetics Committee osnovan je 1955. godine, sa sledećim zadacima: (i) da održava kolekciju genetskih tipova; (ii) da ustanovi pokazatelje i pravila za označavanje simbola gena i izvođenje molekularnih proba otkrivenih lokusa; i (iii) da vrši recenziju radova iz oblasti kvalitativne genetike i simbola gena u rodu *Glycine*. Za dodatne informacije posetite <http://www.soygenetics.org/rules.htm>.

Kvalitativna genetika

Sažeta tabela kvalitativnih svojstava sa simbolima gena, opisom fenotipa, izvorom mutacija i literaturom, data je u poglavlju *Soybean Monograph Qualitative Genetics* (Palmer i sar., 2004). Lista simbola gena sa fenotipom i literaturom odobrenom od strane Komiteta za genetiku soje, prikazana je u tabelama 3.7 do 3.18 u ovom poglavlju. Ovi podaci pokazuju da je od 1998. godine naglasak u genetici soje bio na otpornosti prema bolestima, komponentama zrna (posebno masnim kiselinama), izoenzimima i proteinima.

Lokusi koji utiču na boju zrna su od velikog značaja za semenare, oplemenjivače i tehnologiju semena. Na boju zrna utiče pet lokusa sa kvalitativnim svojstvima. Geni koji kontrolišu boju hiluma i semenjače prikazani su u tabeli 3.19. Prikaz uticaja ovih lokusa na boju zrna dat je u tabeli 3.20.

Tradicionalna (klasična) mapa vezanih gena

Očekivalo se da soja ima 20 vezanih grupa ($2n = 2x = 40$ hromozoma); 20 vezanih grupa je i identifikovano. Nekoliko vezanih grupa imaju svega dva lokusa, dok dve vezane grupe imaju devet lokusa.

Zbog toga što mnoge vezane grupe imaju svega dva ili tri lokusa, dve ili više vezanih grupa mogu, u stvari, biti ista vezana grupa. Istraživanja sa primarnim trisomicima koriste se povezivanje vezanih grupa sa očekivanim hromozomima.

Inverzije do danas nisu korišćene u istraživanjima vezanih grupa kod soje. Hromozomske translokacije korišćene su za određivanje redosleda gena za mutante vezanih grupa 6 i 8 (Mahama i Palmer, 2003).

Tradicionalna (klasična) genetska mapa prikazana je u grafikonu 3.1.

Genom soje

Genom soje sadrži približno od $1,29 \times 10^9$ bp (Gurley i sar., 1979) do $1,81 \times 10^9$ bp (Goldberg, 1978) za 1 n DNK, sa približno 40-60% ponovljivih sekvenci (Gurley i sar., 1979; Goldberg, 1978). Renaturaciona kinetička istraživanja ukazuju da je 65 do 70% neponovljivih sekvenci prošarano kraćim neponovljivim sekvencama 1,1 – 1,4 kb sa ponovljivim sekvencama od 0,3-0,4 kb (Gurley i sar., 1979). Citogenetske analize pahitena hromozoma pokazale su da je preko 35% genoma soje sačinjeno od heterohromatina. Kraći kraci šest od 20 bivalenata su potpuno heterohromatični (Singh i Hymowitz, 1988). Visok procenat DNK soje, što važi za većinu biljaka, je modifikovan metilacijom citozinske osnove.

Skorašnje FISH (Fluorescentna In Situ Hibridizacija) analize donele su više informacija o sastavu genoma. U skladu sa ranijim renaturacionim kinetičkim istraživanjima, dokazano je da su euhromatin i heterohromatin relativno dobro odvojeni jedan od drugog (Lin i sar., 2005). Relativna distribucija heterohromatina prema euhromatinu je veoma važna u studijama genoma jer definiše 'prostor gena'. Mudge i sar. (2004) koristili su Poasonovu distribuciju BAC-ova identifikovanih RFLP probama iz izvora od preko 100.000 BAC klonova za ocenu da geni soje mogu biti ograničeni na svega 24% ukupnog genoma. Ova ocena bila je moguća jer su RFLP probe korišćene u konstrukciji prve molekularne genetske mape soje izvedene korišćenjem restriktivnih enzima, i stoga verovatno predstavljaju gene (Keim i sar., 1988).

Komparativno mapiranje

Proučavanje komparativnog mapiranja leguminoza sprovedli su Boutin i sar. (1995). U ovom istraživanju poređene su RFLP mape mango pasulja (*Vigna radiata*,

$2n=22$), pasulja (*Phaseolus vulgaris*, $2n=22$), i soje (*Glycine max*, $2n=40$). Genomi mango pasulja i pasulja bili su sastavljeni prvenstveno od očuvanih vezanih blokova. Međutim, upoređenjem soje i mango i običnog pasulja, očuvani su bili samo kratki i rasuti vezani blokovi (Boutin i sar., 1995). Grant i sar. (2000) pokazali su da se određena sintenija može odrediti između soje i biljke modela *Arabidopsis*, iako je sintenija ograničena između ove dve evolutivno udaljene vrste. Ipak, kada je *Arabidopsis* korišćen kao prelazna vrsta, otkriveno je da homologni segmenti hromozoma soje pokazuju viši nivo sintenije sa hromozomima pasulja i mango pasulja nego što se mislilo (Lee i sar., 2001).

Sekvenciranje genoma vrste *Medicago truncatula*, ozime leguminoze, dovelo je do većeg broja radova iz oblasti komparativnog mapiranja leguminoza. Detaljnija analiza makrosintenije u leguminozama obavljena je korišćenjem uobičajenog seta ortolognih markera. Ovi markeri mapirani su u *M. truncatula*, *M. sativa*, *Pisum sativum* i *Vigna radiata* (Choi i sar., 2004a; 2004b). Šezdeset dodatnih molekularnih markera za markiranje RFLP markera *Glycine max*, zasnovanih na homologiji, mapirani su potom u *M. truncatula*. Kako se i očekivalo, stepen sintenije bio je u korelaciji sa filogenetskom distancom između vrsta (Choi i sar., 2004a). Dvadeset i tri od 60 mapiranih markera identifikuju 11 sintenskih blokova između *M. truncatula* i soje. Čini se da je sintenija ograničena samo na male genetske intervale. Smatra se da duplikacija (poliploidizacija) praćena gubitkom gena i prerasporedom segmenata (diploidizacija) otežava identifikaciju dužih serija sinteničkih hromozomskih segmenata između soje i bliskih leguminoza (Zhu i sar., 2004).

Identifikovan je i umeren nivo mikrosintenije između rodova *Medicago* i *Glycine*. Korišćenjem hibridizacije sa BAC klonovima, dokazano je da otprilike 54% kontiga soje poseduje određeni nivo mikrosintenije sa *M. truncatula* (Yan i sar., 2003). Analiza regiona oko mogućih ortolognih apiraza gena između rodova *Medicago* i *Glycine* ukazuje na bar 6 zajedničkih gena od preko 70 kb (Cannon i sar., 2003). Slično tome, okruživanjem *rgh1* lokusa soje i pretpostavljenog ortolognog regiona *Medicago*, ukupno 14 od 29 gena identifikovanih ili u *Medicago* ili u soji bili su zajednički za oba genoma (Choi i sar., 2004b). Iznenađujuće je da su određeni regioni između *Glycine* i *Arabidopsis* hipersintenički, sa velikim brojem zajedničkih gena, na širokom pojasu regiona (Mudge i sar., 2005). No, većina ovih tipova analize mikrosintenije rađena je poređenjem ograničenog broja specifičnih regiona. Stoga je teško izvući zaključke na globalnom nivou, jer je mikrostruktura genoma veoma dinamična, i stepen očuvanja varira u zavisnosti od dela genoma.

Duplikacija genoma i prostor gena

Poliploidizacija rezultira duplikacijom celog genoma, ali može se pojaviti i duplikacija samo hromozomskog regiona ili segmenta. I poliploidizacija i regionalna ili segmentalna duplikacija rezultira paralognim delovima hromozoma (delovi hromozoma koji nakon duplikacije sadrže homologni lokus).

Otkriće i analiza paralognih genomskih regiona u diploidizirajućem tetraploidu može pružiti obilje informacija o divergentnosti sekvenci i strukturalnoj reorganizaciji povezanoj sa evolutivnom dinamikom tetraploidnog genoma.

Genetski dokazi (Buttery i Buzzell, 1975; Palmer i Kilen, 1987), evolutivne studije i analiza haploidnog genoma ukazuju da je soja drevni tetraploid (Hadley i Hymowitz, 1973). Ova hipoteza podržana je prisustvom mnogih primera dupliranih kvalitativnih gena (Palmer i Kilen, 1987) i otkrićem da više od 90% slučajnih genomskih fragmenata koji se koriste kao probe u konstrukciji RFLP mapa otkriva dva ili više fragmenata (Shoemaker i sar., 1996).

Prethodna istraživanja pokazala su da bi se u okviru multigenskih familija soje (aktini, leghemoglobini i rezervni proteini zrna) mogli identifikovati parovi srodnijih gena (Grandbastien i sar., 1986; Lee i Verma, 1984; Nielsen i sar., 1989). Neki predstavnici genskih parova mogu pokazati značajnu očuvanost bočnih sekvenci (Grandbastien i sar., 1986; Lee i Verma, 1984; Nielsen i sar., 1989). Nepublikovani podaci sekvenciranja iz BAC paralognih regiona pokazuju da očuvanost sekvenci naglo opada izvan regiona kodiranja gena (Schlueter, Sheffler i Shoemaker, neobjavljeni podaci).

Pridruživanje RFLP fragmenata mapiranim lokusima i brojanje bandova u eksperimentima sa multiplim enzimima, ukazuje da više od 90% neponovljivih sekvenci soje može biti prisutno u dve ili više kopija (Shoemaker i sar., 1996). Opažanje da približno 60% RFLP proba otkriva tri ili više fragmenata, i time, verovatno, tri ili više lokusa u soji, ukazuje da ovako visok nivo duplikacije nije samo posledica boljeg očuvanja dupliciranih lokusa iz naslednih genoma, već da je veći deo genoma, pored prvobitne tetraploidizacije, bio izložen i dupliciranju.

Rano RFLP mapiranje genoma soje otkrilo je kolinearne duplicirane lokuse i ukazalo na to da su detektovani duplicirani i paralogni regioni genoma (Keim i sar., 1992). No, u to vreme otkriven je samo jedan ekstenzivni paralogni region i to za samo nekoliko dupliciranih lokusa. Opšteprihvaćeni homeogni hromozomalni regioni danas su jasno određeni genetskim mapiranjem (Shoemaker i sar., 1996; Lee i sar., 1999; Lee i sar., 2001). Nedavno je FISH analiza omogućila vizualizaciju duplikacije genoma na nivou hromozoma. Pagel i sar. (2004) koristili su BAC klonove koji su bili genetski oslonjeni na krajeve molekularne vezane grupe E da bi identifikovali odgovarajuće duplicirane regione na dva različita hromozoma.

Mnoge vezane grupe sadrže duplicirane lokuse iz mnogih drugih vezanih grupa. Ovi rezultati ukazuju na to da je genom soje prošao kroz intenzivnu preraspodelu i reorganizaciju nakon tetraploidizacije, te da verovatno nije sačuvao značajne kolinearne paralogne regione koji se mogu naći u drugim tetraploidima. Ipak, ova pojava "zapetljavanja" genoma soje, iako u određenoj meri realna, verovatno samo odražava našu nemogućnost da u ovom trenutku mapiramo adekvatan broj dupliciranih lokusa kako bismo razrešili regione paralogije.

Kada su uočene duplikacije genoma soje?

Danas je sa sigurnošću utvrđeno da genom soje sadrži brojne regione koji su prošli kroz neki oblik duplikacije. Moguće je grubo proceniti i vreme kada su geni duplicirani. U dupliciranim genima se u pravilnim vremenskim intervalima nagomilavaju supstitucije (utišane), što se izražava vrednošću Ks. Ks vrednost omogućava procenu relativnog vremena duplikacije. Brojne duplikacije rezultiraju pojavom velikog broja paralognih parova gena sa sličnim nivoom divergencije (slične Ks vrednosti). Ovo se manifestuje kao vrh krive rođenje/smrt za proste duplikacije. EST kolekcije su izvor velikog broja gena potrebnih za identifikaciju takvih vrhova. Nedavno su dva istraživanja EST-a, koristeći slične metode, identifikovala takve Ks vrhove u različitim biljnim vrstama, uključujući soju i *M. truncatula*.

Kako se i očekivalo, soja poseduje dva vrha čije je srednja Ks vrednost smeštena u doba od pre otprilike 14 i 44 miliona godina Schlueter i sar. (2004). Blanc i Wolfe (2004) koristili su drugačiju kalibraciju koja je ukazivala na mlađe doba. Međutim, vrednosti do kojih su došli Schlueter i sar. (2004) se bolje slažu dobom divergencije za leguminoze uopšte. *Medicago* takođe poseduje dva Ks vrha; rasuti rani vrh koji ukazuje na nagomilavanje malih regionalnih duplikacija i jedan stariji od pre približno 58 miliona godina. Neslaganje u vremenima starijih duplikacija (44 miliona prema 58 miliona godina) nameće pitanje da li su dve vrste prošle duplikacije nazavisno jedna od druge, ili se desila jedna duplikacija. Topologija filogenetskih stabala za 39 gena roda *Glycine* za koje postoje tri ili četiri kopije, podržavaju hipotezu po kojoj su *Glycine* i *Medicago* prošli kroz jednu masovnu duplikaciju pre razdvajanja (Pfeil i sar., 2005). Ovo je zanimljivo, jer znači da je broj supstitucija u *Medicago* približno 25-30% veći nego u soji.

Zhu i sar. (1994) su procenili da je približno jedan od četiri duplirana gena izgubljen od poslednje duplikacije genoma soje. Analiza EST-a iz sorte Williams 82 ukazuje da u proseku svaku familiju gena čini 3,1 kopija; manje nego što se očekivalo ako sve kopije iz dva ciklusa duplikacije kompletnog genoma očuvane i izražene (Shoemaker i sar., neobjavljeno). Tako je oko 25% dupliciranih gena soje utišano ili izgubljeno.

Organizacija genoma soje, za koju je smatrano da je suviše kompleksna za analizu, sada se otkriva kao genom interesantan za proučavanje. Ukoliko je prostor gena soje zaista ograničen na svega 24% ukupnog genoma (Mudge i sar., 2004), stvaranje sekvenci genoma od prostora gena neće biti tako težak zadatak kako se smatralo.

Tabela 3.1

Veće kolekcije germplazme *Glycine max*

Institucija	Zemlja	Kolekcionih brojeva
Institute of Crop Germplasm Resources, CAASa	Kina	23,578
USDA Soybean Germplasm Collection	SAD	18,405
Soybean Research Institute, Nanjing Agricultural Univ.	Kina	13,000
Asian VegeTabela Research and Development Centre (AVRDC)	Tajvan	12,508
Department of Genetic Resources I, National Institute of Agrobiological Resources	Japan	8630
Institute of Agroecology and Biotechnology	Ukrajina	7000
N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry	Rusija	6126
Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotec. (CENARGEN)	Brazil	4693
Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Science	Kina	4200
All India Coordinated Research Project on Soybean, G. B. Pant. University	Indija	4015
Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo) EMBRAPAb	Brazil	4000
Genetic Resources Management Section, NIAR (MAFF)	Japan	3741
Crop Experiment Stn. Upland Crops Research Div.	R. Koreja	3678
Australian Tropical Crops Genetic Res. Centre	Australija	3144
Genebank, Institute for Plant Genetics and Crop Plant Res. (IPK)	Nemačka	3063
Regional Station National Bureau of Plant Genetic Resources (NBPGR)	Indija	2808
Taiwan Agricultural Research Institute (TARI)	Tajvan	2699
National Research Centre for Soybean	Indija	2500
Crop Breeding Institute DR and SSc	Zimbabve	2236
Sukamandi Research Institute for Food Crops (SURIF)	Indonezija	2194
Instituto Agronômico de Campinas (I.A.C.)	Brazil	2000
International Institute of Tropical Agriculture	Nigerija	1812
National Plant Genetic Resources Lab. IPB/UPLBd	Filipini	1764
CSIRO, Division of Tropical Crops and Pasturese	Australija	1600
Genetic Resources Department-Research Institute for Cereals and Ind. Crops	Rumunja	1600
G.I.E. Amelioration Fourragere	Francuska	1582
Soybean Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Science	Kina	1558
Institute of Oil Crops Research, CAASa	Kina	1529
Institute of Plant Breeding, College of Agriculture, UPIBf	Filipini	1508
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Station de Iguala	Meksiko	1500
Stat. De Genetique et Amelioration des Plantes INRA C.R. Montpellierg	Francuska	1404
Kariwano Lab., Tohoku National Agricultural Experiment Station	Japan	1400
Hokkaido Agricultural Experiment Station	Japan	1383
Centro de Investigación La Selva (CORPOICA)	Kolumbija	1219
Institute of Crop Breeding and Cultivation, CAASa	Kina	1200
Institute of Field and Vegetable Crops	Srbija	1200
Institute of Industrial Crops, Jiangsu Academy of Agric. Sci.	Kina	1199
Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria (CORPOICA)	Kolumbija	1170
Genebank Cereal and Oil Crops Inst., Hebei Academy of Agricultural Science	Kina	1154
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias *INIFAP)	Meksiko	1124
Maharashtra Association for the Cultivation of Science	Indija	1081
Research Institute for Cereals and Technical Plants Fundulea	Rumunja	1024
Ukupno		165.397

^a CAAS = Chinese Academy of Agricultural Science.

^b EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria.

^c DR and SS = Department of Research and Specialist Services.

^d IPB/UPLB = Institute of Plant Breeding/University of the Philippines at Los Baños.

^e CSIRO = Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

^f UPLB = University of the Philippines at Los Baños.

^g INRA = Institut National de la Recherche Agronomique.

Podaci u ovoj tabeli sakupljeni su iz baze podataka koju održava International Plant Genetic Resources Institute (<http://www.ipgri.org/>) (verifikovano 16. decembra 2005). Pojedini brojevi su ažurirani direktnim kontaktom sa institucijama. Broj kolekcionih brojeva dat je po zemljama, a u nekim slučajevima postoji i više kolekcija u istoj zemlji.

Tabela 3.2

Veće kolekcije germplazme *Glycine soja*

Institucija	Zemlja	Kolekcionih brojeva
Institute of Crop Germplasm Resources, CAASa	Kina	6172
USDA Soybean Germplasm Collection	SAD	1118
Soybean Research Institute, Nanjing Agricultural Univ.	Kina	1000
Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agric. Sci.	Kina	600
Soybean Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Science	Kina	400
Crop Experiment Station Upland Crops Research Division	Rep. Koreja	342
Asian VegeTabela Research and Development Centre (AVRDC)	Tajvan	339
N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry	Rusija	310
Breeding Laboratory Facility of Agriculture, Iwate University	Japan	151
CSIRO, Division of Tropical Crops and Pasturesb	Australija	60
Taiwan Agricultural Research Institute (TARI)	Tajvan	46
Hunan Academy of Agriculture Science	Kina	45
Tieling District Agricultural Research Institute	Kina	29
Department of Agronomy, National Chung Hsing University	Tajvan	20
Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Saskatoon Research Centre	Kanada	18
Soybean Breeding Laboratory, Tokac. Agricultural Experiment Station	Japan	15
Australian Tropical Crops & Forages Genetic Resources Centre	Australija	10
Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agric. Science	Kina	10
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	Meksiko	9
All India Coordinated Res. Project on Soybean G. B. Pant. University	Indija	7
Maharashtra Association for the Cultivation of Science	Indija	6
Sukamandi Research Institute for Food Crops (SURIF)	Indonezija	4
Research Institute for Food Crops Biotechnology (RIFCB)	Indonezija	4
Kariwano Laboratory Tohoku National Agricultural Experiment Station	Japan	3
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)	Kostarika	3
Genebank Institute for Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK)	Nemačka	2
S.K. University of Agricultural and Technology	Indija	1
Ukupno		10.724

^a CAAS = Chinese Academy of Agricultural Science.

^b CSIRO = Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

Podaci u ovoj tabeli sakupljeni su iz baze podataka koju održava International Plant Genetic Resources Institute (<http://www.ipgri.org/>) (verifikovano 16. decembra 2005). Pojedini brojevi su ažurirani direktnim kontaktom sa institucijama. Broj kolekcionih brojeva dat je po zemljama, a u nekim slučajevima postoji i više kolekcija u istoj zemlji.

Tabela 3.3

Veće kolekcije višegodišnjih *Glycine* vrsta

Vrsta	Zemlja							Ukupno
	Australija	SAD	Južna Afrika	Tajvan	Rusija	Japan	Velika Britanija	
<i>G. albicans</i>	5							5
<i>G. aphyonota</i>	1							1
<i>G. arenaria</i>	6	3						9
<i>G. argyrea</i>	17	14						31
<i>G. canescens</i>	298	123	1	2	3		1	428
<i>G. clandestina</i>	541	130	7	3	6	5		692
<i>G. curvata</i>	9	7			1			17
<i>G. cyrtoloba</i>	53	46			1			100
<i>G. falcata</i>	72	28		2		1		103
<i>G. hirticaulis</i>	12							12
<i>G. lactovirens</i>	10							10
<i>G. latifolia</i>	148	42	21		2			213
<i>G. latrobeana</i>	30	12			1			43
<i>G. microphylla</i>	212	20	50					282
<i>G. peratosa</i>	1							1
<i>G. pindanica</i>	5	2						7
<i>G. pullenii</i>	4							4
<i>G. rubiginosa</i>	53							53
<i>G. stenophita</i>	42							42
<i>G. tabacina</i>	536	240	111	4	13	15		919
<i>G. tomentella</i>	634	297	113	5	4	6		1059
<i>Glycine</i> spp.	27	2	1	53				83
Ukupno	2716	966	304	69	31	27	1	4114

Podaci u ovoj tabeli sakupljeni su iz baze podataka koju održava International Plant Genetic Resources Institute (<http://www.ipgri.org/>) (verifikovano 16. decembra 2005). Pojedini brojevi su ažurirani direktnim kontaktom sa institucijama. Broj kolekcionih brojeva dat je po zemljama, a u nekim slučajevima postoji i više kolekcija u istoj zemlji.

Tabela 3.4

Lista vrsta roda *Glycine* Willd., 2n broj hromozoma, simbol genoma, i poreklo

		2n	Genoma	Poreklo
Subgenus <i>Glycine</i>				
1.	<i>G. albicans</i> Tind. & Craven	40	II	Australija
2.	<i>G. aphyonota</i> B. Pfeil	40	?	Australija
3.	<i>G. arenaria</i> Tind.	40	HH	Australija
4.	<i>G. argyrea</i> Tind.	40	A2A2	Australija
5.	<i>G. canescens</i> F. J. Herm.	40	AA	Australija
6.	<i>G. clandestina</i> Wendl.	40	A1A1	Australija
7.	<i>G. curvata</i> Tind.	40	C1C1	Australija
8.	<i>G. cyrtoloba</i> Tind.	40	CC	Australija
9.	<i>G. dolichocarpa</i> Tateishi & Ohashi	80	?	(Taiwan)
10.	<i>G. falcata</i> Benth.	40	FF	Australija
11.	<i>G. hirticaulis</i> Tind. & Craven	40	H1H1	Australija
		80	?	Australija
12.	<i>G. lactovirens</i> Tind. & Craven	40	I1I1	Australija
13.	<i>G. latifolia</i> (Benth.) Newell & Hymowitz	40	B1B1	Australija
14.	<i>G. latrobeana</i> (Meissn.) Benth.	40	A3A3	Australija
15.	<i>G. microphylla</i> (Benth.) Tind.	40	BB	Australija
16.	<i>G. peratosa</i> B. Pfeil & Tind.	40	?	Australija
17.	<i>G. pindanica</i> Tind. & Craven	40	H2H2	Australija
18.	<i>G. pullenii</i> B. Pfeil, Tind. & Craven	40	?	Australija
19.	<i>G. rubiginosa</i> Tind. & B. Pfeil	40	?	Australija
20.	<i>G. stenophita</i> B. Pfeil & Tind.	40	B3B3	Australija
21.	<i>G. tabacina</i> (Labill.) Benth.	40	B2B2	Australija
		80	Complexb	Australija, Zapadna Centralna i Južno Pacifička Ostrva
22.	<i>G. tomentella</i> Hayata	38	EE	Australija
		40	DD	Australija, Papua Nova Gvineja
		78	Complexc	Australija, Papua Nova Gvineja
		80	Complexd	Australija, Papua Nova Gvineja, Indonezija, Filipini, Tajvan
Subgenus <i>Soja</i> (Moench) F.J. Herm.				
23.	<i>G. soja</i> Sieb. & Zucc.	40	GG	Kina, Rusija, Tajvan, Japan, Koreja (divlja soja)
24.	<i>G. max</i> (L.) Merr.	40	GG	Gajena soja

^a Genomski slične vrste nose istu oznaku.

^b Aloplopliodi (genomi A i B) i segmentalni aloplopliodi (genomi B).

^c Aloplopliodi (D i E, A i E, ili bilo koja druga nepoznata kombinacija).

^d Aloplopliodi (genomi A i D, bilo koja druga nepoznata kombinacija).

Tabela 3.5

Broj kolekcionih brojeva *Glycine max* u USDA kolekciji germplazme soje po grupama zrenja

Grupa zrenja	Broj kolekcionih brojeva
0	1050
00	461
000	128
I	1544
II	1727
III	1632
IV	3767
V	2420
VI	1441
VII	867
VIII	892
IX	749
X	109
Ukupno	16.787

Podaci u ovoj tabeli dobijeni su 21. decembra 2005. od Dr. R. L. Nelsona, USDA ARS, Urbana, IL, USA.

Tabela 3.6

Poreklo i broj kolekcionih brojeva *Glycine max* u USDA kolekciji germplazme soje.

Poreklo	Broj kolekcionih brojeva
Kina	6190
Japan	2940
Koreja	3595
Rusija	637
Druge zemlje iz Azije	1730
Evropa	1096
Afrika	165
Amerike	310
Australija	10
Nepoznato	114
Ukupno	16.787

Podaci u ovoj tabeli dobijeni su 21. decembra 2005. od Dr. R. L. Nelsona, USDA ARS, Urbana, IL, USA.

Tabela 3.7

Geni koji utiču na reakciju soje prema patogenima

Gen	Fenotipa	Literatura
1. Bakteriozna pegavost		
Rpg1	Otpornost, rasa 1	Mukherjee i sar. (1966)
rpg1	Osetljivost, rasa 1	
Rpg2	Otpornost, rasa 4 avrA	Keen i Buzzell (1991)
rpg2	Osetljivost, rasa 4 avrA	
Rpg3	Otpornost, rasa 4 avrC	Keen i Buzzell (1991)
rpg3	Osetljivost, rasa 4 avrC	
Rpg4	Otpornost, rasa 4 avrD	Keen i Buzzell (1991)
rpg4	Osetljivost, rasa 4 avrD	
2. Bakteriozno mehurasta pegavost		
Rxp	Osetljivost	Hartwig i Lehman (1951), Feaster (1951), Bernard i Weiss (1973)
rxp	Otpornost	
3. Smeđa trulež stabla		
Rbs1	Otpornost	Hanson i sar. (1988)
rbs1	Osetljivost	
Rbs2	Otpornost	Hanson i sar. (1988)
rbs2	Osetljivost	
Rbs3	Otpornost	Willmot i Nickell (1989)
rbs3	Osetljivost	
4. Frogeye lisna pegavost		
Rcs1	Otpornost, rasa 1	Athow i Probst (1952, kao Cs), simbol dali Probst i sar. (1965)
rsc1	Osetljivost, rasa 1	
Rcs2	Otpornost, rasa 2	Probst i sar. (1965)
rsc2	Osetljivost, rasa 2	
Rcs3	Otpornost, rasas 2 i 5	Boerma i Phillips (1983)
rsc3	Osetljivost, rasas 2 i 5	
5. Plamenjača soje		
Rpm1	Otpornost, rasa 2	Bernard i Cremeens (1972)
rpm1	Osetljivost, rasa 2	
Rpm2	Otpornost, rasas 2 i 33	Lim (1989)
rpm2	Osetljivost, rasa 33	
6. Pepelnica soje		
Rmd	Otpornost (odrasla biljka)	Buzzell i Haas (1978)
rmd	Osetljivost (sve faze)	
Rmd-c	Otpornost (sve faze)	Lohnes i Bernard (1992)
rmd	Osetljivost	

7. Fitoflorozna trulež korena		
Rps1-a	Otpornost, rase 1, 2, 10, 11, 13-20, 24, 26, 27	Bernard i sar. (1957, kao Ps), Lam-Sanchez i sar. (1968), Moots i sar. (1983), Schmitthener i sar. (1994)
rps1	Osetljivost	
Rps1-b	Otpornost, rase 1, 3-9, 13, 15, 18, 21, 22	Hartwig i sar. (1968) (kao rps2), Mueller i sar. (1978), Laviolette i Athow (1983), Schmitthener i sar. (1994)
rps1	Osetljivost	
Rps1-c	Otpornost, rase 1-3, 6-11, 13-15, 17, 21, 23, 24, 26	Mueller i sar. (1978), Laviolette i Athow (1983), Schmitthener i sar. (1994)
rps1	Osetljivost	
Rps1-d	Otpornost, rase 1-7, 9-11, 13-16, 18, 21, 22, 24, 25	Buzzell i Anderson (1992)
rps1	Osetljivost	
Rps1-k	Otpornost, rase 1-11, 13-15, 17, 18, 21-24, 26	Bernard i Cremeens (1981), Laviolette i Athow (1983), Schmitthener i sar. (1994)
rps1	Osetljivost	
Rps2	Otpornost, rasas 1, 2, 10, 12	Kilen i sar. (1974)
rps2	Osetljivost	
Rps3-a	Otpornost, rase 1-5, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 18, 23, 25	Mueller i sar. (1978), Laviolette i Athow (1983)
rps3	Osetljivost	
Rps3-b	Otpornost, rase 1-5, 7, 9-12, 16	Ploper i sar. (1985)
rps3	Osetljivost	
Rps3-c	Otpornost, rase 1-4, 12, 13	Athow i sar. (1986)
rps3	Osetljivost	
Rps4	Otpornost, rase 1-4, 10, 12-16	Athow i sar. (1980)
rps4	Osetljivost	
Rps5	Otpornost, rase 1-5, 8, 9, 11, 13, 14, 16	Buzzell i Anderson (1981)
rps5	Osetljivost	
Gen	Fenotipa	Literatura
Rps6	Otpornost, rase 1-4, 10, 12, 14-16, 18-21	Athow i Laviolette (1982), Laviolette i Athow (1983)
rps6	Osetljivost	
Rps7	Otpornost, rase 12, 16, 18, 19	Anderson i Buzzell (1992)
rps7	Osetljivost	
Rps8	Otpornost, rase 1-4, 6-9, 13, 15, 18, 21, 22, 25, 27, 28, 31, 45	Burnham i sar. (2003)
rps8	Osetljivost	
8. Rak stabla		
Rdc1	Otpornost	Kilen i Hartwig (1987)
rdc1	Osetljivost	
Rdc2	Otpornost	Kilen i Hartwig (1987)
rdc2	Osetljivost	
Rdc3	Otpornost	Bowers i sar. (1993)
rdc3	Osetljivost	
Rdc4	Otpornost	Bowers i sar. (1993)
rdc4	Osetljivost	
9. Sindrom iznenadne smrti		
Rfs	Otpornost	Stephens i sar. (1993)

rfs	Osetljivost	
10. Rda soje		
Rpp1	Otpornost	McLean i Byth (1980)
rpp1	Osetljivost	
Rpp2	Otpornost	Hartwig i Bromfield (1983)
rpp2	Osetljivost	
Rpp3	Otpornost	Hartwig i Bromfield (1983)
rpp3	Osetljivost	
Rpp4	Otpornost	Hartwig (1986)
rpp4	Osetljivost	
11. Virus mozaika soje		
Rsv1	Otpornost, SMV-1, SMV-1-B, G1 do G6	Kiihl i Hartwig (1979)
rsv1	Osetljivost	Kiihl i Hartwig (1979)
Rsv1-t	Otpornost, SMV-1; Osetljivost, SMV-1-B, G1, G2, G4, G5, G6	Chen i sar. (1991)
Rsv1-y	Otpornost, G1, G2, G3	Chen i sar. (1991)
Rsv1-m	Otpornost, G1, G4, G5, G7	Chen i sar. (1991)
Rsv1-k	Otpornost, G1, G2, G3, G4	Chen i sar. (1991)
Rsv1-n	Nekrotičnost, G1	Ma i sar. (1994), Ma i sar. (2003)
Rsv1-s	Otpornost, G1, G2, G3, G4, G7	Ma i sar. (1995)
Rsv1-r	Otpornost, G1, G2, G3, G4, G7	Chen i sar. (2001)
Rsv1-h	Otpornost, G1 do G7	Chen i sar. (2002)
Rsv3	Otpornost, G5, G6, G7	Buzzell i Tu (1989)
Rsv3-?	Otpornost, G5, G6, G7	Buss i sar. (1999)
rsv3	Osetljivost	Buss i sar. (1999)
Rsv4	Otpornost, G1 do G7	Ma i sar. (1995), Gunduz (2000)
rsv4	Osetljivost	Gunduz (2000)
12. Virus šarenila lišća kikirikija		
Rpv1	Otpornost	Boerma i Kuhn (1976)
rpv1	Osetljivost	
rpv2	Otpornost	Shipe i sar. (1979)
Rpv2	Osetljivost	
13. Virus hlorotičnog šarenila stočnog graška		
Rcv	Otpornost	Boerma i sar. (1975)
rcv	Osetljivost	
14. Cist nematode		
rhg1	Otpornost	Caldwell i sar. (1960)
with rhg2 rhg3		
Rhg1, Rhg2 or Rhg3	Osetljivost	
Rhg4	Otpornost	Matson i Williams (1965)
with rhg1 rh2 rhg3		

rhg4	Osetljivost	
Rhg5	Otpornost	Rao-Arelli i sar. (1992), Rao-Arelli (1994)
rhg5	Osetljivost	
	15. Bubrežaste nematode	
rrn	Otpornost	Williams i sar. (1981)
Rrn	Osetljivost	
	16. Nematode kvrgavosti korena	
Rmi1	Otpornost	Luzzi i sar. (1994)
rmi1	Osetljivost	
	17. Sojina vaš	
Rag1	Otpornost	Hill i sar. (2006)
rag1	Osetljivost	

^a Osetljivi fenotip, kada specifične rase nisu identifikovane, ukazuje da je soj osetljiv prema rasama korišćenim za identifikaciju otpornog alela na datom lokusu, i to od strane autora iz prvog navoda literature

Tabela 3.8

Geni koji kontrolišu reakciju soje prema herbicidima.

Gen	Fenotip	Literatura
Als1	Semidominantnost za otpornost prema sulfonilurea herbicidima	Sebastian i sar. (1989)
als1	Osetljivost	
Hb	Tolerantnost prema bentazonu	Bernard i Wax (1975)
hb	Osetljivost prema bentazonu	
Hm	Tolerantnost prema metribuzinu	Edwards i sar. (1976), Hartwig i sar. (1980), Hanson i Nickell (1986), Kilen i He (1992)
hm	Osetljivost prema metribuzinu	
Hs1	Osetljivost prema sulfonilurea herbicidima	Sebastian i Chaleff (1987)
hs1	Poboljšana tolerantnost	
Hs2	Osetljivost prema sulfonilurea herbicidima	Sebastian i Chaleff (1987)
hs2	Poboljšana tolerantnost	
Hs3	Osetljivost prema sulfonilurea herbicidima	Sebastian i Chaleff (1987)
hs3	Povećana tolerantnost	

Tabela 3.9

Geni koji kontrolišu *Bradyrhizobium* ili *Rhizobium*

Gen	Fenotip	Literatura
Rfg1	Neefikasan za soj 205	Devine i Kuykendall (1994)
rfg1	Efikasan	
Rj1	Formira kvržice	Williams i Lynch (1954) (kao no); simbol dao Caldwell (1966)
rj1	Ne formira kvržice	
Rj2	Neefikasan za sojeve b7, b14, i b122	Caldwell (1966)
rj2	Efikasan	
Rj3	Neefikasan za soj 33	Vest (1970)
rj3	Efikasan	
Rj4	Neefikasan za soj 61	Vest i Caldwell (1972)
rj4	Efikasan	
Rj5	Formira kvržice	Pracht i sar. (1993)
rj5	Ne formira kvržice	
Rj6	Formira kvržice	Pracht i sar. (1993)
rj6	Ne formira kvržice	
Rj7	Formira kvržice	Kokubun i Akao (1994), Harper i Nickell (1995), Vuong i sar. (1996), Vuong i Harper (2000)
rj7	Hiperformiranje kvržica	

Tabela 3.10

Geni koji kontrolišu reakciju korena soje

Gen	Fenotip	Literatura
Fr1	Fluorescentan pri UV svetlu	Fehr i Giese (1971)
fr1	Nefluorescentan	
Fr2	Fluorescentan pri UV svetlu	Delannay i Palmer (1982b)
fr2	Nefluorescentan	
Fr3	Nefluorescentan	Delannay i Palmer (1982b)
fr3	Fluorescentan pri UV svetlu	
Fr4	Fluorescentan pri UV svetlu	Delannay i Palmer (1982b)
fr4	Nefluorescentan	
Fr5	Fluorescentan in UV svetlu	Sawada i Palmer (1987)
fr5	Nefluorescentan	
Rn (Ames 1)	Normalan	Kosslak i sar. (1996)
rn (Ames 1)	Nekrotičan koren	
Rn (Ames 2)	Normalan	Kosslak i sar. (1996)
rn (Ames 2)	Nekrotičan koren	
Rn (Ames 3)	Normalan	Kosslak i sar. (1996)
rn (Ames 3)	Nekrotičan koren	

Tabela 3.11

Geni koji kontrolišu rast i morfologiju soje

Gen	Fenotip	
	1. Vreme cvetanja i zrenja	
E1	Kasni	Owen (1927b), Bernard (1971)
e1	Rani	
E2	Kasni	Bernard (1971)
e2	Rani	
E3	Kasni i osetljiv prema fluorescentnom svetlu	Buzzell (1971), Kilen i Hartwig (1971)
e3	Rani i neosetljiv prema fluorescentnom svetlu	
E4	Kasni i osetljiv prema dugom danu	Buzzell i Voldeng (1980)
e4	Rani i neosetljiv prema dugom danu	
E5	Kasni	McBlain i Bernard (1987)
e5	Rani	
E6	Rani	Bonato i Vello (1999)
e6	Kasni	
E7	Kasni	Cober i Voldeng (2001)
e7	Rani	
J	Normal	Ray i sar. (1995)
j	Svojstvo duge nedozrelosti	
	2. Rast stabla, lisne drške i cvetanje	
Br1 Br2	Grane izlaze iz gornjih, kao i donjih nodija	Nelson (1996)
br1 br2	Nekoliko grana samo iz donjih nodija	Nelson (1996)
Dt1	Indeterminantno stablo	Woodworth (1932, 1933), Bernard (1972)
dt1-t	Visoko determinatno stablo	Thompson i sar. (1997)
dt1	Determinatno stablo	
Dt2	Semideterminatno stablo	Bernard (1972)
dt2	Indeterminatno stablo	
F	Normalno stablo	Nagai (1926), Takagi (1929), simbol dao Woodworth (1932, 1933), Matsuura (1933), Albertsen i sar. (1983)
f	Snopasto stablo	
Lps1	Normalne drške	Kilen (1983)
lps1	Kratke drške	
Lps2	Normalne drške	You i sar. (1998)
lps2	Kratke drške, nenormalni pulvinus	
S	Kratko, smanjena dužina internodija	Bernard (1975a)
s	Normalno	
s-t	Visoko, povećana dužina internodija	
Se	Prisutne cvetne drške	VanSchaik i Probst (1958)

se	Odsutne cvetne drške	
	3. Patuljavost	
Df2	Normalan	Porter i Weiss (1948), simbol dali Byth i Weber (1969)
df2	Patuljast	
Df3	Normalan	Byth i Weber (1969)
df3	Patuljast	
Df4	Normalan	Fehr (1972a)
df4	Patuljast	
Df5	Normalan	Palmer (1984a)
df5	Patuljast	
Df6	Normalan	Werner i sar. (1987)
df6	Patuljast	
Df7 or Df8	Normalan	Soybean Genetics Committee (1995)
df7 df8	Patuljast	
Mn	Normalan	Delannay i Palmer (1984)
mn	Minijturna biljka	
Pm	Normalan	Probst (1950)
pm	Patuljast, zgužvani listovi, sterilan	
Sb1 ili Sb2	Normalan	Kilen i Hartwig (1975), Kilen (1977), Boerma i Jones (1978)
sb1 sb2	Kratko, zdepasto stablo	
	4. List	
Ab	Opada u zrenju	Probst (1950)
ab	Odloženo opadanje	
Dlm	Normalan	Chung i sar. (1998)
d1m	Nekrotične tačke sa hlorotičnim prstenom	
Lc Lc	Normalne drške	Cary i Nickell (1999)
Lc lc	Prelazne drške	
lc lc	Kratke drške	
Lf1	5-foliolat	Takahashi i Fukuyama (1919), simbol dao Fehr (1972b)
lf1	3-foliolat	
Lf2	3-foliolat	Fehr (1972b)
lf2	7-foliolat	
Lmn	Normalan	Yu i Kiang (1993a)
lmn	Nekroza oboda liske	
Ln	Jajasta liska	Takahashi i Fukuyama (1919), Woodworth (1932, 1933), Takahashi (1934), Domingo (1945), simbol dali Bernard i Weiss (1973)
ln	Uska liska, 4-zrne mahune	
Lnr	Normalan	Wilcox i Abney (1991)
lnr	Uska, naborana liska	
Lo	Jajasta liska	Domingo (1945)
lo	Ovalna liska, par zrna u mahuni	
Lw1 Lw2	Netalasasta liska	Rode i Bernard (1975b)
Lw1 lw2	Netalasasta liska	
lw1 Lw2	Netalasasta liska	

lw1 lw2	Talasasta liska	
Lb1 Lb2	Opuštena liska	Rode i Bernard (1975c)
Lb1 lb2	Opuštena liska	
lb1 Lb2	Opuštena liska	
lb1 lb2	Skupljena liska	
	5. Tip dlačica	
Pa1 Pa2	Uspravne	Karasawa (1936), Ting (1946), simbol dao Bernard (1975d)
Pa1 pa2	Uspravne	
pa1 Pa2	Polupoložene	
pa1 pa2	Položene	
P1	Bez dlačica	Nagai i Saito (1923)
p1	Sa dlačicama	
P2	Normalne	Stewart i Wentz (1926)
p2	Smanjena dlakavost	
Pb	Oštre	Ting (1946)
pb	Tupe	
Pc	Normalne	Bernard i Singh (1969)
pc	Kovrdžave	
Pd1	Guste	Bernard i Singh (1969)
pd1	Normalne	
Pd2	Guste	Bernard (unpublished)
pd2	Normalne	
Pd1 Pd2	Veoma guste	Gunashinghe i sar. (1988)
Ps	Retke	Bernard i Singh (1969), Bernard (1975c)
Ps-s	Poluretke	
ps	Normalne	
	6. Struktura semenjače	
B1 B2 B3	Sjajna semenjača	Woodworth (1932, 1933), Tang i Tai (1962)
b1, b2, ili b3	Bez sjaja	
N	Normalno odvajanje hiluma	Owen (1928)
n	Odsustvo sloja odvajanja	

Tabela 3.12

Geni koji utiču na fiziologiju soje

Gen	Fenotip	Literatura
	1. Reakcija prema nutritivnim faktorima	
Fe	Efikasno korišćenje Fe	Weiss (1943)
fe	Neefikasno	
Np	Tolerantan na fosfor	Bernard i Howell (1964)
np	Osetljiv na visok nivo fosfora	
Ncl	Odbijanje hlorida	Abel (1969)

ncl	Akumulacija hlorida	
Nr	Konstitutivna nitrat reduktaza prisutna	Ryan i sar. (1983a, 1983b)
nr	Konstitutivna nitrat reduktaza odsutna	
	2. Flavonol glikozidi lišća	
T	Kvercetin i kampferol prisutni	Buttery i Buzzell (1973), (pogledati i Tabelu 13)
t	Kvercetin odsutan, kampferol prisutan	
Wm	Glikozidi prisutni	Buzzell i sar. (1977), (pogledati i Tabelu 13)
wm	Glikozidi odsutni	
Fg1	$\beta(1-6)$ -glukozid prisutan	Buttery i Buzzell (1975)
fg1	$\beta(1-6)$ -glukozid odsutan	
Fg2-a	Normalan kampferol rutinozid	Buzzell i Buttery (1992)
Fg2-b	Smanjen kampferol rutinozid	
fg2	$\alpha(1-6)$ -ramnozid odsutan	Buttery i Buzzell (1975)
Fg3	$\beta(1-2)$ -glukozid prisutan	Buttery i Buzzell (1975)
fg3	$\beta(1-2)$ -glukozid odsutan	
Fg4	$\alpha(1-2)$ -ramnozid prisutan	Buttery i Buzzell (1975)
fg4	$\alpha(1-2)$ -ramnozid odsutan	
	3. Seme	
Shr	Normalno	Honeycutt i sar. (1989)
shr	Naborano	

Tabela 3.13

Geni koji kontrolišu pigmentaciju soje

Gen	Fenotip	Literatura
	1. Cvet	
W1	Ljubičast	Takahashi i Fukuyama (1919), Woodworth (1923)
w1	Beo	
W3 w4	Slabo ljubičast	Hartwig i Hinson (1962)
w3 W4	Ljubičast	
W3W4	Tamno ljubičast	
w3 w4	Gotovo beo	
w4-dp	Slabo ljubičast	Palmer i Groose (1993)
w4-m	MuTabela cvet	Palmer i sar. (1990a)
Wm	Ljubičast (prisutni glukozidi)	Buzzell i sar. (1977)
wm	Magenta (odsutni glukozidi)	
Wp	Ljubičast	Stephens i Nickell (1992)
wp	Roze cvet	

wp-m	MuTabela cvet	Johnson i sar. (1998)
	2. Dlačice	
T	Smeđe (braon); prisutni kvercetin i kampferol	Piper i Morse (1910), Nagai (1921) (kao C c)
t	Sive; kvercetin odsutan, kampferol pridsutan	Woodworth (1921), Williams (1950), Buttery i Buzzell (1973)
t-r	Crvenkasta semenjača	Seo i sar. (1993)
Td	Smeđe (braon); flavonol prisutan	Buttery i Buzzell (1973), Bernard (1975b)
td	Svetlo smeđe (skoro-sive); flavonol odsutan	
	3. Seme	
I	Svetao hilum	Nagai (1921), Nagai i Saito (1923), Owen (1928), Woodworth (1932, 1933), Mahmud i Probst (1953)
i-i	Taman hilum	
i-k	Sedlasta forma hiluma	
I	Samopotamnjujuća semenjača	
Im	Nemotlirano seme	Cooper (1966)
im	Tamno motlirano seme (sa infekcijom virusa mozaika soje)	
K1	Nesedlast hilum	Takagi (1929, 1930), Williams (1958)
k1	Taman sedlast hilum	
K2	Žuta semenjača	Rode i Bernard (1975a), Palmer (1984b)
k2 (Urbana 1)	Žučkasto smeđ sedlast hilum	
k2 (Columbia 2)	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Rode i Bernard (1975a)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Urbana 1) y20 (Urbana 1)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1996)
k2 (Columbia 1) [Mdh1-n (Columbia 1)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1996)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 7) y20 (Ames 5)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 8) y20 (Ames 6)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 9) y20 (Ames 7)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 10) y20 (Ames 8)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 11) y20 (Ames 9)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 12) y20 (Ames 10)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Columbia 1) [Mdh1-n (Columbia 1) y20 (Ames 11)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 13) y20 (Ames 12)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)

k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 14) y20 (Ames 13)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 15) y20 (Ames 14)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 16) y20 (Ames 15)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 17) y20 (Ames 16)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i Palmer (1998)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 6) y20 (Ames 18)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i sar. (1999)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 6) y20 (Ames 19)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i sar. (1999)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 6) y20 (Ames 20)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i sar. (1999)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 6) y20 (Ames 21)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i sar. (1999)
k2 (Urbana 1) [Mdh1-n (Ames 20) y20 (Ames 22)]	Žučkasto smeđ sedlast hilum	Chen i sar. (1999)
K3	Nesedlast hilum	Bernard i Weiss (1973)
k3	Taman sedlast hilum	
O	Smeđa semenjača	Nagai (1921), Weiss (1970b)
o	Crvenkasto-smeđa semenjača	
R	Crna semenjača	Nagai (1921), Woodworth (1921), Stewart (1930), Williams (1952)
r-m	Crne pruge na smeđem zrnu	Nagai i Saito (1923), Weiss (1970b)
r	Smeđa semenjača	
	4. Mahuna	
L1 L2	Crna mahuna	Bernard (1967)
L1 l2	Crna mahuna	
l1 L2	Smeđa mahuna	
l1 l2	Žučkasto smeđa mahuna	

^a Geni za sekundarna svojstva dati su u zagradama.

Tabela 3.14

Geni koji utiču na fertilnost i sterilnost soje

Gen	Fenotip	Literatura
Fs1 or Fs2	Fertilan	Johns i Palmer (1982)
fs1 fs2	Strukturalno sterilan	
Ft	Fertilan	Singh i Jha (1978)
ft	Strukturalno sterilan	
Ms1	Fertilan	

ms1 (North Carolina)	Muški sterilan	Brim i Young (1971)
ms1 (Urbana)	Muški sterilan	Boerma i Cooper (1978)
ms1 (Tonica)	Muški sterilan	Palmer i sar. (1978)
ms1 (Ames 1)	Muški sterilan	Palmer i sar. (1978)
ms1 (Ames 2)	Muški sterilan	Skorupska i Palmer (1990)
ms1 (Danbury)	Muški sterilan	Skorupska i Palmer (1990)
Ms2	Fertilan	
ms2 (Eldorado)	Muški sterilan	Bernard i Cremeens (1975), Graybosch i sar. (1984)
ms2 (Ames 1)	Muški sterilan	Palmer (2000)
ms2 (Ames 2)	Muški sterilan	Cervantes-Martinez (2005)
Ms3	Fertilan	
ms3 (Washington)	Muški sterilan	Palmer i sar. (1980), Graybosch i Palmer (1987)
ms3 (Flanagan)	Muški sterilan	Chaudhari i Davis (1977), Graybosch i Palmer (1987)
ms3 (Plainview)	Muški sterilan	Skorupska i Palmer (1990)
Ms4	Fertilan	
ms4 (Ames)	Muški sterilan	Delannay i Palmer (1982a)
ms4 (Fisher)	Muški sterilan	Skorupska i Palmer (1990)
Ms5	Fertilan	
ms5	Muški sterilan	Buss (1983)
Ms6	Fertilan	
ms6 (Ames 1)	Muški sterilan	Palmer i Skorupska (1990), Skorupska i Palmer (1989)
ms6 (Ames 2)	Muški sterilan	Ilarslan i sar. (1999)
Ms7	Fertilan	
ms7	Muški sterilan	Palmer (2000)
Ms8	Fertilan	
ms8	Muški sterilan	Palmer (2000)
Ms9	Fertilan	
ms9	Muški sterilan	Palmer (2000)
Msp	Fertilan	Stelly i Palmer (1980a, 1980b)
msp	Parcijalno Muški sterilan	
St2	Fertilan	Hadley i Starnes (1964)
st2	Asinaptički sterilan	
St3	Fertilan	Hadley i Starnes (1964)
st3	Asinaptički sterilan	
St4	Fertilan	Palmer (1974)
st4	Desinaptički sterilan	
St5	Fertilan	Palmer i Kaul (1983)
st5	Desinaptički sterilan	
St6 St7	Fertilan	Ilarslan i sar. (1997)
st6 st7	Muški sterilan, ženski sterilan	
St8	Fertilan	Palmer i Horner (2000)
st8	Desinaptički sterilan	

Tabela 3.15

Geni koji kontroliraju nasljeđivanje izoenzima i proteinskih varijanti u soji

Gen	Fenotip	Literatura
Ap-a	Varijanta mobilne kisele fosfataze	Gorman i Kiang (1977), Hildebrand i sar. (1980)
Ap-b	Varijanta mobilne kisele fosfataze	
Ap-c	Varijanta mobilne kisele fosfataze	
Aco1-a	Varijanta mobilne akonitaze	Griffin i Palmer (1987a), Kiang i Bult (1991)
Aco1-b	Varijanta mobilne akonitaze	
aco1-n	Nema akonitaze	
Aco2-a	Varijanta mobilne akonitaze	Doong i Kiang (1987b), Rennie i sar. (1987a)
Aco2-b	Varijanta mobilne akonitaze	
Aco2-bn	Nema akonitaze	Amberger i sar. (1992)
Aco2-c	Varijanta mobilne akonitaze	Kiang i Bult (1991)
Aco3-a	Varijanta mobilne akonitaze	Griffin i Palmer (1987a)
Aco3-b	Varijanta mobilne akonitaze	
Aco4-a	Varijanta mobilne akonitaze	Griffin i Palmer (1987a)
Aco4-b	Varijanta mobilne akonitaze	
Aco4-c	Varijanta mobilne akonitaze	
Aco4-d	Varijanta mobilne akonitaze	
Aco5-a	Varijanta mobilne akonitaze	Kiang i Bult (1991)
Aco5-b	Varijanta mobilne akonitaze	
aco5-n	Nema akonitaze	
Adh1	Alkohol dehidrogenaza prisutna	Gorman i Kiang (1978), Kiang i Gorman (1983)
adh1	Alkohol dehidrogenaza odsutna	
Adh2	Alkohol dehidrogenaza prisutna	Yu i Kiang (1993b)
adh2	Alkohol dehidrogenaza odsutna	
Adh3	Alkohol dehidrogenaza prisutna	Yu i Kiang (1993b)
adh3	Alkohol dehidrogenaza odsutna	
Amy1	α -amilaza band 1 prisutna	Gorman i Kiang (1977, 1978), Kiang (1981)
amy1	α -amilaza band 1 odsutna	
Amy2	α -amilaza band 2 prisutna	
amy2	α -amilaza band 2 odsutna	
Sp1-a	Varijanta mobilne β -amilaze	Larsen (1967), Larsen i Caldwell (1968), Orf i Hymowitz (1976), Gorman i Kiang (1977, 1978), Hymowitz i sar. (1979), Hildebrand i Hymowitz (1980a, 1980b), Kiang (1981)
Sp1-b	Varijanta mobilne β -amilaze	Orf i Hymowitz (1976)
Sp1-c	Varijanta mobilne β -amilaze	Gorman i Kiang (1977, 1978), Hymowitz i sar. (1979)
Sp1-an	Band proteina zrna prisutan, aktivnost β -amilaze slaba ili odsutna	
sp1	Band proteina zrna prisutan, aktivnost β -amilaze slaba ili odsutna	Griffin i Palmer (1986)
Cgy1	Podjedinica α' β -konglicinina prisutna	Kitamura i sar. (1984)
cgy1	Podjedinica α' β -konglicinina odsutna	

Cgy2-a	Stvara se α podjedinica β -konglicinina	Davies i sar. (1985)
Cgy2-b	Mobilna varijanta α podjedinice β -konglicinina	
Cgy3	Stvara se β' podjedinica β -konglicinina	
cgy3	β' podjedinica β -konglicinina odsutna	
Dia1-a	Mobilna varijanta diaforaze	Gorman i sar. (1983), Kiang i Gorman (1983)
Dia1-b	Mobilna varijanta diaforaze	
Dia2-a	Mobilna varijanta diaforaze	Liao i Palmer (1997)
Dia2-b	Mobilna varijanta diaforaze	
dia2-n	Odsutan band diaforaze	
Dia3	Prisutan band diaforaze	
dia3	Odsutan band diaforaze	
Enp-a	Mobilna varijanta endopeptidaze	Doong i Kiang (1987a), Griffin i Palmer (1987a), Rennie i sar. (1987b)
Enp-b	Mobilna varijanta endopeptidaze	
Enp-c	Mobilna varijanta endopeptidaze	
Ep	Visoka aktivnost peroksidaze	Buzzell i Buttery (1969)
ep	Niska aktivnost peroksidaze	
Est1-a	Mobilna varijanta esteraze	Bult i Kiang (1989)
Est1-b	Mobilna varijanta esteraze	
Eu1-a	Mobilna varijanta embrijske ureaze	Buttery i Buzzell (1971)
Eu1-b	Mobilna varijanta embrijske ureaze	Kloth i Hymowitz (1985), Holland i sar. (1987)
eu1-sun	Embrijska ureaza odsutna	Kloth i sar. (1987)
eu1-n4	Nema ureaze – nema mRNK	
eu1-n6	Ureaza – mRNK prisutna, 5% normalnog proteina	Meyer-Bothling i sar. (1987)
eu1-n7	Nema ureaze – nema mRNK	Polacco i sar. (1989)
eu1-n8	Ureaza – mRNK prisutna, 0.5% normalnog proteina	
Eu2	Ureaza – normalan nivo	
eu2	Nema sveprisutne ureaze, 0.6% embrijske ureaze	
Eu3	Ureaza – normalan nivo	
eu3-e1	Nedostaju oba tipa ureaze	
Eu3-e3	Redukovan nivo oba tipa ureaze	
Eu4	Ureaza – normalan nivo	
eu4	Normalna embrijska ureaza, nema sveprisutne ureaze	
Fle	Fluorescentna esteraza prisutna	Doong i Kiang (1988)
fle	Fluorescentna esteraza odsutna	
Got-a	Mobilna varijanta glutamat oksaloacetat transaminaze	Kiang i sar. (1987)
Got-b	Mobilna varijanta glutamat oksaloacetat transaminaze	
Got-c	Mobilna varijanta glutamat oksaloacetat transaminaze	
Gpd	Glikoza-6-fosfat dehidrogenaza prisutna	Gorman i sar. (1983), Kiang i Gorman (1983)

gpd	Glikoza-6-fosfat dehidrogenaza (slaba)	
Gy1	Glicinin podjedinica G1 proizvedena	Nielson i sar. (1989)
Gy2	Glicinin podjedinica G2 proizvedena	
Gy3	Glicinin podjedinica G3 proizvedena	
Gy4-a	G4 podjedinica glicinina prisutna	Kitamura i sar. (1984)
Gy4-b	Mobilna varijanta glicinina G4 podjedinice	Diers i sar. (1994)
gy4	G4 podjedinica glicinina odsutna	Kitamura i sar. (1984)
Gy5	Glicinin podjedinica G5 proizvedena	Nielsen i sar. (1989)
Idh1-a	Mobilna varijanta izocitrat dehidrogenaze	Yong i sar. (1981, 1982), Gorman i sar. (1983), Kiang i Gorman (1983, 1985)
Idh1-b	Mobilna varijanta izocitrat dehidrogenaze	
Idh2-a	Mobilna varijanta izocitrat dehidrogenaze	
Idh2-b	Mobilna varijanta izocitrat dehidrogenaze	
Idh3-a	Mobilna varijanta izocitrat dehidrogenaze	
Idh3-b	Mobilna varijanta izocitrat dehidrogenaze	
Lap1-a	Mobilna varijanta leucin aminopeptidaze	Gorman i sar. (1982a, 1982b, 1983)
Lap1-b	Mobilna varijanta leucin aminopeptidaze	
Lap2	Leucin aminopeptidaza prisutna	Kiang i sar. (1984)
lap2	Leucin aminopeptidaza odsutna	
Le	Lektin semena prisutan	Orf i sar. (1978), Pull i sar. (1978), Stahlhut i Hymowitz (1980)
le	Lektin semena odsutan	
Lx1-a	Lipoksigenaza 1 pI 5.85	Hildebrand i Hymowitz (1981, 1982)
Lx1-b	Lipoksigenaza 1 pI 5.79	Pfeiffer i sar. (1993)
lx1	Lipoksigenaza 1 odsutna	
Lx2	Lipoksigenaza 2 present	Davies i Nielsen (1986, 1987)
lx2	Lipoksigenaza 2 odsutna	
Lx3	Lipoksigenaza 3 present	Kitamura i sar. (1983)
lx3	Lipoksigenaza 3 odsutna	
Mdh1-a	Malat dehidrogenaza prisutna	Amberger i sar. (1992)
Mdh1-n (Columbia 1) [k2(Columbia 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1996)
Mdh1-n (Urbana 1) [y20(Urbana 1) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1996)
Mdh1-n (Ames 1) [y20(Ames 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Amberger i sar. (1992)
Mdh1-n (Ames 2) [y20(Ames 2)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Hedges i Palmer (1992)
Mdh1-n (Ames 3) [y20(Ames 3)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Hedges i Palmer (1992)
Mdh1-n (Ames 4) [y20(Ames 4)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Hedges i Palmer (1992)

Mdh1-n (Ames 5)	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1996)
Mdh1-n (Ames 6)	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1996)
Mdh1-n (Ames 7) [y20(Ames 5) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 8) [y20(Ames 6) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 9) [y20(Ames 7) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 10) [y20(Ames 8) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 11) [y20(Ames 9) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 12) [y20(Ames 10) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Columbia 1) [y20(Ames 11) k2(Columbia 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 13) [y20(Ames 12) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 14) [y20(Ames 13) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 15) [y20(Ames 14) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 16) [y20(Ames 15) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 17) [y20(Ames 16) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i Palmer (1998)
Mdh1-n (Ames 18)	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 19) [y20(Ames 17)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 6) [y20(Ames 18) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 6) [y20(Ames 19) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 6) [y20(Ames 20) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 6) [y20(Ames 21) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 20) [y20(Ames 22) k2(Urbana 1)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 21) [y20(Ames 23)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Chen i sar. (1999)
Mdh1-n (Ames 22) [y20(Ames 24)]	Malat dehidrogenaza odsutna	Palmer i sar. (2000)
Mips	Normal	Sebastian i sar. (2000)
mips	Redukovani nivo rafinaze, stahioze i fitične kiseline u semenu	
Mpi-a	Mobilna varijanta manoze-6- fosfat izomeraze	Gorman i sar. (1983), Kiang i Gorman (1983), Chiang i Kiang (1988)

Mpi-b	Mobilna varijanta manoze-6- fosfat izomeraze	
Mpi-c	Mobilna varijanta manoze-6- fosfat izomeraze	
Mpi-d	Mobilna varijanta manoze-6- fosfat izomeraze	
Mpi-e	Mobilna varijanta manoze-6- fosfat izomeraze	Yu i Kiang (1993b)
mpi	Manoza-6- fosfat izomeraza odsutna	Chiang i Kiang (1988)
Pgd1-a	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	Gorman i sar. (1983), Kiang i Gorman (1983), Chiang i Kiang (1987)
Pgd1-b	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	
Pgd1-c	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	
pgd1	Fosfoglukonat dehidrogenaza odsutna	
Pgd2-a	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	
Pgd2-b	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	
Pgd2-c	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	
Pgd3-a	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	
Pgd3-b	Mobilna varijanta fosfoglukonat dehidrogenaze	
Pgi1-a	Mobilna varijanta fosfoglukoza izomeraze	Chiang i sar. (1987)
Pgi1-b	Mobilna varijanta fosfoglukoza izomeraze	
pgi1	Band fosfoglukoza izomeraze odsutan	
Pgi2	Mobilna varijanta fosfoglukoza izomeraze	Chiang i sar. (1987)
pgi2	Band fosfoglukoza izomeraze odsutan	
Pgi3-a	Mobilna varijanta fosfoglukoza izomeraze	Chiang i sar. (1987)
Pgi3-b	Mobilna varijanta fosfoglukoza izomeraze	
Pgm1-a	Mobilna varijanta fosfogluko- mutaze	Gorman i sar. (1983), Kiang i Gorman (1983)
Pgm1-b	Mobilna varijanta fosfogluko- mutaze	
Pgm2-a	Mobilna varijanta fosfogluko- mutaze	Yu i Kiang (1993b)
Pgm2-b	Mobilna varijanta fosfogluko- mutaze	
Pgm2-c	Mobilna varijanta fosfogluko- mutaze	Yu i Kiang (1993b)
Pgm2-d	Mobilna varijanta fosfogluko- mutaze	
Pgm3	Mobilna varijanta fosfogluko- mutaze	
pgm3	Band fosfoglukomutaze odsutan	
Pha1 or Pha2	Visok fitat semena	Oltmans i sar. (2004)

pha1 pha2	Nizak fitat semena	
Pi1	Tripsin inhibitor prisutan	Kollipara i sar. (1996)
pi1	Tripsin inhibitor odsutan	
Pi2	Tripsin inhibitor prisutan	Kollipara i sar. (1996)
pi2	Tripsin inhibitor odsutan	
Pi3	Bowman-Birk inhibitor band BBI' prisutan	Kollipara i sar. (1996)
pi3	Bowman-Birk inhibitor band BBI' odsutan	
Sdh-a	Mobilna varijanta šikimat dehidrogenaze	Yu i Kiang (1993b)
Sdh-b	Mobilna varijanta šikimat dehidrogenaze	
Sod1	Bandovi 4 i 5 superoksid dizmutaze prisutni	Gorman i Kiang (1978), Gorman i sar. (1982b, 1984), Griffin i Palmer (1984, 1989)
sod1	Bandovi 4 i 5 superoksid dizmutaze odsutni	
Sod2-a	Mobilna varijanta superoksid dizmutaze	Griffin i Palmer (1989)
Sod2-b	Mobilna varijanta superoksid dizmutaze	
Ti-a	Mobilna varijanta Kunitz tripsin inhibitora	Singh i sar. (1969), Hymowitz i Hadley (1972), Orf i Hymowitz (1977, 1979)
Ti-b	Mobilna varijanta Kunitz tripsin inhibitora	
Ti-c	Mobilna varijanta Kunitz tripsin inhibitora	
Ti-x	Mobilna varijanta Kunitz tripsin inhibitora	Zhao i sar. (1995)
ti	Kunitz tripsin inhibitor odsutan	

^a Geni za sekundarna svojstva dati su u zagradama.

Tabela 3.16

Geni koji se nalaze u jedru i utiču na nedostatak, odnosno zadržavanje hlorofila u soji

Gen	Fenotip	Literatura
	1. Nedostatak hlorofila	
V1	Normalan	Woodworth (1932, 1933)
v1	Variegata listovi	
V2	Normalan	Honeycutt i sar. (1990)
v2	Variegata listovi	
Y3	Normalan (y3 G1 je takođe normalan)	Nagai (1926), Takagi (1929, 1930), Terao i Nakatomi (1929), simbol dali Morse i Cartter (1937)
y3 (with g1)	Zelen ponik, kasnije žuti	
Y4	Normalan	Simbol dali Morse i Cartter
y4	Zelenkasto-žuti listovi, slaba biljka	(1937), Woodworth i Williams (1938) (greškom kao y5)
Y5	Normalan	Simbol dali Morse i Cartter
y5	Zelenkasto-žuti listovi	(1937), Woodworth i Williams (1938) (greškom kao y4)

Y6	Normalan	Simbol dali Morse i Cartter
y6	Bledo zeleni listovi	(1937), Woodworth i Williams (1938)
Y7 or Y8	Normalan	Morse i Cartter (1937),
y7 y8	Žut porast pri nižim temperaturama	Probst (1950) (kao y8), Williams (1950)
Y9	Normalan	Probst (1950)
y9	Svetlozelenkasto-žuti listovi	
Y10	Normalan	Probst (1950)
y10	Zelenkasto-žut ponik	
Y11	Normalan	Weber i Weiss (1959)
Y11 y11	Svetlozelenkasto-žuti listovi	
y11	Letalno žut	
Y12	Normalan	Weiss (1970a)
y12	Beličasti prvi listovi, žučkasto-zeleni listovi	
Y13	Normalan	Weiss (1970b)
y13	Beličasto-zeleni ponik, zelenkasto-žuti listovi	
Y14	Normalan	Nissly i sar. (1976)
y14	Svetlozeleni listovi	
Y15b	Normalan	Nissly i sar. (1976),
y15b	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
Y16	Normalan	Wilcox i Probst (1969)
y16	Gotovo beo, letalan	
Y17	Normalan	Nissly i sar. (1981)
y17	Svetložučkasto-zeleni listovi	
Y18	Normalan	Peterson i Weber (1969)
Y18-m	Nestabilan alel, rezultira himerom hlorofila	
y18 (Urbana)	Gotovo letalno žut	Palmer (1987)
Y18-m	Nestabilan alel, rezultira himerom hlorofila	
y18 (Ames 1)	Gotovo letalno žut	Sheridan i Palmer (1975)
y18 (Ames 2)	Gotovo letalno žut	Palmer i sar. (2000)
Y19	Normalan	Palmer i sar. (1990b)
y19	Odloženi albino	
Y20 [Mdh1 K2]	Normalan	Palmer (1984b)
y20 (Ames 23) [Mdh1-n (Ames 21)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
y20 (Urbana 1) [Mdh1-n (Urbana 1) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Palmer (1984b)
y20 (Ames 1) [Mdh1-n (Ames 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Amberger i sar. (1992)
y20 (Ames 2) [Mdh1-n (Ames 2)]	Žučkasto-zeleni listovi	Hedges i Palmer (1992)
y20 (Ames 3) [Mdh1-n (Ames 3)]	Žučkasto-zeleni listovi	Hedges i Palmer (1992)
y20 (Ames 4) [Mdh1-n (Ames 4)]	Žučkasto-zeleni listovi	Hedges i Palmer (1992)
y20 (Ames 5) [Mdh1-n (Ames 7) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)

y20 (Ames 6) [Mdh1-n (Ames 8) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 7) [Mdh1-n (Ames 9) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 8) [Mdh1-n (Ames 10) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 9) [Mdh1-n (Ames 11) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 10) [Mdh1-n (Ames 12) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 11) [Mdh1-n (Columbia 1) k2 (Columbia 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 12) [Mdh1-n (Ames 13) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 13) [Mdh1-n (Ames 14) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 14) [Mdh1-n (Ames 15) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 15) [Mdh1-n (Ames 16) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 16) [Mdh1-n (Ames 17) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i Palmer (1998)
y20 (Ames 17) [Mdh1-n (Ames 19)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
y20 (Ames 18) [Mdh1-n (Ames 6) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
y20 (Ames 19) [Mdh1-n (Ames 6) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
y20 (Ames 20) [Mdh1-n (Ames 6) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
y20 (Ames 21) [Mdh1-n (Ames 6) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
y20 (Ames 22) [Mdh1-n (Ames 20) k2 (Urbana 1)]	Žučkasto-zeleni listovi	Chen i sar. (1999)
y20 (Ames 24) [Mdh1-n (Ames 22)]	Žučkasto-zeleni listovi	Palmer i sar. (2000)
Y21	Normalan	Yee i sar. (1986)
y21	Letalno žut	
Y22	Normalan	Palmer i sar. (1990b)
y22	Zelenkasto-žuti listovi	
Y23	Normalan	Palmer i sar. (1990b)
y23	Listovi postaju žuto-beli i nekrotični	
	2. Zadržavanje hlorofila	

D1 or D2	Žuta klica	Woodworth (1921), Owen (1927a), Veatch i Woodworth (1930)
d1 d2	Zelena klica	
G1	Zelena semenjača	Terao (1918), Takahashi i Fukuyama (1919), Nagai (1921), Woodworth (1921)
g1	Žuta semenjača	
G2	Zelena semenjača	Reese i Boerma (1989)
g2	Žuta semenjača	
G3	Žuta semenjača	Reese i Boerma (1989)
g3	Zelena semenjača	

^a Geni za sekundarna svojstva navedeni su u zagradama.

^b T234 je alel sa T325 (y20 y20). Genski simbol y15 je izbrisan. T234 je sada y20 (Ames 23) [Mdh1-n (Ames 21)] (Chen i sar., 1999).

Tabela 3.17

Citoplazmatski činioci koji utiču na odsustvo i zadržavanje hlorofila ili morfologiju soje

Gen	Fenotip	Literatura
	1. Odsustvo hlorofila	
cyt-G2	Normalan	Palmer i Mascia (1980)
cyt-Y2	Žuti listovi, postaju žučkasto-zeleni	
cyt-G3	Normalan	Shoemaker i sar. (1985)
cyt-Y3	Žuti listovi, veoma slaba biljka, (mutabilne biljke su hlorofilne himere)	
cyt-G4	Normalan	Cianzio i Palmer (1992)
cyt-Y4	Žuti listovi	
cyt-G5	Normalan	Cianzio i Palmer (1992)
cyt-Y5	Zelena-žuti listovi	
cyt-G6	Normalan	Cianzio i Palmer (1992)
cyt-Y6	Žuti listovi, vigor	
cyt-G7	Normalan	Cianzio i Palmer (1992)
cyt-Y7	Žutilistovi, slab	
cyt-G8	Normalan	Cianzio i Palmer (1992)
cyt-Y8	Zelena-žuti listovi	
	2. Zadržavanje hlorofila	
cyt-G1	Zelena klica	Terao (1918), Veatch i Woodworth (1930)
cyt-Y1	Žuta klica	
	3. Morfologija	
cyt-W1	Hrapavi listovi	Stephens i sar. (1991)

Tabela 3.18

Geni koji kontroliraju sastav masnih kiselina u soji

Gen	Fenotip	Literatura
	1. Palmitat	
Fap1	Normalan nivo palmitinske kiseline	Erickson i sar. (1988), Wilcox i Cavins (1990)
fap1	Smanjen nivo palmitinske kiseline	
Fap2	Normalan nivo palmitinske kiseline	Erickson i sar. (1988), Wilcox i Cavins (1990)
fap2	Povećan nivo palmitinske kiseline	
fap2	Smanjen nivo palmitinske kiseline	Rahman i sar. (1999)
fap2-b	Povećan nivo palmitinske kiseline	Fehr i sar. (1991b), Schnebly i sar. (1994)
Fap3	Normalan nivo palmitinske kiseline	Fehr i sar. (1991a), Schnebly i sar. (1994)
fap3	Smanjen nivo palmitinske kiseline	
fap3-nc	Smanjen nivo palmitinske kiseline	Burton i sar. (1994), Wilson i sar. (2001)
Fap4	Normalan nivo palmitinske kiseline	Fehr i sar. (1991b), Schnebly i sar. (1994)
fap4	Povećan nivo palmitinske kiseline	
Fap5	Normalan nivo palmitinske kiseline	Stoltzfus i sar. (2000a)
fap5	Povećan nivo palmitinske kiseline	
Fap6	Normalan nivo palmitinske kiseline	Narvel i sar. (2000)
fap6	Povećan nivo palmitinske kiseline	
Fap7	Normalan nivo palmitinske kiseline	Stoltzfus i sar. (2000b)
fap7	Povećan nivo palmitinske kiseline	
fapx	Smanjen nivo palmitinske kiseline	Stojšin i sar. (1998)
fapx	Smanjen nivo palmitinske kiseline	Rahman i sar. (1999)
fap?	Smanjen nivo palmitinske kiseline	Takagi i sar. (1995)
fap?	Smanjen nivo palmitinske kiseline	Primomo i sar. (2002)
	2. Stearat	
Fas	Normalan nivo stearinske kiseline	Graef i sar. (1985), Hammond i Fehr (1983b)
fas	Povećan nivo stearinske kiseline	
fas-a	Povećan nivo stearinske kiseline	
fas-b	Povećan nivo stearinske kiseline	
St1	Normalan nivo stearinske kiseline	Rahman i sar. (1997)
st1	Povećan nivo stearinske kiseline	
St2	Normalan nivo stearinske kiseline	Rahman i sar. (1997)
st2	Povećan nivo stearinske kiseline	
	3. Oleat	
Ol	Normalan nivo oleinske kiseline	Rahman i sar. (1996b), Takagi i Rahman (1996)
ol	Povećan nivo oleinske kiseline	
ol-a	Povećan nivo oleinske kiseline	
	4. Linolenat	
Fan1	Normalan nivo linolenske kiseline	
fan1	Smanjen nivo linolenske kiseline	Rennie i Tanner (1989a)
fan1	Smanjen nivo linolenske kiseline	Hammond i Fehr (1983a)
fan1	Smanjen nivo linolenske kiseline	Wilcox i Cavins (1985, 1987)

fan1	Smanjen nivo linolenske kiseline	Rennie i sar. (1988)
fan1	Smanjen nivo linolenske kiseline	Rahman i sar. (1996a)
fan1-b	Smanjen nivo linolenske kiseline	Stojšin i sar., (1998)
Fan2	Normalan nivo linolenske kiseline	Fehr i sar. (1992), Fehr i Hammond (1996)
fan2	Smanjen nivo linolenske kiseline	
Fan3	Normalan nivo linolenske kiseline	Ross (1999), Ross i sar. (2000)
fan3	Smanjen nivo linolenske kiseline	
fanx	Smanjen nivo linolenske kiseline	Rahman i sar. (1996a), Rahman i Takagi (1997)
fanx-a	Smanjen nivo linolenske kiseline	Rahman i sar. (1998)

Tabela 3.19

Boja semenjače i hiluma. Fenotipovi soje kontrolisani različitim kombinacijama gena^a

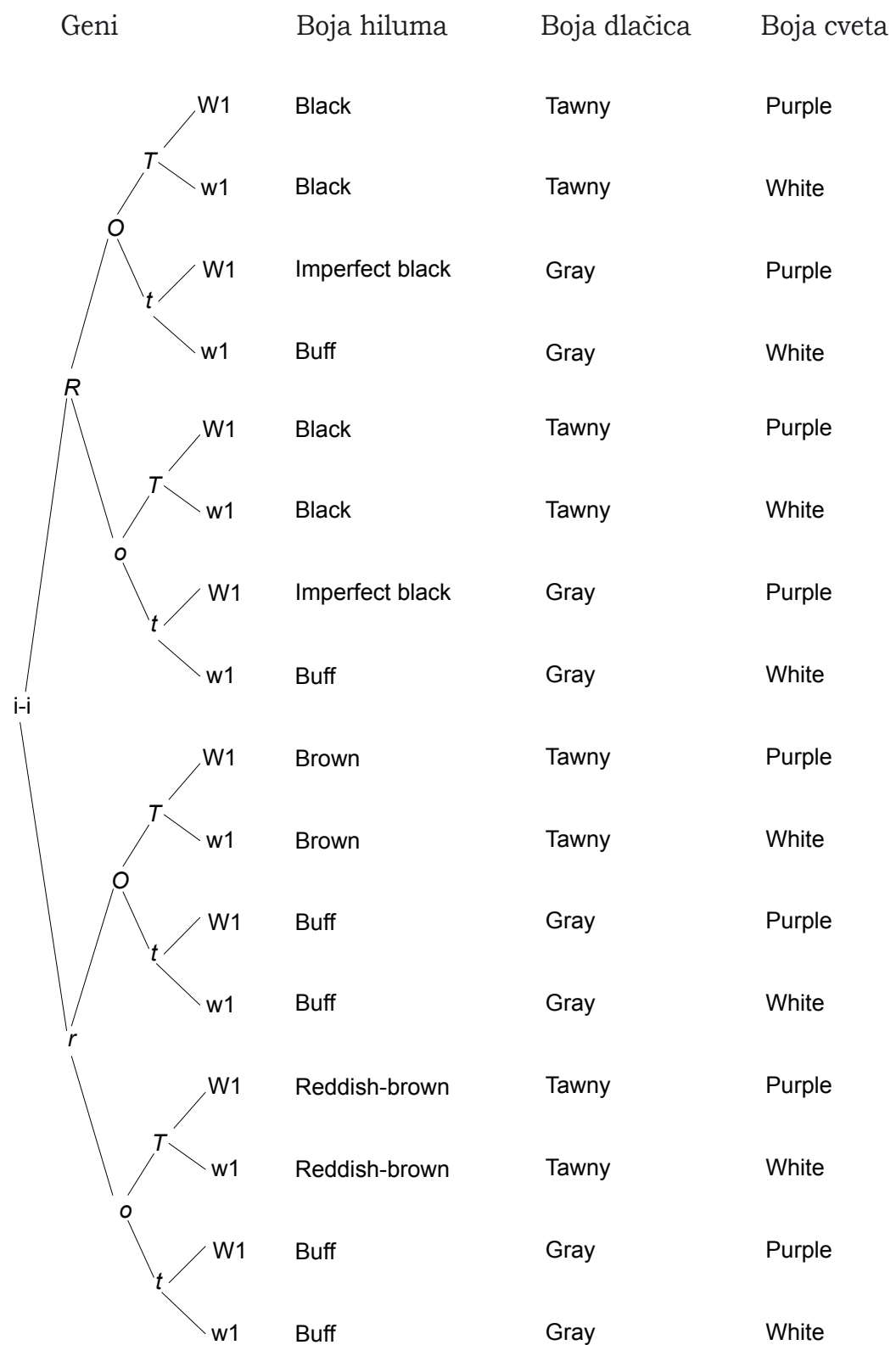
	Boja semenjače i hiluma	Boja pege i hiluma	Boja hiluma	Boja hiluma
Geni	i	i-k	i-i	l
TR	crn	crn	crn	siv
TrO	smeđ	smeđ	smeđ	žutb
Tro	crveno smeđ	crveno smeđ	crveno smeđ	žutb
tRW1	nepotpuno crn	nepotpuno crn	nepotpuno crn	siv
tRw1	žučkasto smeđ	žučkasto smeđ	žučkasto smeđ	žut
tr	žučkasto smeđ	žučkasto smeđ	žučkasto smeđ	žut

^a Izmenjena u odnosu na Specht i Williams (1978) i Palmer i Stelly (1979).

^b Ponekad se zove i nepotpuno žut (Cober i sar., 1998).

Graf 3.1

Nasleđivanje boje hiluma na zrnu soje sa žutom semenjačom^a



Graf 3.2

Tradicionalan (klasična) mapa vezanih gena u soji^a

Vezana grupa	Vezani geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literatura
1	<i>Aco3</i>		Buzzell (1974, 1977, 1979)
	<i>df5</i>	<i>Aco3</i> <i>Sp1</i> <i>y12</i>	Buzzell i Palmer (1985)
	<i>E1</i>	12.4 ± 0.8 16.3 ± 1.5 22.0 ± 1.5	Cober i Voldeng (2001)
	<i>E7</i>	<i>Sp1</i> 30.2 ± 1.5	Griffin i Palmer (1987b)
	<i>fg3</i>	<i>Aco3</i> 33.6 ± 3.7 <i>y12</i>	Hanson (1961)
	<i>fg4</i>	<i>Aco3</i> 39.2 ± 2.1	Kiang i Bult (1991)
	<i>Sp1</i>	<i>Aco3</i> 39.2 ± 2.1	Kiang i Chiang (1988)
	<i>t</i>	<i>y12</i> <i>F1</i> <i>t</i> <i>E7</i>	Palmer (1977, 1984a)
	<i>y12</i>	20.2 ± 1.1 2.4 ± 0.4 3.9	Weiss (1970a)
		<i>y12</i> 21.8 ± 1.1	
		<i>fg3</i> <i>fg4</i> <i>t</i>	
		12.0 ± 1.8 3.9 ± 0.9	
		<i>fg3</i> 13.5 ± 5.9	
		<i>df5</i> 15.4 ± 1.0	

Vešana grupa	Vežani geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literatura
2	<i>PI</i> <i>r</i>	Bez dlačica Smede zrno	Weiss(1970b)
		<i>PI</i> ----- <i>r</i> 20.9 ± 2.4	
3	<i>GI</i> <i>dl</i>	Zelena semenjača Zelena klica	Weiss (1970b)
		<i>GI</i> ----- <i>dl</i> 4.2 ± 0.6	
4	<i>Enp</i> <i>Est1</i> <i>ln</i> <i>p2</i> <i>vl</i>	Endopeptidaza Esteraza Uska liska, mahune sa četiri zrna Prekriven finim dlačicama Variegata listovi	Abe i sar. (1997) Muehlbauer i sar. (1989) Weiss (1970c)
		<i>vl</i> ----- <i>ln</i> ----- <i>p2</i> 35.6 ± 0.9 26.4 ± 1.4 <i>Est1</i> ----- <i>ln</i> ----- <i>Enp</i> 20.4 ± 2.2 17.6 ± 1.8 <i>Est1</i> ----- <i>Enp</i> 32.3 ± 2.1	

Vešana grupa	Vežani geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literatura
5	<i>dtl</i> <i>E3</i> <i>L1</i> <i>Pgd1</i> <i>Pgi1</i>	Determinantno stablo Kasni i osetljiv na fluorescentno osvetljenje Crna mahuna Fosfoglukonat dehidrogenaza Fosfoglukoza izomeraza	Cober i Voldeng (1996) Kiang (1990a) Weiss (1970d)
		<i>Pgi1</i> ----- <i>Pgd1</i> ----- <i>L1</i> ----- <i>dtl</i> 15.5 ± 1.2 18.0 ± 1.7 38.1 ± 2.4 <i>Pgi1</i> ----- <i>L1</i> 29.6 ± 2.0 <i>Pgd1</i> ----- <i>dtl</i> 46.3 ± 2.0 <i>dtl</i> ----- <i>E3</i> 27.5 ± 3.2	
7	<i>i</i> <i>o</i> <i>Rhg4</i> <i>y13</i>	Samopotamnijujuće zrno Crvenkasto braon zrno Otpornost na Cist nematode (sa <i>rhg1</i> , <i>rhg2</i> , i <i>rhg3</i>) Odsustvo hlorofila	Matson i Williams (1965) Weiss (1970e)
		<i>y13</i> ----- <i>o</i> ----- <i>i</i> 31.3 ± 1.9 17.8 ± 0.7 <i>y13</i> ----- <i>i</i> 41.1 ± 0.9 <i>i</i> ----- <i>Rhg4</i> 0.35	

Vezana grupa	Vezani geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literatura
8	Alkohol		Bult i sar. (1989)
	dehidrogenaza	<i>y11</i> 25,3±2,3 <i>df2</i> 25,8±2,5 <i>ms1</i> 28,5±1,9 <i>w1</i> 2,2±0,7 <i>vm</i> <i>ms6</i> 13,4±0,8 <i>y23</i> <i>st5</i> 6,2±1,8 <i>Adh1</i>	Buzzell (1975, 1976)
	Patuljavnost	<i>y11</i> 39,3±3,0 <i>ms1</i>	Buzzell i sar. (1977)
	Muški sterilan	<i>df2</i> 36,4±1,1 <i>w1</i> 3,7±0,6 11,2±1,8	Ilarslan i sar. (1999)
	Muški sterilan, ženski sterilan	<i>df2</i> 34,2±5,0 <i>y23</i> 7,2±1,2	Kiang (1990b)
	Beo cvet	<i>ms1</i> 44,2±2,1 <i>w1</i> 17,6±0,5	Kiang i sar. (1987)
	Magenta cvet	<i>w1</i> 38,5±2,7	Lewers i Palmer (1993)
	Odsustvo hlorofila	<i>y11</i> 22,6±1,6 <i>st5</i>	Mahama i sar. (2002)
	Odsustvo hlorofila	<i>w1</i> 22,8±1,1	Mahama i Palmer (1998, 2003)
		<i>ms1</i> 39,6±3,3	Palmer (1976, 1985)
		<i>ms1</i> 41,2±2,6 <i>Adh1</i>	Palmer i Chen (1998b)
		<i>ms1</i> 38,5±2,7	Palmer i Kaul (1983)
		<i>ms1</i> 39,6±3,3	Palmer i sar. (1990b)
		<i>ms1</i> 41,2±2,6 <i>Adh1</i>	Sadanaga (1983)
		<i>ms1</i> 41,2±2,6 <i>Adh1</i>	Sadanaga i Grindeland (1984)
		<i>ms1</i> 41,2±2,6 <i>Adh1</i>	Weiss (1970d)

Vezana grupa	Vezani geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literatura
9	Kisela fosfataza	<i>Fr3</i> 7,4±0,7 <i>Ap</i> 9,5±0,8 <i>Ti</i> 10,9±1,0 <i>Lap1</i> <i>Pgd2</i> 20,6±1,0	Chiang i Kiang (1987)
	Nefluorescentan koren u UV svetlu	<i>Fr3</i> 11,9±3 <i>Ti</i>	Hildebrand i sar. (1980)
	Leucin aminopeptidaza	<i>Fr3</i> 29,3±1,4 <i>Lap1</i>	Kiang i sar. (1985)
	Fosfoglukonat dehidrogenaza	<i>Ap</i> 22,3±0,9 <i>Lap1</i>	Palmer i Chen (1998a)
	Kunitz tripsin inhibitor	<i>Ap</i> 39,8±1,0 <i>Pgd2</i>	
10	Metribuzin osetljiv	<i>Rps7</i> <i>Rps1</i>	Anderson i Buzzell (1992)
	Boja mahune	12,5±2,7	Kilen i Barrentine (1983)
	Otpornost prema fitofloroznoj truleži korena	<i>Rps1</i> <i>hm</i>	Kilen i Tyler (1993)
	Otpornost prema fitofloroznoj truleži korena	7,0±1,2	Weng i sar. (2001)
		<i>Rps1</i> 27,5±4,1 <i>L2</i>	

Vešana grupa	Vežani geni	Mapa intenziteta vežanosti ^b	Literatura
11	<i>f</i> <i>Idhl</i> <i>rj1</i>		Devine i sar. (1983) Hedges i sar. (1990)
12	<i>ep</i> <i>fr1</i>		Griffin i sar. (1989)
13	<i>Rpv1</i> <i>Rsv1</i>		Roane i sar. (1983)

Vešana grupa	Vežani geni	Mapa intenziteta vežanosti ^b	Literatura
14	<i>Pb</i> <i>y9</i> <i>y17</i>		Devine (1998) Thorson i sar. (1989)
15	<i>ms2</i> <i>Pgm1</i>		Sneller i sar. (1992)
16	<i>lf2</i> <i>Pd2</i>		Devine (2003)

Vešana grupa	Vešana geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literaturas
17	<i>Idh2</i> Izocitrat dehidrogenaza <i>Fan</i> Linolenska kiselina zrna <i>Fas</i> Stearinska kiselina zrna	<i>Idh2</i> ----- 27.2 ± 2.0 <i>Fan</i> ----- 21.6 ± 1.7 <i>Fas</i> ----- 37.0 ± 2.7	Rennie i Tanner (1989b) Rennie i sar. (1988)

Vešana grupa	Vešana geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literaturas
18	<i>Dt2</i> Semideterminantno stablo <i>Mpi</i> Manoza-6-fosfat izomeraza	<i>Mpi</i> ----- 16.1 ± 6.4 <i>Dt2</i>	Muehlbauer i sar. (1989)
19	<i>Aco2</i> Akonitaza <i>Rj2</i> Neefikasna nodulacija <i>Rmd</i> Otpornost prema plamenjači <i>Rps2</i> Otpornost prema fitoforozi i truleži korena	<i>Aco2</i> ----- 44.7 ± 2.0 <i>Rj2</i> ----- 1.9 ± 0.6 2.3 ± 0.7 <i>Rmd</i> <i>Rps2</i> ----- 3.6 ± 0.9	Devine i sar. (1991a, 1991b) Lohnes i sar. (1993)

Vešana grupa	Vešana geni	Mapa intenziteta vezanosti ^b	Literaturas
20	MDH <i>Rxp</i> Malat dehidrogenaza Otpornost prema bakterijskim pustulama	<i>Rxp</i> ----- 15.2 ± 3.8 MDH	Palmer i sar. (1992)
21	<i>Dia2</i> <i>Fle</i> Diaforaza Fluorescent esteraza	<i>Fle</i> ----- 9.8 ± 1.3 <i>Dia2</i>	Yu i Kiang (1993b)

^a Vešanu grupu (LG) 15 otkrili su Kloth i sar. (1987), ali nove informacije ukazuju na kompleksniju vezu, te je ova grupa povučena. LG 15 je ponovo uveo Soybean Genetics Committee za gene *Ms2* i *Pgm1* koje su otkrili Sneller i sar. (1992). Vešana grupa 16 sadrži gene *Pgd1* i *Pgil*. Međutim, kako je dokazano da je *Pdgl* povezan sa *L1* (Kiang, 1990a), LG 16 je postala deo LG 5, a LG 16 je povučena. Soybean Genetics Committee ponovo je uveo LG 16 za gene *Lf2* i *Pd2* koje je otkrio Devine (2003). Vešana grupa 6 sadrži gene *Df2* i *Y11*. Zbog toga što hromozomske translokacije ukazuju da su LG 6 i LG 8 bili ista vezana grupa (isti hromozom) (Mahama i Palmer, 2003), LG 6 je postala deo of LG 8. Stoga je LG 6 trenutno van upotrebe. LG 19 veza između *Aco2* i *Rj2* nije dokazana i predstavljena je isprekidanim linijom.

^b Mapa intenziteta vezanosti data je kao procenat rekombinacije sa standardnom greškom.

IZVOD

U ovom poglavlju sumirane su postojeće i istaknute nove informacije o genetici soje sa posebnim osvrtom na podatke publikovane od prvog izdanja (1998) ove knjige. Genetika soje obuhvata sve aspekte genetike u okviru roda *Glycine*. Prikazan je spisak genskih simbola, sa fenotipom i literaturom odobrenom od strane Komiteta za genetiku soje. Radi potpunosti dati su podaci neophodni za odgovarajući opis fenotipa i genetike mutanata. Prikazane su tradicionalna mapa vezanih gena i metodi izrade molekularnih genetičkih mapa i razmotrena je integracija klasičnih i molekularnih markera, kao i uporedno mapiranje. Obrađena je problematika genomskih duplikacija, homeologije u genomu soje i analiza mapa zasnovana na pedigreu.

LITERATURA

Abe, J., Hirata, T. i Shimamoto, Y. (1997): Assignment of *Est1* locus to soybean linkage group 4. *J. Hered.* 88: 557-559.

Abel, G.H. (1969): Inheritance of the capacity for chloride inclusion and chloride exclusion by soybeans. *Crop Sci.* 9: 697-698.

Albertsen, M.C., Curry, T.M., Palmer, R.G. i LaMotte, C.E. (1983): Genetics and comparative growth morphology of fasciation in soybeans (*Glycine max*) (L.) Merr.) *Bot. Gaz.* 144: 263-275.

Amberger, L.A., Shoemaker, R.C. i Palmer, R.G. (1992): Inheritance of two independent isozyme variants in soybean plants derived from tissue culture. *Theor. Appl. Genet.* 84: 600-607.

Anderson, T.R. i Buzzell, R.I. (1992): Inheritance and linkage of the *Rps7* gene for resistance to *Phytophthora* rot of soybean. *Plant Dis.* 76: 958-959.

Athow, K.L. i Laviolette, F.A. (1982): *Rps6*, a major gene for resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean. *Phytopathology* 72: 1564-1567.

Athow, K.L., Laviolette, F.A., Layton Hahn, A.C. i Ploper, L.D. (1986): Genes for resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in PI 273483D, PI 64747, PI 274212, PI 82312N, and PI 340046. *Soybean Genet. Newsl.* 13: 119-131.

Athow, K.L., Laviolette, F.A., Mueller, E.H. i Wilcox, J.R. (1980): A new major gene for resistance to *Phytophthora megasperma* var. *sojae* in soybean. *Phytopathology* 70: 977-980.

Athow, K.L. i Probst, A.H. (1952): The inheritance of resistance to frogeye leaf spot of soybeans. *Phytopathology* 42: 660-662.

Bernard, R.L. (1967): The inheritance of pod color in soybeans. *J. Hered.* 58: 165-168.

Bernard, R.L. (1971): Two major genes for time of flowering and maturity in soybeans. *Crop Sci.* 11: 242-244.

Bernard, R.L. (1972): Two genes affecting stem termination in soybeans. *Crop Sci.* 12: 235-239.

Bernard, R.L. (1975a): An allelic series affecting stem length. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 28-30.

Bernard, R.L. (1975b): The inheritance of near-gray pubescence color. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 31-33.

Bernard, R.L. (1975c): The inheritance of semi-sparse pubescence. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 33-34.

Bernard, R.L. (1975d): The inheritance of appressed pubescence. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 34-36.

Bernard, R.L. i Cremeens, C.R. (1972): A gene for general resistance to downy mildew of soybean. *J. Hered.* 62: 359-362.

Bernard, R.L. i Cremeens, C.R. (1975): Inheritance of the Eldorado male-sterile trait. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 37-39.

Bernard, R.L. i Cremeens, C.R. (1981): An allele at the *rps* locus from the variety 'Kingwa'. *Soybean Genet. Newsl.* 8: 40-42.

Bernard, R.L. i Howell, R.W. (1964): Inheritance of phosphorus sensitivity in soybeans. *Crop Sci.* 4: 298-299.

Bernard, R.L. i Singh, B.B. (1969): Inheritance of pubescence type in soybeans: Glabrous, curly, dense, sparse, and puberulent. *Crop Sci.* 9: 192-197.

Bernard, R.L. i Wax, L.M. (1975): Inheritance of a sensitive reaction to bentazon herbicide. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 46-47.

- Bernard, R.L. i Weiss, M.G. (1973): Qualitative genetics. In Caldwell, B.E. (ed.). Soybeans: Improvement, production, and uses. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 117-154.
- Bernard, R.L., Smith, P.E., Kaufmann, M.J. i Schmitthenner, A.F. (1957): Inheritance of resistance to phytophthora root and stem rot in the soybean. Agron. J. 49: 391.
- Blanc, G., i Wolfe, K.H. (2004): Widespread paleopolyploidy in model plant species inferred from age distributions of duplicate genes. Plant Cell 16: 1667-1678.
- Boerma, H.R. i Cooper, R.L. (1978): Increased female fertility associated with the *ms1* locus in soybeans. Crop Sci. 18: 344-346.
- Boerma, H.R. i Jones, B.G. (1978): Inheritance of a second gene for brachytic stem in soybeans. Crop Sci. 18: 559-560.
- Boerma, H.R. i Phillips, D.V. (1983): Genetic implications of the susceptibility of Kent soybean to *Cercospora sojina*. Phytopathology 74: 1666-1668.
- Boerma, H.R. i Kuhn, C.W. (1976): Inheritance of resistance to peanut mottle virus in soybeans. Crop Sci. 16: 533-534.
- Boerma, H.R., Kuhn, C.W. i Harris, H.B. (1975): Inheritance of resistance to cowpea chlorotic mottle virus (soybean strain) in soybeans. Crop Sci. 15: 849-850.
- Bonato, E.R. i Vello, N.A. (1999): *E6*, a dominant gene conditioning early flowering and maturity in soybeans. Genet. Molec. Biol. 22: 229-232.
- Boutin, S., Young, N., Olson, T., Yu, Z.H., Shoemaker, R. i Vallejos, E. (1995): Genome conservation among three legume genera detected with DNA markers. Genome 38: 928-937.
- Bowers, Jr., G.R., Ngeleka, K. i Smith, O.D. (1993): Inheritance of stem canker resistance in soybean cultivars Crockett and Dowling. Crop Sci. 33: 67-70.
- Brim, C.A. i Young, M.F. (1971): Inheritance of a male-sterile character in soybeans. Crop Sci. 11: 564-566.
- Bult, C.J. i Kiang, Y.T. (1989): Inheritance and genetic linkage tests of an esterase locus in the cultivated soybean, *Glycine max*. J. Hered. 80: 82-85.
- Bult, C.J., Kiang, Y.T., Devine, T.E., O'Neill, J.J. i Doong, J.Y.H. (1989): Testing for genetic linkage of morphological and electrophoretic loci in the cultivated soybean. Soybean Genet. Newsl. 16: 168-174.
- Burnham, K.D., Dorrance, A.E., Francis, D.M., Fioritto, R.J. i St. Martin, S.K. (2003): *Rps8*, a new locus in soybean for resistance to *Phytophthora sojae*. Crop Sci. 43: 101-105.
- Burton, J.W., Wilson, R.F. i Brim, C.A. (1994): Registration of N79-2077-12 and N87-2122-4, two soybean germplasm lines with reduced palmitic acid in seed oil. Crop Sci. 34: 313.
- Buss, G.R. (1983): Inheritance of a male-sterile mutant from irradiated Essex soybeans. Soybean Genet. Newsl. 10: 104-108.
- Buss, G.R., Ma, G., Kristipati, S., Chen, P. i Tolin, S.A. (1999): A new allele at the *Rsv3* locus for resistance to soybean mosaic virus. In Kauffman, H.E. (ed.). Proc. World Soybean Res. Conf. VI. Superior Printing, Champaign, IL, 490.
- Buttery, B.R. i Buzzell, R.I. (1971): Properties and inheritance of urease isoenzymes in soybean seeds. Can. J. Bot. 49: 1101-1105.
- Buttery, B.R. i Buzzell, R.I. (1973): Varietal differences in leaf flavonoids of soybeans. Crop Sci. 13: 103-106.
- Buttery, B.R. i Buzzell, R.I. (1975): Soybean flavonol glycosides: Identification and biochemical genetics. Can. J. Bot. 53: 219-224.
- Buzzell, R.I. (1971): Inheritance of a soybean flowering response to fluorescent-day-length conditions. Can. J. Genet. Cytol. 13: 703-707.
- Buzzell, R.I. (1974): Soybean linkage tests. Soybean Genet. Newsl. 1: 11-14.
- Buzzell, R.I. (1976): Soybean linkage and allelism tests. Soybean Genet. Newsl. 3: 11-14.
- Buzzell, R.I. (1977): Soybean linkage tests. Soybean Genet. Newsl. 4: 12-13.
- Buzzell, R.I. (1979): Soybean linkage tests. Soybean Genet. Newsl. 6: 15-16.
- Buzzell, R.I. i Anderson, T.R. (1981): Another major gene for resistance to *Phytophthora megasperma* var. *sojae* in soybeans. Soybean Genet. Newsl. 8: 30-33.
- Buzzell, R.I. i Anderson, T.R. (1992): Inheritance and rasa reaction of a new soybean *Rps1* allele. Plant Dis. 76: 600-601.
- Buzzell, R.I. i Buttery, B.R. (1969): Inheritance of peroxidase activity in soybean seed coats. Crop Sci. 9: 387-388.
- Buzzell, R.I. i Buttery, B.R. (1992): Inheritance of an anomalous flavonoid glycoside gene in soybean. Genome 35: 636-638.
- Buzzell, R.I., Buttery, B.R. i Bernard, R.L. (1977): Inheritance and linkage of a magenta flower gene in soybeans. Can. J. Genet. Cytol. 19: 749-751.
- Buzzell, R.I., Buttery, B.R. i MacTavish, D.C. (1987): Biochemical genetics of black pigmentation of soybean seed. J. Hered. 78: 53-54.
- Buzzell, R.I. i Haas, J.H. (1978): Inheritance of adult plant resistance to powdery mildew in soybeans. Can. J. Genet. Cytol. 20: 151-153.
- Buzzell, R.I. i Palmer, R.G. (1985): Soybean linkage group 1 tests. Soybean Genet. Newsl. 12: 32-33.
- Buzzell, R.I. i Tu, J.C. (1989): Inheritance of a soybean stem-tip necrosis reaction to soybean mosaic virus. J. Hered. 80: 400-401.
- Buzzell, R.I. i Voldeng, H.D. (1980): Inheritance of insensitivity to long daylength. Soybean Genet. Newsl. 7: 26-29.
- Byth, D.E. i Weber, C.R. (1969): Two mutant genes causing dwarfness in soybeans. J. Hered. 60: 278-280.
- Caldwell, B.E. (1966): Inheritance of a strain-specific ineffective nodulation in soybeans. Crop Sci. 6: 427-428.
- Caldwell, B.E., Brim, C.A. i Ross, J.P. (1960): Inheritance of resistance of soybeans to cyst nematode, *Heterodera glycines*. Agron. J. 52: 635-636.
- Cannon, S.B., McCombie, W.R., Sato, S., Tabata, S., Denny, R., Palmer, L., Katari, M., Young, N.D. i Stacey, G. (2003): Evolution and microsynteny of the apyrase gene family in three legume genomes. Mol. Genet. Genomics 270: 347-361.
- Cary, T.R. i Nickell, C.D. (1999): Genetic analysis of a short-petiolute-type soybean, LN89-3502TP. J. Hered. 90: 300-301.
- Cervantes-Martinez, I.G. (2005): Molecular mapping of male-sterile, female-fertile soybean *ms2*, *ms3*, and *ms9* loci [*Glycine max* (L.) Merrill]. M.S. thesis, Iowa State University, Ames.
- Chaudhari, H.K. i Davis, W.H. (1977): A new male-sterile strain in Wabash soybeans. J. Hered. 68: 266-267.
- Chen, P., Buss, G.R., Roane, C.W. i Tolin, S.A. (1991): Allelism among genes for resistance to soybean mosaic virus in strain-differential soybean cultivars. Crop Sci. 31: 305-309.
- Chen, P., Buss, G.R., Tolin, S.A., Gunduz, I. i Cicek, M. (2002): A valuable gene in Suweon 97 soybean for resistance to soybean mosaic virus. Crop Sci. 42: 333-337.
- Chen, P., Ma, G., Buss, G.R., Gunduz, I., Roane, C.W. i Tolin, S.A. (2001): Inheritance and allelism tests of Raiden soybean for resistance to soybean mosaic virus. J. Hered. 92: 51-55.
- Chen, X.F., Imsande, J. i Palmer, R.G. (1999): Eight new mutants at the *k2 Mdh1-n y20* chromosomal region in soybean. J. Hered. 90: 399-403.
- Chen, X.F. i Palmer, R.G. (1996): Inheritance and linkage with the *k2* and *Mdh1-n* loci in soybean. J. Hered. 87: 433-437.
- Chen, X.F. i Palmer, R.G. (1998): Instability at the *k2 Mdh1-n y20* chromosomal region in soybean. Mol. Gen. Genet. 260: 309-318.
- Chiang, Y.C., Gorman, M.B. i Kiang, Y.T. (1987): Inheritance and linkage analysis of phosphoglucose isomerase isozymes in soybeans. Biochem. Genet. 25:893-900.
- Chiang, Y.C. i Kiang, Y.T. (1987): Inheritance and linkage relationships of 6-phosphogluconate dehydrogenase isozymes in soybean. Genome 29: 786-792.
- Chiang, Y.C. i Kiang, Y.T. (1988): Genetic analysis of mannose-6-phosphate isomerase in soybeans. Genome 30: 808-811.
- Choi, H.K., Kim, D., Uhm, T., Limpens, E., Lim, H., Mun, J.H., Kalo, P., Penmetsa, R.V., Seres, A., Kulikova, O., Roe, B.A., Bisseling, T., Kiss, G.B. i Cook, D.R. (2004a): A sequence-based genetic map of *Medicago truncatula* and comparison of marker colinearity with *M. sativa*. Genetics 166: 1463-1502.

- Choi, H.K., Mun, J.H., Kim, D.J., Zhu, H., Baek, J.M., Mudge, J., Roe, B., Ellis, N., Doyle, J., Kiss, G.B., Young, N.D. i Cook, D.R. (2004b): Estimating genome conservation between crop and model legume species. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 15289-15294.
- Chung, J., Staswick, P.E., Graef, G.L., Wy-song, D.S. i Specht, J.E. (1998): Inheritance of a disease lesion mimic mutant in soybean. *J. Hered.* 89: 363-365.
- Cianzio, S.R. i Palmer, R.G. (1992): Genetics of five cytoplasmically inherited yellow foliar mutants in soybean. *J. Hered.* 83: 70-73.
- Cober, E.R., Ablett, G.R., Buzzell, R.I., Luzzi, B.M., Poysa, V., Sahota, A.S. i Voldeng, H.D. (1998): Imperfect yellow hilum color in soybean is conditioned by *II rr TT*. *Crop Sci.* 38: 940-941.
- Cober, E.R. i Voldeng, H.D. (1996): *E3* and *Dt1* linkage. *Soybean Genet. Newsl.* 23: 56-57.
- Cober, E.R. i Voldeng, H.D. (2001): A new soybean maturity and photoperiod-sensitivity locus linked to *E1* and *T*. *Crop Sci.* 41: 698-701.
- Cooper, R.L. (1966): A major gene for resistance to seed coat mottling in soybean. *Crop Sci.* 6: 290-292.
- Davies, C.S., Coates, J.B. i Nielsen, N.C. (1985): Inheritance and biochemical analysis of 4 electrophoretic variants of beta-conglycinin from soybean. *Theor. Appl. Genet.* 71: 351-358.
- Davies, C.S. i Nielsen, N.C. (1986): Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase-2 in soybean. *Crop Sci.* 26: 460-463.
- Davies, C.S. i Nielsen, N.C. (1987): Registration of soybean germplasm that lacks lipoxygenase isozymes. *Crop Sci.* 27: 370-371.
- Delannay, X. i Palmer, R.G. (1982a): Genetics and cytology of the *ms4* male-sterile soybean. *J. Hered.* 73: 219-223.
- Delannay, X. i Palmer, R.G. (1982b): Four genes controlling root fluorescence in soybean. *Crop Sci.* 22: 278-281.
- Delannay, X. i Palmer, R.G. (1984): Inheritance of a miniature mutant in soybean. *Soybean Genet. Newsl.* 11: 92-93.
- Devine, T.E. (1998): Assignment of the *Y17* locus to classical soybean linkage group 14. *Crop Sci.* 38: 696-697.
- Devine, T.E. (2003): The *Pd2* and *Lf2* loci define soybean linkage group 16. *Crop Sci.* 43: 2028-2030.
- Devine, T.E., Kilen, T.C. i O'Neill, J.J. (1991b): Genetic linkage of the *Phytophthora* resistance gene *Rps2* and the nodulation response gene *Rj2* in soybean. *Crop Sci.* 31: 713-715.
- Devine, T.E. i Kuykendall, L.D. (1994): Genetic allelism and linkage tests of a soybean gene, *Rfg1*, controlling nodulation with *Rhizobium fredii* strain USDA 205. *Plant Soil* 158: 47-51.
- Devine, T.E., O'Neill, J.J., Kiang, Y.T. i Bult, C.J. (1991a): Genetic linkage of the *Rj2* gene in soybean. *Crop Sci.* 31: 665-668.
- Devine, T.E., Palmer, R.G. i Buzzell, R.I. (1983): Analysis of genetic linkage in soybean. *J. Hered.* 74: 457-460.
- Diers, B.W., Beilinson, V., Nielsen, N.C. i Shoemaker, R.C. (1994): Genetic mapping of the *Gy4* and *Gy5* glycinin genes in soybean and the analysis of a variant of *Gy4*. *Theor. Appl. Genet.* 89: 297-304.
- Domingo, W.E. (1945): Inheritance of number of seeds per pod and leaflet shape in the soybean. *J. Agric. Res.* 70: 251-268.
- Doong, J.Y.H. i Kiang, Y.T. (1987a): Inheritance of soybean endopeptidase. *Biochem. Genet.* 25: 847-853.
- Doong, J.Y.H. i Kiang, Y.T. (1987b): Inheritance of aconitase isozymes in soybean. *Genome* 29: 713-717.
- Doong, J.Y.H. i Kiang, Y.T. (1988): Inheritance study on a soybean fluorescent esterase. *J. Hered.* 79: 399-400.
- Edwards, Jr., C.J., Barrentine, W.L. i Kilen, T.C. (1976): Inheritance of sensitivity to metribuzin in soybeans. *Crop Sci.* 16: 119-120.
- Erickson, E.A., Wilcox, J.R. i Cavins, J.F. (1988): Inheritance of altered palmitic acid percentage in two soybean mutants. *J. Hered.* 79: 465-468.
- Feaster, C.V. (1951): Bacterial pustule disease in soybeans: Artificial inoculation, varietal resistance, and inheritance of resistance. *Mo. Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 487.
- Fehr, W.R. (1972a): Inheritance of a mutation for dwarfness in soybeans. *Crop Sci.* 12: 212-213.
- Fehr, W.R. (1972b): Genetic control of leaflet number in soybeans. *Crop Sci.* 12: 221-224.
- Fehr, W.R. i Giese, J.H. (1971): Genetic control of root fluorescence in soybean. *Crop Sci.* 11: 771.
- Fehr, W.R. i Hammond, E.G. (1996): Soybean having low linolenic acid content and method of production. United States Patent Number 5,534,425.
- Fehr, W.R., Welke, G.A., Hammond, E.G., Duvick, D.N. i Cianzio, S.R. (1991a): Inheritance of reduced palmitic acid content in seed oil of soybeans. *Crop Sci.* 31: 88-89.
- Fehr, W.R., Welke, G.A., Hammond, E.G., Duvick, D.N. i Cianzio, S.R. (1991b): Inheritance of elevated palmitic acid content in seed oil of soybeans. *Crop Sci.* 31: 1522-1524.
- Fehr, W.R., Welke, G.A., Hammond, E.G., Duvick, D.N. i Cianzio, S.R. (1992): Inheritance of reduced linolenic acid content in soybean genotypes A16 and A19. *Crop Sci.* 32: 903-906.
- Goldberg, R.B. (1978): DNA sequence organization in the soybean plant. *Biochem. Genet.* 16: 45-68.
- Gorman, M.B. i Kiang, Y.T. (1977): Variety-specific electrophoretic variants of four soybean enzymes. *Crop Sci.* 17: 963-965.
- Gorman, M.B. i Kiang, Y.T. (1978): Models for the inheritance of several variant soybean electrophoretic zymograms. *J. Hered.* 69: 255-258.
- Gorman, M.B., Kiang, Y.T., Chiang, Y.C. i Palmer, R.G. (1982a): Preliminary electrophoretic observations from several soybean enzymes. *Soybean Genet. Newsl.* 9: 140-143.
- Gorman, M.B., Kiang, Y.T., Chiang, Y.C. i Palmer, R.G. (1982b): Electrophoretic classification of the early maturity groups of named soybean cultivars. *Soybean Genet. Newsl.* 9: 143-156.
- Gorman, M.B., Kiang, Y.T., Palmer, R.G. i Chiang, Y.C. (1983): Inheritance of soybean electrophoretic variants. *Soybean Genet. Newsl.* 10: 67-84.
- Gorman, M.B., Kiang, Y.T. i Chiang, Y.C. (1984): Electrophoretic classification of selected *G. max* plant introductions and named cultivars in the late maturity groups. *Soybean Genet. Newsl.* 11: 135-140.
- Graef, G.L., Fehr, W.R. i Hammond, E.G. (1985): Inheritance of three stearic acid mutants of soybean. *Crop Sci.* 25: 1076-1079.
- Grandbastien, M.A., Berry-Lowe, S., Shirley, B.W. i Meagher, R. (1986): Two soybean ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase small subunit genes share extensive homology even in distant flanking sequences. *Plant Mol. Biol.* 7: 451-465.
- Grant, D., Cregan, P. i Shoemaker, R.C. (2000): Genome organization in dicots: genome duplication in *Arabidopsis* and synteny between soybean and *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97: 4168-4173.
- Graybosch, R.A. i Palmer, R.G. (1987) Analysis of a male-sterile character in soybeans. *J. Hered.* 78: 66-70.
- Graybosch, R.A., Bernard, R.L., Cremeens, C.R. i Palmer, R.G. (1984): Genetic and cytological studies of a male-sterile, female-fertile soybean mutant. *J. Hered.* 75: 383-388.
- Griffin, J.D. i Palmer, R.G. (1984): Superoxide dismutase (SOD) isoenzymes in soybean. *Soybean Genet. Newsl.* 11: 91-92.
- Griffin, J.D. i Palmer, R.G. (1986): An additional beta-amylase mobility variant conditioned by the *Sp1* locus. *Soybean Genet. Newsl.* 13: 150-151.
- Griffin, J.D. i Palmer, R.G. (1987a): Locating the *Sp1* locus on soybean linkage group 1. *J. Hered.* 78: 122-123.
- Griffin, J.D. i Palmer, R.G. (1987b): Inheritance and linkage studies of five isozyme loci in soybean. *Crop Sci.* 27: 885-893.
- Griffin, J.D. i Palmer, R.G. (1989): Genetic studies with two superoxide dismutase loci in soybean. *Crop Sci.* 29: 968-971.
- Griffin, J.D., Broich, S.L., Delannay, X. i Palmer, R.G. (1989): The loci *Fr1* and *Ep* define soybean linkage group 12. *Crop Sci.* 29: 80-82.
- Gunashinghe, U.B., Irwin, M.E. i Kampmeier, G.E. (1988): Soybean leaf pubescence affects aphid vector transmission and field spread of soybean mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.* 112: 259-272.

Gunduz, I. (2000): Genetic analysis of soybean mosaic virus resistance in soybean. Ph.D. Diss. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.

Gurley, W.B., Hepburn, A.G. i Key, J.L. (1979): Sequence organization of the soybean genome. *Biochem. Biophys. Acta* 561: 167-183.

Hadley, H.H. i Hymowitz, T. (1973): Speciation and cytogenetics. In Caldwell, B.E. (ed.) *Soybeans: Improvement, production, and uses*. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 97-116.

Hadley, H.H. i Starnes, W.J. (1964): Sterility in soybeans caused by asynapsis. *Crop Sci.* 4: 421-424.

Hammond, E.G. i Fehr, W.R. (1983a): Registration of A5 germplasm line of soybean. *Crop Sci.* 23: 192.

Hammond, E.G. i Fehr, W.R. (1983b): Registration of A6 germplasm line of soybean (Reg. No. GP45). *Crop Sci.* 23: 192-193.

Hanson, P.M. i Nickell, C.D. (1986): Inheritance of metribuzin sensitivity in the soybean cultivar 'Altona'. *Soybean Genet. Newsl.* 13: 111-114.

Hanson, P.M., Nickell, C.D., Gray, L.E. i Sebastian, S.A. (1988): Identification of two dominant genes conditioning brown stem rot resistance in soybean. *Crop Sci.* 28: 41-43.

Hanson, W.D. (1961): Effect of calcium and phosphorus nutrition on genetic recombination in the soybean. *Crop Sci.* 1: 384.

Harper, J.E. i Nickell, C.D. (1995): Genetic analysis of nonnodulating soybean mutants in a hypernodulated background. *Soybean Genet. Newsl.* 22: 185-190.

Hartwig, E.E. (1986): Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. *Crop Sci.* 26: 1135-1136.

Hartwig, E.E., Barrentine, W.L. i Edwards, Jr., C.J. (1980): Registration of Tracy-M soybeans. *Crop Sci.* 20: 825.

Hartwig, E.E. i Bromfield, K.R. (1983): Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. *Crop Sci.* 23: 237-239.

Hartwig, E.E. i Hinson, K. (1962): Inheritance of flower color of soybean. *Crop Sci.* 2: 152-153.

Hartwig, E.E. i Lehman, S.G. (1951): Inheritance of resistance to the bacterial pustule disease in soybeans. *Agron. J.* 43: 226-229.

Hartwig, E.E., Keeling, B.L. i Edwards, Jr., C.J. (1968): Inheritance of reaction to phytophthora rot in the soybean. *Crop Sci.* 8: 634-635.

Hedges, B.R. i Palmer, R.G. (1992): Inheritance of malate dehydrogenase nulls in soybean. *Biochem. Genet.* 30: 491-502.

Hedges, B.R., Sellner, J.M., Devine, T.E. i Palmer, R.G. (1990): Assigning isocitrate dehydrogenase to linkage group 11 in soybean. *Crop Sci.* 30: 940-942.

Hildebrand, D.F. i Hymowitz, T. (1980a): The *Sp1* locus in soybean codes for β -amylase. *Crop Sci.* 20: 165-168.

Hildebrand, D.F. i Hymowitz, T. (1980b): Inheritance of β -amylase nulls in soybean seeds. *Crop Sci.* 20: 727-730.

Hildebrand, D.F. i Hymowitz, T. (1981): Two soybean genotypes lacking lipoxygenase-1. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58: 583-586.

Hildebrand, D.F. i Hymowitz, T. (1982): Inheritance of lipoxygenase -1 activity in soybean seeds. *Crop Sci.* 22: 851-853.

Hildebrand, D.F., Orf, J.H. i Hymowitz, T. (1980): Inheritance of an acid phosphatase and its linkage with the Kunitz trypsin inhibitor in seed protein of soybeans. *Crop Sci.* 20: 83-85.

Hill, C.B., Li, Y. i Hartman, G.L. (2006): Identification of a single dominant gene for resistance to the soybean aphid in the soybean cultivar Dowling. *Crop Sci.* 46: (in press).

Holland, M.A., Griffin, J.D., Meyer-Bothling, L.E. i Polacco, J.C. (1987): Developmental genetics of soybean urease isozymes. *Dev. Genet.* 8: 375-387.

Honeycutt, R.J., Burton, J.W., Shoemaker, R.C. i Palmer, R.G. (1989): Expression and inheritance of a shriveled-seed mutant in soybean. *Crop Sci.* 29: 704-707.

Honeycutt, R.J., Newhouse, K.E., i Palmer, R.G. (1990): Inheritance and linkage studies of a variegated leaf mutant in soybean. *J. Hered.* 81: 123-126.

Hymowitz, T. (2004): Speciation and cytogenetics. In Specht, J.E. and Boerma, H.R. (ed.) *Soybeans: Improvement, production, and*

uses. 3rd ed. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 97-136.

Hymowitz, T. i Hadley, H.H. (1972): Inheritance of a trypsin inhibitor variant in seed protein of soybeans. *Crop Sci.* 12: 197-198.

Hymowitz, T., Kaizuma, N., Orf, J.H. i Skorupska, H. (1979): Screening the USDA soybean germplasm collection for *Sp1* variants. *Soybean Genet. Newsl.* 6: 30-32.

Ilarslan, H., Horner, H.T. i Palmer, R.G. (1999): Genetics and cytology of a new male-sterile, female-fertile soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] mutant. *Crop Sci.* 39: 58-64.

Ilarslan, H., Skorupska, H.T., Horner, H.T. i Palmer, R.G. (1997). Genetics and cytology of a tissue-culture derived soybean genic male-sterile, female sterile. *J. Hered.* 88: 129-138.

Johns, C.W. i Palmer, R.G. (1982): Floral development of a flower-structure mutant in soybeans, *Glycine max* (L.) Merr. (Leguminosae). *Am. J. Bot.* 69: 829-842.

Johnson, E.O.C., Stephens, P.A., Fasoula, D.A., Nickell, C.D. i Vodkin, L.O. (1998): Instability of a novel multicolored flower trait in inbred and outcrossed soybean lines. *J. Hered.* 89: 508-515.

Karasawa, K. (1936): Crossing experiments with *Glycine soja* and *G. ussuriensis*. *Jpn. J. Bot.* 8: 113-118.

Keen, N.T. i Buzzell, R.I. (1991): New disease resistance genes in soybean against *Pseudomonas springae* pv. *glycinea*: Evidence that one of them interacts with a bacterial elicitor. *Theor. Appl. Genet.* 81: 133-138.

Keim, P., Olson, T.C. i Shoemaker, R.C. (1988): A rapid protocol for isolating soybean DNA. *Soybean Genet. Newsl.* 15: 150-152.

Keim, P., Beavis, W., Schupp, J.M. i Free-stone, R. (1992): Evaluation of soybean RFLP marker diversity in adapted germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 85: 205-212.

Kiang, Y.T. (1981): Inheritance and variation of amylase in cultivated and wild soybeans and their wild relatives. *J. Hered.* 72: 382-386.

Kiang, Y.T. (1990a): Linkage analysis of *Pgd1*, *Pgi1*, pod color (*L1*), and determinate stem (*dt1*) loci on soybean linkage group 5. *J. Hered.* 81: 402-404.

Kiang, Y.T. (1990b): Mapping the alcohol dehydrogenase locus (*Adh1*) in soybean Linkage Group 8. *J. Hered.* 81: 488-489.

Kiang, Y.T. i Bult, C.J. (1991): Genetic and linkage analysis of aconitate hydratase variants in soybean. *Crop Sci.* 31: 322-325.

Kiang, Y.T. i Chiang, Y.C. (1988): Mapping the β -amylase locus (*Am3*) on soybean linkage group 1 chromosome. *J. Hered.* 79: 107-109.

Kiang, Y.T., Chiang, Y.C. i Bult, C.J. (1987): Genetic study of glutamate oxaloacetic transaminase in soybean. *Genome* 19: 370-373.

Kiang, Y.T., Chiang, Y.C. i Gorman, M.B. (1984): Inheritance of a second leucine aminopeptidase locus and its linkage with other loci. *Soybean Genet. Newsl.* 11: 143-145.

Kiang, Y.T. i Gorman, M.B. (1983): Soybean. In Tanksley, S.D. and Orton, T.J. (ed.) *Isoenzymes in plant genetics and breeding, Part B*. Elsevier Science Publishing Co., New York, 295-328.

Kiang, Y.T. i Gorman, M.B. (1985): Inheritance of NADP-active isocitrate dehydrogenase isozymes in soybeans. *J. Hered.* 76: 279-284.

Kiang, Y.T., Gorman, M.B. i Chiang, Y.C. (1985): Genetic and linkage analysis of a leucine aminopeptidase in wild and cultivated soybean. *Crop Sci.* 25: 319-321.

Kiihl, R.A.S. i Hartwig, E.E. (1979): Inheritance of reaction to soybean mosaic virus in soybeans. *Crop Sci.* 19: 372-375.

Kilen, T.C. (1977): Inheritance of a brachytic character in soybeans. *Crop Sci.* 17: 853-854.

Kilen, T.C. (1983): Inheritance of a short petiole trait in soybean. *Crop Sci.* 23: 1208-1210.

Kilen, T.C. i Barrentine, W.L. (1983): Linkage relationships in soybean between genes controlling reactions to phytophthora rot and metribuzin. *Crop Sci.* 23: 894-896.

Kilen, T.C. i Hartwig, E.E. (1987): Identification of single genes controlling resistance to stem canker in soybean. *Crop Sci.* 27: 863-864.

Kilen, T.C. i Hartwig, E.E. (1971): Inheritance of a light-quality sensitive character in soybeans. *Crop Sci.* 11: 559-561.

- Kilen, T.C. i Hartwig, E.E. (1975): Short internode character in soybeans and its inheritance. *Crop Sci.* 15: 878.
- Kilen, T.C., Hartwig, E.E. i Keeling, B.L. (1974): Inheritance of a second major gene for resistance to phytophthora rot in soybeans. *Crop Sci.* 14: 260-262.
- Kilen, T.C. i He, G.H. (1992): Identification and inheritance of metribuzin tolerance in wild soybean. *Crop Sci.* 32: 684-685.
- Kilen, T.C. i Tyler, J.M. (1993): Genetic linkage of the *Rps1* and *L2* loci in soybean. *Crop Sci.* 33: 437-438.
- Kitamura, K., Davies, C.S., Kaizuma, N. i Nielsen, N.C. (1983): Genetic analysis of a null-allele for lipoxygenase-3 in soybean seeds. *Crop Sci.* 23: 924-927.
- Kitamura, K., Davies, C.S. i Nielsen, N.C. (1984): Inheritance of alleles for *Cgy1* and *Gy4* storage protein genes in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 68: 253-257.
- Kloth, R.H. i Hymowitz, T. (1985): Re-evaluation of the inheritance of urease in soybean seed. *Crop Sci.* 25: 352-354.
- Kloth, R.H., Polacco, J.C. i Hymowitz, T. (1987): The inheritance of a urease-null trait in soybeans. *Theor. Appl. Genet.* 73: 410-418.
- Kokubun, M. i Akao, S. (1994): Inheritance of supernodulation in soybean mutants EN6500. *Soil Sci. Plant Nutr.* 40: 715-718.
- Kollipara, K.P., Singh, R.J. i Hymowitz, T. (1996): Inheritance of protease inhibitors in *Glycine tomentella* Hayata ($2n = 38$), a perennial relative of soybean. *J. Hered.* 87: 461-463.
- Kosslak, R.M., Dieter, J.R., Ruff, R.L., Chamberlin, M.A., Bowen, B.A. i Palmer, R.G. (1996): Partial resistance to root-borne infection by *Phytophthora sojae* in three allelic necrotic root mutants in soybean. *J. Hered.* 87: 415-422.
- Lam-Sanchez, A., Probst, A.H., Laviolette, F.A., Schafer, J.F. i Athow, K.L. (1968): Sources and inheritance of resistance to *Phytophthora megasperma* var. *Sojae* in soybeans. *Crop Sci.* 8: 329-330.
- Larsen, A.L. (1967): Electrophoretic differences in seed proteins among varieties of soybean. *Crop Sci.* 7: 311-313.
- Larsen, A.L. i Caldwell, B.E. (1968): Inheritance of certain proteins in soybean seed. *Crop Sci.* 8: 474-476.
- Laviolette, F.A. i Athow, K.L. (1983): Two new physiologic rasas of *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*. *Plant Dis.* 67: 497-498.
- Lee, J.M., Bush, A., Specht, J.E. i Shoemaker, R.C. (1999): Mapping duplicate genes in soybean. *Genome* 42: 829-836.
- Lee, J.M., Grant, D., Vallejos, C.E. i Shoemaker, R.C. (2001): Genome organization in dicots. II. *Arabidopsis* as a bridging species to resolve genome duplication events among legumes. *Theor. Appl. Genet.* 103: 765-773.
- Lee, J.S. i Verma, D.S. (1984): Structure and chromosomal arrangement of leghemoglobin genes in kidney bean suggest divergence in soybean leghemoglobin gene loci following tetraploidization. *EMBO J.* 12: 2745-2752.
- Lewers, K.S. i Palmer, R.G. (1993): Genetic linkage in soybean: Linkage group 8. *Soybean Genet. Newsl.* 20: 118-124.
- Liao, W. i Palmer, R.G. (1997): Genetic study of a diaphorase-2 null mutant. *Soybean Genet. Newsl.* 24: 157-159.
- Lim, S.M. (1989): Inheritance of resistance to *Peronospora manshurica* rasas 2 and 33 in soybean. *Phytopathology* 79: 877-879.
- Lin, J., Jacobus, B.H., SanMiguel, P., Walling, J.G., Yuan, Y., Shoemaker, R.C., Young, N.D. i Jackson, S.A. (2005): Centric regions of soybean (*Glycine max* L. Merr.) chromosomes consist of retroelements and tandemly repeated DNA and are structurally and evolutionarily labile. *Genetics* 170: 1221-1230.
- Lohnes, D.G. i Bernard, R.L. (1992): Inheritance of resistance to powdery mildew in soybeans. *Plant Dis.* 76: 964-965.
- Lohnes, D.G., Wagner, R.E. i Bernard, R.L. (1993): Soybean genes, *Rj2*, *Rmd*, and *Rps2* in Linkage Group 19. *J. Hered.* 84: 109-111.
- Luzzi, B.M., Boerma, H.R. i Hussey, R.S. (1994): A gene for resistance to the southern root-knot nematode in soybean. *J. Hered.* 85: 484-486.
- Ma, G., Buss, G.R. i Tolin, S.A. (1994): Inheritance of lethal necrosis to soybean mosaic virus in PI 507389 soybean. *In* *Agronomy Abstracts*. ASA, Madison, WI, 106.
- Ma, G., Chen, P., Buss, G.R. i Tolin, S.A. (1995): Genetic characteristics of two genes for resistance to soybean mosaic virus in PI 486355 soybean. *Theor. Appl. Genet.* 91: 907-914.
- Ma, G., Chen, P., Buss, G.R. i Tolin, S.A. (2003): Genetic study of a lethal necrosis to soybean mosaic virus in PI 507389 soybean. *J. Hered.* 94: 205-211.
- Mahama, A.A. i Palmer, R.G. (1998): Genetic linkage in soybean: Classical linkage groups 6 and 8, and 'Clark' translocation. *Soybean Genet. Newsl.* 25: 139-140.
- Mahama, A.A. i Palmer, R.G. (2003): Translocation breakpoints in soybean classical genetic linkage groups 6 and 8. *Crop Sci.* 43: 1602-1609.
- Mahama, A.A., Lewers, K.S. i Palmer, R.G. (2002): Genetic linkage in soybean: Classical genetic linkage groups 6 and 8. *Crop Sci.* 42: 1459-1464.
- Mahmud, I. i Probst, A.H. (1953): Inheritance of gray hilum color in soybeans. *Agron. J.* 45: 59-61.
- Matson, A.L. i Williams, L.F. (1965): Evidence of a fourth gene for resistance to the soybean cyst nematode. *Crop Sci.* 5: 477.
- Matsuura, H. (1933): *Glycine soja*. *In* A bibliographical monograph on plant genetics. 2nd ed. Hokkaido Imperial University, Tokyo, 100-110.
- McBlain, B.A. i Bernard, R.L. (1987): A new gene affecting the time of maturity in soybeans. *J. Hered.* 78: 160-162.
- McLean, R.J. i Byth, D.E. (1980): Inheritance of resistance to rust *Phakopsora pachyrhizi* in soybeans. *Aust. J. Agric. Res.* 31: 951-956.
- Meyer-Bothling, L.E., Polacco, J.C. i Cianzio, S.R. (1987): Pleiotropic soybean mutants defective in both urease isozymes. *Mol. Gen. Genet.* 209: 432-438.
- Moots, C.K., Nickell, C.D., Gray, L.E. i Lim, S.M. (1983): Reaction of soybean cultivars to 14 rasas of *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*. *Plant Dis.* 67: 764-767.
- Morse, W.J. i Cartter, J.L. (1937): Improvement in soybeans. *In* *Yearbook agriculture*, USDA. U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1154-1189.
- Mudge, J., Cannon, S.B., Kalo, P., Oldroyd, G.E., Roe, B.A., Town, C.D. i Young, N.D. (2005): Highly syntenic regions in the genomes of soybean, *Medicago truncatula*, and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Biology* 5: 15.
- Mudge, J., Yan, H.H., Denny, R.L., Howe, D.K., Danesh, D., Marek, L.F., Retzel, E., Shoemaker, R.C. i Young, N.D. (2004): Soybean bacterial artificial chromosome contigs anchored with RFLPs: insights into genome duplication and gene clustering. *Genome* 47: 361-372.
- Muehlbauer, G.J., Specht, J.E., Staswick, P.E., Graef, G.L. i Thomas-Compton, M.A. (1989): Application of the near-isogenic line gene mapping technique to isozyme markers. *Crop Sci.* 29: 1548-1553.
- Mueller, E.H., Athow, K.L. i Laviolette, F.A. (1978): Inheritance to four physiologic rasas of *Phytophthora megasperma* var. *sojae*. *Phytopathology* 8: 1318-1322.
- Mukherjee, D., Lambert, J.W., Cooper, R.L. i Kennedy, B.W. (1966): Inheritance of resistance to bacterial blight in soybeans. *Crop Sci.* 6: 324-326.
- Nagai, I. (1921): A genetical-physiological study on the formation of anthocyanin and brown pigments in plants. *Tokyo Univ. Coll. Agric. J.* 8: 1-92.
- Nagai, I. (1926): Inheritance in the soybean. (In Japanese.) *Nogyo Oyobi Engei* 1:14: 107-108.
- Nagai, I. i Saito, S. (1923): Linked factors in soybeans. *Jpn. J. Bot.* 1: 121-136.
- Narvel, J.M., Fehr, W.R., Ininda, J., Welke, G.A., Hammond, E.G., Duvick, D.N. i Cianzio, S.R. (2000): Inheritance of elevated palmitate in soybean seed oil. *Crop Sci.* 40: 635-639.
- Nelson, R.L. (1996): The inheritance of a branching type in soybean. *Crop Sci.* 36: 1150-1152.
- Nielsen, N.C., Dickinson, C.D., Cho, T.J., Thanh, V.H., Scallon, B.J., Fischer, R.L., Sims, T.L., Drews, G.N. i Goldberg, R.B. (1989): Characterization of the glycinin gene family in soybean. *Plant Cell* 1: 313-328.
- Nissly, C.R., Bernard, R.L. i Hittle, C.N. (1976): Inheritance in chlorophyll-deficient mutants. *Soybean Genet. Newsl.* 3: 31-34.

Nissly, C.R., Bernard, R.L. i Hittle, C.N. (1981): Inheritance of two chlorophyll-deficient mutants in soybeans. *J. Hered.* 72: 141-142.

Oltmans, S.E., Fehr, W.R., Welke, G.A. i Cianzio, S.R. (2004): Inheritance of low-phytate phosphorus in soybean. *Crop Sci.* 44: 433-435.

Orf, J.H. i Hymowitz, T. (1976): The gene symbols *Sp1-a* and *Sp1-b* assigned to Larsen and Caldwell's seed protein bands A and B. *Soybean Genet. Newsl.* 3: 27-28.

Orf, J.H. i Hymowitz, T. (1977): Inheritance of a second trypsin inhibitor variant in seed protein of soybeans. *Crop Sci.* 17: 811-813.

Orf, J.H. i Hymowitz, T. (1979) Inheritance of the absence of the Kunitz trypsin inhibitor in seed protein of soybeans. *Crop Sci.* 19: 107-109.

Orf, J.H., Diers, B.W., i Boerma, H.R. (2004): Genetic improvement: Conventional and molecular-based strategies. In Specht, J.E. and Boerma, H.R. (ed.) *Soybeans: Improvement, production, and uses.* 3rd ed. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 417-450.

Orf, J.H., Hymowitz, T., Pull, S.P. i Pueppke, S.G. (1978): Inheritance of a soybean seed lectin. *Crop Sci.* 18: 899-900.

Owen, F.V. (1927a): Inheritance studies in soybeans. I. Cotyledon color. *Genetics* 12: 441-448.

Owen, F.V. (1927b): Inheritance studies in soybeans. II. Glabrousness, color of pubescence, time of maturity, and linkage relations. *Genetics* 12: 519-529.

Owen, F.V. (1928) Inheritance studies in soybeans. III. Seed coat color and summary of all other mendelian characters thus far reported. *Genetics* 13: 50-79.

Pagel, J., Walling, J.G., Young, N.D., Shoemaker, R.C. i Jackson, S.A. (2004): Segmental duplications within the *Glycine max* genome revealed by fluorescence in situ hybridization of bacterial artificial chromosomes. *Genome* 47: 764-768.

Palmer, R.G. (1974): A desynaptic mutant in the soybean. *J. Hered.* 65: 280-286.

Palmer, R.G. (1976): Cytogenetics in soybean improvement. In Louden, H.D. and Wilkenson, D. (ed.) *Proc. Sixth Soybean Seed Res. Conf. American Seed Trade Association, Washington, DC, 56-66.*

Palmer, R.G. (1977): Soybean linkage tests. *Soybean Genet. Newsl.* 4: 40-42.

Palmer, R.G. (1984a): Genetic studies with T263. *Soybean Genet. Newsl.* 11: 94-97.

Palmer, R.G. (1984b): Pleiotropy or close linkage of two mutants in soybean. *J. Hered.* 75: 457-462.

Palmer, R.G. (1985): Soybean cytogenetics. In Shibles, R. (ed.) *Proc. World Soybean Research Conference III.* Westview Press, Boulder, CO, 337-344.

Palmer, R. G. (1987): Inheritance and derivation of T218H. *Soybean Genet. Newsl.* 14: 183-185.

Palmer, R.G. (2000): Genetics of four male-sterile, female-fertile soybean mutants. *Crop Sci.* 40: 78-83.

Palmer, R.G., Burzlaff, J.D. i Shoemaker, R.C. (2000): Genetic analyses of two independent chlorophyll-deficient mutants identified among the progeny of a single chimeric foliage soybean plant. *J. Hered.* 91: 297-303.

Palmer, R.G. i Chen, X.F. (1998a): Assignment of the *Fr3* locus to soybean linkage group 9. *J. Hered.* 89: 181-184.

Palmer, R.G. i Chen, X.F. (1998b): Genetic linkage in soybean: Classical linkage groups 6 and 8. *Soybean Genet. Newsl.* 25:138.

Palmer, R.G. i Groose, R.W. (1993): A new allele at the *w4* locus derived from the *w4-m* mutant allele in soybean. *J. Hered.* 84: 297-300.

Palmer, R.G., Groose, R.W., Weigelt, H.D. i Miller, J.E. (1990a): Registration of a genetic stock (*w4-m w4-m*) for unsTabela anthocyanin pigmentation in soybean. *Crop Sci.* 30: 1376-1377.

Palmer, R.G. i Horner, H.T. (2000): Genetics and cytology of a genic male-sterile, female-sterile mutant from a transposon containing soybean population. *J. Hered.* 91: 378-383.

Palmer, R.G. i Hymowitz, T. (2004): Soybean: Germplasm, breeding, and genetics. In Wrigley, C., Corke, H. and Walker, C. (ed.) *Encyclopedia of Grain Science.* Elsevier Science Ltd. London, UK, 136-146.

Palmer, R.G. i Kaul, M.L.H. (1983): Genetics, cytology, and linkage studies of a desynaptic soybean mutant. *J. Hered.* 74: 260-264.

Palmer, R.G. i Kilen, T.C. (1987): Qualitative genetics and cytogenetics. In Wilcox, J.R. (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses.* Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 135-209.

Palmer, R.G., Lim, S.M. i Hedges, B.R. (1992): Testing for linkage between the *Rxp* locus and nine isozyme loci in soybean. *Crop Sci.* 32: 681-683.

Palmer, R.G. i Mascia, P.N. (1980): Genetics and ultrastructure of a cytoplasmically inherited yellow mutant in soybeans. *Genetics* 95: 985-1000.

Palmer, R.G., Nelson, R.L., Bernard, R.L. i Stelly, D.M. (1990b): Linkage and inheritance of three chlorophyll-deficient mutants in soybean. *J. Hered.* 81: 404-406.

Palmer, R.G. i Skorupska, H. (1990): Registration of a male-sterile genetic stock (T295H) of soybean. *Crop Sci.* 30: 241.

Palmer, R.G. i Stelly, D.M. (1979): Literature diagrams of seed coat colors and patterns for use as genetic markers in crosses. *Soybean Genet. Newsl.* 6: 55-57.

Palmer, R.G., Pfeiffer, T.W., Buss, G.R. i Kilen, T.C. (2004): Qualitative genetics. In Specht, J.E. and Boerma, H.R. (ed) *Soybeans: Improvement, production, and uses.* 3rd ed. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 137-234.

Palmer, R.G., Winger, C.L., i Albertsen, M.C. (1978): Four independent mutations at the *ms1* locus in soybeans. *Crop Sci.* 18: 727-729.

Palmer, R.G., Winger, C.L., i Muir, P.S. (1980): Genetics and cytology of the *ms3* male-sterile soybean. *J. Hered.* 71: 343-348.

Peterson, P.A. i Weber, C.R. (1969): An unsTabela locus in soybeans. *Theor. Appl. Genet.* 39: 156-162.

Pfeiffer, T.W., Hildebrand, D.F. i Orf, J.H. (1993): Inheritance of a lipooxygenase - 1 allozyme in soybean. *Crop Sci.* 33: 691-693.

Pfeil, B.E., Schlueter, J.A., Shoemaker, R.C. i Doyle, J.J. (2005): Placing paleopolyploidy in relation to taxon divergence: A phylogenetic analysis in legumes using 39 gene families. *Syst. Biol.* 54: 441-454.

Piper, C.G. i Morse, W.J. (1910): The soybean: History, varieties, and field studies.

USDA Bureau of Plant Industry Bull. 197. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Ploper, L.D., Athow, K.L. i Laviolette, F.A. (1985): A new allele at the *Rps3* locus for resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean. *Phytopathology* 75: 690-694.

Polacco, J.C., Judd, A.K., Dybing, J.K. i Cianzio, S.R. (1989): A new mutant class of soybean lacks urease in listovi but not in leaf-derived callus or in roots. *Mol. Gen. Genet.* 217: 257-262.

Porter, K.B. i Weiss, M.G. (1948): The effect of polyploidy on soybeans. *J. Am. Soc. Agron.* 40: 710-724.

Pracht, J.E., Nickell, C.D. i Harper, J.E. (1993): Genes controlling nodulation in soybean: *Rj5* and *Rj6*. *Crop Sci.* 33: 711-713.

Primomo, V.S., Falk, D.E., Ablett, G.R., Tanner, J.W. i Rajcan, I. (2002): Genotype X environment interactions, stability, and agronomic performance of soybean with altered fatty acid profiles. *Crop Sci.* 42: 37-44.

Probst, A.H. (1950): The inheritance of leaf abscission and other characters in soybeans. *Agron. J.* 42: 35-45.

Probst, A.H., Athow, K.L. i Laviolette, F.A. (1965): Inheritance of resistance to *rasa 2* of *Cercospora sojina* in soybeans. *Crop Sci.* 5: 332.

Pull, S.P., Pueppke, S.G., Hymowitz, T. i Orf, J.H. (1978): Soybean lines lacking the 120,000 Dalton seed lectin. *Science* 200: 1277-1279.

Rahman, S.M., Kinoshita, T., Anai, T., Arima, S. i Takagi, Y. (1998): Genetic relationships of soybean mutants for different linolenic acid contents. *Crop Sci.* 38: 702-706.

Rahman, S.M., Kinoshita, T. Anai, T. i Takagi, Y. (1999): Genetic relationship between loci for palmitate contents in soybean mutants. *J. Hered.* 90: 423-428.

Rahman, S.M. i Takagi, Y. (1997): Inheritance of reduced linolenic acid content in soybean seed oil. *Theor. Appl. Genet.* 94: 299-302.

Rahman, S.M., Takagi, Y. i Kumamaru, T. (1996a): Low linolenate sources at the *Fan* locus in soybean lines M-5 and IL-8. *Breed. Sci.* 46: 155-158.

- Rahman, S.M., Takagi, Y. i Kinoshita, T. (1996b): Genetic control of high oleic acid content in the seed oil of two soybean mutants. *Crop Sci.* 36: 1125-1128.
- Rahman, S.M., Takagi, Y. i Kinoshita, T. (1997): Genetic control of high stearic acid content in seed oil of two soybean mutants. *Theor. Appl. Genet.* 95: 772-776.
- Rao-Arelli, A.P. (1994): Inheritance of resistance to *Heterodera glycines* rasa 3 in soybean accessions. *Plant Dis.* 78: 898-900.
- Rao-Arelli, A.P., Anand, S.C. i Wrather, J.A. (1992): Soybean resistance to soybean cyst nematode rasa 3 is conditioned by an additional dominant gene. *Crop Sci.* 32: 862-864.
- Ray, J.D., Hinson, K., Mankono, J.E.B. i Malo, M.F. (1995): Genetic control of a long-juvenile trait in soybean. *Crop Sci.* 35: 1001-1006.
- Reese, Jr., P.F. i Boerma, H.R. (1989): Additional genes for green seed coat in soybean. *J. Hered.* 80: 86-88.
- Rennie, B.D., Beversdorf, W.D. i Buzzell, R.I. (1987a): Genetic and linkage analysis of an aconitate hydratase variant in soybean. *J. Hered.* 78: 323-326.
- Rennie, B.D., Beversdorf, W.D. i Buzzell, R.I. (1987b): Inheritance and linkage analysis of two endopeptidase variants in soybeans. *J. Hered.* 78: 327-328.
- Rennie, B.D. i Tanner, J.W. (1989a): Genetic analysis of low linolenic acid levels in the line PI 123440. *Soybean Genet. Newsl.* 16: 25-26.
- Rennie, B.D. i Tanner, J.W. (1989b): Mapping a second fatty acid locus to soybean linkage group 17. *Crop Sci.* 29: 1081-1083.
- Rennie, B.D., Zilka, J., Cramer, M.M. i Beversdorf, W.D. (1988): Genetic and linkage analysis of low linolenic acid levels in the soybean line PI 361088B. *Crop Sci.* 28: 655-657.
- Roane, C.W., Tolin, S.A. i Buss, G.R. (1983): Inheritance of reaction to two viruses in the soybean cross 'York' X 'Lee 68'. *J. Hered.* 74: 289-291.
- Rode, M.W. i Bernard, R.L. (1975a): Inheritance of a tan saddle mutant. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 39-42.
- Rode, M.W. i Bernard, R.L. (1975b): Inheritance of wavy leaf. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 42-44.
- Rode, M.W. i Bernard, R.L. (1975c): Inheritance of bullate leaf. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 44-46.
- Ross, A.J. (1999): Inheritance of reduced-linolenate soybean oil and its influence on agronomic and seed traits. M.S. thesis. Iowa State University, Ames.
- Ross, A.J., Fehr, W.R., Welke, G.A., Hammond, E.G. i Cianzio, S.R. (2000): Agronomic and seed traits of 1%-linolenate soybean genotypes. *Crop Sci.* 40: 383-386.
- Ryan, S.A., Nelson, R.S. i Harper, J.E. (1983a): Selection and inheritance of nitrate reductase mutants in soybeans. *Soybean Genet. Newsl.* 10: 33-35.
- Ryan, S.A., Nelson, R.S. i Harper, J.E. (1983b): Soybean mutants lacking constitutive nitrate reductase activity. II. Nitrogen assimilation, chlorate resistance, and inheritance. *Plant Physiol.* 72: 510-514.
- Sadanaga, K. (1983): Locating *wm* on linkage group 8. *Soybean Genet. Newsl.* 10: 39-41.
- Sadanaga, K. i Grindeland, R. (1984): Locating the *w1* locus on the satellite chromosome in soybean. *Crop Sci.* 24: 147-151.
- Sawada, S. i Palmer, R.G. (1987): Genetic analyses of nonfluorescent root mutants induced by mutagenesis in soybean. *Crop Sci.* 27: 62-65.
- Schlueter, J.A., Dixon, P., Granger, C., Grant, D., Clark, L., Doyle, J.J. i Shoemaker, R.C. (2004): Mining EST databases to resolve evolutionary events in major crop species. *Genome* 47: 868-876.
- Schmitthenner, A. F., Hobe, M. i Bhat, R.G. (1994): *Phytophthora sojae* rasas in Ohio over a 10-year interval. *Plant Dis.* 78: 269-276.
- Schnebly, S.R., Fehr, W.R., Welke, G.A., Hammond, E.G. i Duvick, D.N. (1994): Inheritance of reduced and elevated palmitate in mutant lines of soybean. *Crop Sci.* 34: 829-833.
- Sebastian, S.A. i Chaleff, R.S. (1987): Soybean mutants with increased tolerance for sulfonyleurea herbicides. *Crop Sci.* 27: 948-952.
- Sebastian, S.A., Fader, G.M., Ulrich, J.F., Forney, D.R. i Chaleff, R.S. (1989): Semidominant soybean mutation for resistance to sulfonyleurea herbicides. *Crop Sci.* 29: 1403-1408.
- Sebastian, S.A., Kerr, P.S., Pearlstein, R.W. i Hitz, W.D. (2000): Soybean germplasm with novel genes for improved digestibility. In Drackely, J.K. (ed.) *Soy in animal nutrition.* Federation of Animal Sci. Soc., Savoy, IL, 56-74.
- Seo, Y.W., Specht, J.E., Graef, G.L. i Graybosch, R.A. (1993): Inheritance of red-buff seed coat in soybean. *Crop Sci.* 33: 754-758.
- Sheridan, M.A. i Palmer, R.G. (1975): Inheritance and derivation of T225H, *Y18 y18*. *Soybean Genet. Newsl.* 2: 18-19.
- Shipe, E.R., Buss, G.R. i Tolin, S.A. (1979): A second gene for resistance to peanut mottle virus in soybeans. *Crop Sci.* 19: 656-658.
- Shoemaker, R.C., Cody, A.M. i Palmer, R.G. (1985): Characterization of a cytoplasmically inherited yellow foliar mutant (*cyt-Y3*) in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 69: 279-284.
- Shoemaker, R.C., Cregan, P.B. i Vodkin, L.O. (2004): Soybean genomics. In Specht, J.E. and Boerma, H.R. (ed.) *Soybeans: Improvement, production, and uses.* 3rd ed. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison, WI, 235-263.
- Shoemaker, R., Polzin, K., Labate, J., Specht, J., Brummer, E.C., Olson, T., Young, N., Concibido, V., Wilcox, J., Tamulonis, J.P., Kochert, G. i Boerma, H.R. (1996): Genome duplication in soybean (*Glycine* subgenus *soja*). *Genetics* 144: 329-338.
- Singh, B.B. i Jha, A.N. (1978): Abnormal differentiation of floral parts in a mutant strain of soybean. *J. Hered.* 69: 143-144.
- Singh, L., Wilson, C.M. i Hadley, H.H. (1969): Genetic differences in soybean trypsin inhibitors separated by disc electrophoresis. *Crop Sci.* 9: 489-491.
- Singh, R.J. i Hymowitz, T. (1988): The genomic relationship between *Glycine max* (L.) Merr. and *G. soja* Sieb. and Zucc. as revealed by pachytene chromosomal analysis. *Theor. Appl. Genet.* 76: 705-711.
- Skorupska, H., i Palmer, R.G. (1989): Genetics and cytology of the *ms6* male-sterile soybean. *J. Hered.* 80: 304-310.
- Skorupska, H.T. i Palmer, R.G. (1990): Additional sterile mutations in soybean, *Glycine max* (L. Merr.) *J. Hered.* 81: 296-300.
- Sneller, C.H., Isleib, T.G. i Carter, Jr., T.E. (1992): Isozyme screening of near-isogenic male-sterile soybean lines to uncover potential linkages: Linkage of the *Pgm1* and *ms2* loci. *J. Hered.* 83: 457-459.
- Soybean Genetics Committee. (1995): Soybean genetics committee report. *Soybean Genet. Newsl.* 22: 11-14.
- Specht, J.E. i Williams, J.H. (1978): Hilum color as a genetic marker in soybean crosses. *Soybean Genet. Newsl.* 5: 70-73.
- Stahlhut, R.W. i Hymowitz, T. (1980): Screening the USDA soybean germplasm collection for lines lacking the 120,000 dalton seed lectin. *Soybean Genet. Newsl.* 7: 41-43.
- Stelly, D.M. i Palmer, R.G. (1980a): A partially male-sterile mutant line of soybeans, *Glycine max* (L.) Merr.: Inheritance. *Euphytica* 29: 295-303.
- Stelly, D.M. i Palmer, R.G. (1980b): A partially male-sterile mutant line of soybeans *Glycine max* (L.) Merr.: Characterization of *msp* Fenotip variability. *Euphytica* 29: 539-546.
- Stephens, P.A., Barwale-Zehr, U.B., Nickell, C.D. i Widholm, J.M. (1991): A cytoplasmically inherited, wrinkled-leaf mutant in soybean. *J. Hered.* 82: 71-73.
- Stephens, P.A. i Nickell, C.D. (1992): Inheritance of pink flower in soybean. *Crop Sci.* 32: 1131-1132.
- Stephens, P.A., Nickell, C.D. i Kolb, F.L. (1993): Genetic analysis of resistance to *Fusarium solani* in soybean. *Crop Sci.* 33: 929-930.
- Stewart, R.T. (1930): Inheritance of certain seed-coat colors in soybeans. *J. Agric. Res.* 40: 829-854.
- Stewart, R.T. i Wentz, J.B. (1926): A recessive glabrous character in soybeans. *J. Am. Soc. Agron.* 18: 997-1009.
- Stojšin, D., Luzzi, B.M., Ablett, G.R. i Tanner, J.W. (1998): Inheritance of low linolenic acid level in the soybean line RG10. *Crop Sci.* 38: 1441-1444.
- Stoltzfus, D.L., Fehr, W.R., Welke, G.A., Hammond, E.G. i Cianzio, S.R. (2000a): A *fap5* allele for elevated palmitate in soybean. *Crop Sci.* 40: 647-650.
- Stoltzfus, D.L., Fehr, W.R., Welke, G.A., Hammond, E.G. i Cianzio, S.R. (2000b): A *fap7* allele for elevated palmitate in soybean. *Crop Sci.* 40: 1538-1542.

- Takagi, F. (1929): On the inheritance of some characters in *Glycine soja*, Bentham (soybean). (In Japanese) Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 4: 577-589.
- Takagi, F. (1930): On the inheritance of some characters in *Glycine soja*, Bentham (soybean). (In Japanese) Jpn. J. Genet. 5: 177-189.
- Takagi, Y. i Rahman, S.M. (1996): Inheritance of high oleic acid content in the seed oil of soybean mutant M23. Theor. Appl. Genet. 92: 179-182.
- Takagi, Y., Rahman, S.M., Joo, H. i Kawakita, T. (1995): Reduced and elevated palmitic acid mutants in soybean developed by X-ray irradiation. Biosci. Biochem. 59: 1778-1779.
- Takahashi, N. (1934): Linkage relation between the genes for the forms of leaves and the number of seeds per pod of soybeans. (In Japanese, English summary.) Jpn. J. Genet. 9: 208-225.
- Takahashi, Y. i Fukuyama, J. (1919): Morphological and genetic studies on the soybean. (In Japanese) Hokkaido Agri. Exp. Stn. Rep. 10.
- Tang, W.T. i Tai, G. (1962): Studies on the qualitative and quantitative inheritance of an interspecific cross of soybean, *Glycine max* X *G. formosana*. Bot. Bull. Acad. Sin. 3: 39-60.
- Terao, H. (1918): Maternal inheritance in the soybean. Am. Nat. 52: 51-56.
- Terao, H. i Nakatomi, S. (1929): On the inheritance of chlorophyll colorations of cotyledons and seed-coats in the soybean. (In Japanese, English summary) Jpn. J. Genet. 4: 64-80.
- Thompson, W.A., Bernard, R.L. i Nelson, R.L. (1997). A third allele at the soybean *dt1* locus. Crop Sci. 37: 757-762.
- Thorson, P.R., Hedges, B.R. i Palmer, R.G. (1989): Genetic linkage in soybean: Linkage group 14. Crop Sci. 29: 698-700.
- Ting, C.L. (1946): Genetic studies on the wild and cultivated soybeans. J. Am. Soc. Agron. 38: 381-393.
- VanSchaik, P.H. i Probst, A.H. (1958): The inheritance of inflorescence type, peduncle length, flowers per node, and percent flower shedding in soybean. Agron. J. 50: 98-102.
- Veatch, C. i Woodworth, C.M. (1930): Genetic relations of cotyledon color types of soybeans. J. Am. Soc. Agron. 22: 700-702.
- Vest, G. (1970): *Rj3* - a gene conditioning inefikasan nodulation in soybean. Crop Sci. 10: 34-35.
- Vest, G. i Caldwell, B.E. (1972): *Rj4* - a gene conditioning inefikasan nodulation in soybean. Crop Sci. 12: 692-693.
- Vuong, T.D. i Harper, J.E. (2000): Inheritance and allelism analysis of hypernodulating genes in the NOD3-7 and NOD2-4 soybean mutants. Crop Sci. 40: 700-703.
- Vuong, T.D., Nickell, C.D. i Harper, J.E. (1996): Genetic and allelism analyses of hypernodulation soybean mutants from two genetic backgrounds. Crop Sci. 36: 1153-1158.
- Weber, C.R. i Weiss, M.G. (1959): Chlorophyll mutant in soybeans provides teaching aid. J. Hered. 50: 53-54.
- Weiss, M.G. (1943): Inheritance and physiology of efficiency in iron utilization in soybeans. Genetics 28: 253-268.
- Weiss, M.G. (1970a): Genetic linkage in soybeans. Linkage group I. Crop Sci. 10: 69-72.
- Weiss, M.G. (1970b): Genetic linkage in soybeans. Linkage groups II and III. Crop Sci. 10: 300-303.
- Weiss, M.G. (1970c): Genetic linkage in soybeans: Linkage group IV. Crop Sci. 10: 368-370.
- Weiss, M.G. (1970d): Genetic linkage in soybeans. Linkage groups V and VI. Crop Sci. 10: 469-470.
- Weiss, M.G. (1970e): Genetic linkage in soybeans. Linkage group VII. Crop Sci. 10: 627-629.
- Weng, C., Yu, K., Anderson, T.R. and Poyasa, V. (2001): Mapping genes conferring resistance to *Phytophthora* root rot of soybean, *Rps1a* and *Rps7*. J. Hered. 92: 442-446.
- Werner, B.K., Wilcox, J.R. i Housley, T.L. (1987): Inheritance of an ethyl methanesulfonate-induced dwarf in soybean and analysis of leaf cell size. Crop Sci. 27: 665-668.
- Wilcox, J.R. i Abney, T.S. (1991): Inheritance of a narrow, rugose-leaf mutant in *Glycine max*. J. Hered. 82: 421-423.
- Wilcox, J.R. i Cavins, J.F. (1985): Inheritance of low linolenic acid content of the seed oil of a mutant in *Glycine max*. Theor. Appl. Genet. 71: 74-78.
- Wilcox, J.R. i Cavins, J.F. (1987): Gene symbol assigned for linolenic acid mutant in the soybean. J. Hered. 78: 410.
- Wilcox, J.R. i Cavins, J.F. (1990): Registration of C1726 and C1727 soybean germplasm with altered levels of palmitic acid. Crop Sci. 30: 240.
- Wilcox, J.R. i Probst, A.H. (1969): Inheritance of a chlorophyll-deficient character in soybeans. J. Hered. 60: 115-116.
- Williams, C., Gilman, D.F., Fontenot, D.S. i Birchfield, W. (1981): Inheritance of reaction to the reniform nematode in soybean. Crop Sci. 21: 93-94.
- Williams, L.F. (1950): Structure and genetic characteristics of the soybean. In Markley, K.S. (ed.) Soybean and soybean products. Vol. I. Interscience Publ., New York, 111-134.
- Williams, L.F. (1952): The inheritance of certain black and brown pigments in the soybean. Genetics 37: 208-215.
- Williams, L.F. (1958): Alteration of dominance and apparent change in direction of gene action by a mutation at another locus affecting the pigmentation of the seedcoat of the soybean. Proc. Int. Congr. Genet., 10th 2: 315-316. (Abstr.).
- Williams, L.F. i Lynch, D.L. (1954): Inheritance of a non-nodulating character in the soybean. Agron. J. 46: 28-29.
- Willmot, D.B. i Nickell, C.D. (1989): Genetic analysis of brown stem rot resistance in soybean. Crop Sci. 29: 672-674.
- Wilson, R.F., Burton, J.W., Novitzky, W.P. i Dewey, R.E. (2001): Current and future innovations in soybean (*Glycine max* L. Merr.) oil composition. J. Oleo Sci. 50: 353-358.
- Woodworth, C.M. (1921): Inheritance of cotyledon, seed-coat, hilum, and pubescence colors in soy-beans. Genetics 6: 487-553.
- Woodworth, C.M. (1923): Inheritance of growth habit, pod color, and flower color in soybeans. J. Am. Soc. Agron. 15: 481-495.
- Woodworth, C.M. (1932): Genetics and breeding in the improvement of the soybean. Bull. Agric. Exp. Stn. (Ill.) 384: 297-404.
- Woodworth, C.M. (1933): Genetics of the soybean. J. Am. Soc. Agron. 25: 36-51.
- Woodworth, C.M. i Williams, L.F. (1938): Recent studies on the genetics of the soybean. J. Am. Soc. Agron. 30: 125-129.
- Yan, H.H., Mudge, J., Kim, D.-J., Shoemaker, R.C., Cook, D.R. i Young, N.D. (2003): Estimates of conserved microsynteny among the genomes of *Glycine max*, *Medicago truncatula*, and *Arabidopsis thaliana*. Theor. Appl. Genet. 106: 1256-1265.
- Yee, C.C., Li, J. i Yu, Z.G. (1986): Genetic studies with Shennong 2015, a lethal yellow mutant (*y21*) in soybean. Hereditas (Beijing) 8: 13-16.
- Yong, H.D., Chan, K.L., Mak, C. i Dhaliwal, S.S. (1981): Isocitrate dehydrogenase gene duplication and fixed heteroFenotip in the cultivated soybean *Glycine max*. Experientia 37: 130-131.
- Yong, H.D., Mak, C., Chan, K.L. i Dhaliwal, S.S. (1982): Inheritance of isocitrate dehydrogenase in the cultivated soybean. Malay Nat. J. 35: 225-228.
- You, M., Zhao, T., Gai, J. i Yen, Y. (1998): Genetic analysis of short petiole and abnormal pulvinus in soybean. Euphytica 102: 329-333.
- Yu, H. i Kiang, Y.T. (1993a): Genetic characterization of a leaf margin necrosis mutant in wild annual soybean (*Glycine soja*). Genetica 90: 31-33.
- Yu, H. i Kiang, Y.T. (1993b): Inheritance and genetic linkage studies of isozymes in soybean. J. Hered. 84: 489-492.
- Zhao, S., Qimin, G. i Hai, W. (1995): Inheritance of a new variant of SBTi-A2 in seed protein of soybean (*Glycine max*) in China. Soybean Genet. Newsl. 22: 85-88.
- Zhu, H., Choi, H.-K., Cook, D.R. i Shoemaker, R.C. (2004): Bridging model and crop legumes through comparative genomics. Plant Phys. 137: 1189-1196.
- Zhu, T., Schupp, J.M., Oliphant, A. i Keim, P. (1994): Hypomethylated sequences: characterization of the duplicate soybean genome. Mol. Gen. Genet. 244: 638-645.

KVANTITATIVNA GENETIKA: REZULTATI U OPLEMENJIVANJU SOJE

Joe W. Burton

Važna odlika savremene poljoprivredne proizvodnje je gajenje prinostnih sorti i hibrida, otpornih na bolesti, štetočine i druge nepovoljne uslove spoljašnje sredine. Ove sorte i hibridi stvoreni su prvenstveno upotrebom metoda oplemenjivanja biljaka, zasnovanim na selekciji željenih genotipova, rekombinaciji gena njihovim ukrštanjem i reselekciji. Selekcione tehnike i metodi ukrštanja su brojni i razlikuju se u zavisnosti od biljne vrste i ciljeva oplemenjivanja.

Mnoga ekonomski značajna svojstva, kao što su prinos i kvalitet zrna, su metrička svojstva. U principu, metrička svojstva se nasleđuju kvantitativno (poligeno) i nalaze se pod jakim uticajem faktora spoljašnje sredine. Tako, kada biljna populacija iskazuje fenotipsku varijabilnost nekog kvantitativnog svojstva, iskazana varijabilnost se pripisuje genetskim razlikama između biljaka i/ili različitim uticajima spoljašnje sredine. Statistička analiza ove varijabilnosti između biljaka u srodstvu (unutar iste familije) omogućava uvid u veličinu varijanse nastale usled razlika između genotipa i spoljašnje sredine. Druge analize daju informacije o različitim tipovima genotipske varijanse (aditivna, dominantna, epistatična) i varijanse nastale usled interakcije genotipa i spoljašnje sredine. Istraživanja u oblasti kvantitativne genetike, koja omogućavaju ove rezultate, su osnova za praksu oplemenjivanja biljaka. Ovi rezultati daju uvid u prirodu genotipske varijanse u biljnim populacijama i pomažu u iznalaženju efikasnih metoda za manipulaciju tom varijansom. Pregledi istraživanja u oblasti kvantitativne genetike soje (*Glycine max (L.) Merr.*) objavljeni su ranije (Johnson i Bernard, 1963; Brim, 1973; Burton, 1987; Burton 1998). Ovaj pregled predstavlja reviziju poglavlja iz 1998. godine, i daje važnije rezultate iz oblasti kvantitativne genetike od 1998. godine. Pored klasičnog izučavanja kvantitativne genetike, u poslednjih 10 godina ima sve više istraživanja u oblasti molekularne genetike soje. Dok se većina ovih istraživanja koncentrisala na razvoj transgenih biljaka koje nose nova specifična svojstva, postignut je određeni napredak u identifikaciji lokusa za kvantitativna svojstva (QTL). Stoga je pregled istraživanja ovih lokusa u soji, u delu koji se odnosi na kvantitativnu genetičku varijansu i praksu oplemenjivanja biljaka, takođe našao mesto u ovom poglavlju. Otkrića markera, mapiranje i vezanost gena prikazani su u drugom poglavlju.

Soja je prirodno samooplodna vrsta. Zbog toga su gotovo sve sorte soje u proizvodnji "čiste linije". One se mogu izvesti iz F_4 ili više inbredovane generacije, ili mogu biti smeša uniformnih sestrinskih inbred linija. Gajene populacije se obično izvode iz ukrštanja sa dva ili tri roditelja. Potomstvo ovih ukrštanja se inbreduje kroz tri ili više generacija samooplodnje. Tokom ovog inbreddinga selekcija se može i ne mora sprovesti, što zavisi od afiniteta i ciljeva oplemenjivača.

Jednostruka ukrštanja soje daju između jednog i četiri semena. Ručno ukrštanje soje je težak i dugotrajan posao, pa se na ovaj način ne mogu dobiti veće količine F_1 hibridnog semena. Potrebne su jedna ili dve generacije samooplodnje da bi se dobila dovoljna količina semena za postavljanje poljskog ogleada u uslovima koji vladaju u širokoj proizvodnji. Stoga se genotipske varijanse najčešće ocenjuju u grupama inbred linija, gde aditivni i aditivni x aditivni tip epistatičnog efekta gena čine najveći deo varijanse. Modeli kontrolisane oplodnje korišćeni na soji su bili ili „nested” modeli u samooplodnji ili dialelni (potpuni ili delimični).

Nested modeli u samooplodnji

Od familije u „nested” modelu dobijene kroz dve ili više generacija samooplodnje, linija porekla vodi unazad do jedne biljke u prethodnoj generaciji. Odnosi između familija su izjednačeni sa komponentama varijanse i kovarijanse između generacija. Najmanji kvadrati vrednosti komponenti varijanse genotipa usled aditivnosti, dominacije, epistaze i vezanosti gena, mogu se dobiti u zavisnosti od početne populacije i korišćenog modela. Ovu metodologiju su detaljno opisali Horner i Weber (1956) i Cockerham (1963). Kasnije je Cockerham (1983) modifikovao procedure za interpretaciju kovarijansi samooplodnih rođaka korišćenjem nekoliko identiteta po opadajućim merama kao dodatak koeficijentu inbreddinga (F). Ove kovarijanse se mogu koristiti u genetskim modelima sa aditivnim i dominantnim (neepistatičnim) efektom koji važe za sve frekvencije gena. Koliko je poznato, postoje svega šest objavljenih radova na soji u kojima su korišćeni „nested” modeli u samooplodnji. Poslednji je objavljen 1971. godine (Croissant i Torrie, 1971). Budući da ovi radovi daju najbolju informaciju o podeli nasledne varijanse soje, ovde će biti prikazano svih šest.

U prvom radu, početnu populaciju sačinjavale su 94 slučajno odabrane biljke F_2 generacije dobijene ukrštanjem dve sorte, Adams i Hawkeye (Horner i Weber, 1956). Generacije od F_3 do F_7 sejane su svake godine slučajnim odabirom dva potomstva koja su vodila do određene familije u prethodnoj generaciji i konačno do određene F_2 biljke. Znači, gajeno je 188 potomstava od F_4 do F_7 generacije. Tri genetska modela – potpuno aditivni, aditivni plus dominantni i aditivni plus dominantni plus aditivni x aditivna epistaza, usklađeni su do datuma zrenja (broj dana posle 31. avgusta). Koeficijenti za svaku komponentu varijanse ocenjeni su metodom najmanjih kvadrata.

Rezultati analize pokazali su da je potpuno aditivni model izražavao 96% varijanse i pokazao se isto tako dobrim kao i kompleksniji modeli. U daljim analizama ovih podataka (Gates i sar., 1960), datum cvetanja i broj dana od cvetanja do zrenja iskazali su veću dominantnu od aditivne varijanse, dok su za visinu biljke aditivna i dominantna varijansa bile slične. Genetski modeli koje su koristili za analize sadržali su izraze za ocenu efekata vezanosti. Jedino su datum cvetanja, visina biljke i prinos pokazali efekte usled vezanosti. Serija razdvajanja dominirala je za prinos i datum cvetanja, dok je serija spajanja dominirala za visinu biljke. Ponovo koristeći podatke iz istog eksperimenta, Hanson i Weber (1961) analizirali su varijabilnost homozigotnih linija uz korišćenje modela koji su sadržali samo aditivne, i aditivne x aditivne komponente. U ovim analizama 70% genotipske varijanse za prinos nastalo je usled aditivne x aditivne epistaze. Epistaze računata za ranostasnost, težinu zrna i sadržaj ulja iznosile su 19%, 38% i 52% od genotipske varijanse. Visina biljke i poleganje sadržale su potpuno aditivnu komponentu genotipske varijanse. Pojavile su se velike pogreške povezane sa ispitivanim komponentama. Njihova vrednost je najverovatnije uvećana usled propusta da se razmotri interakcija između genotipa i spoljašnje sredine, kao i udeo usled dominacije.

Brim i Cockerham (1961) izveli su i testirali svaku od $F_{2:3}$, $F_{2:4}$, i $F_{2:5}$ linija od ukrštanja dva roditelja. Osim toga, testirali su i 60 familija izvedenih kroz kontrolisanu oplodnju od 120 $F_{2:3}$ linija. Genetski modeli za analizu podataka uključujući aditivne, dominantne i aditivne x aditivne efekte uzimani su pojedinačno, dvostruko, ili svi zajedno. Potpuno aditivni model iznosio je 97,5 do 99,6% genotipske varijanse, zavisno od svojstva. U modelu koji je obuhvatio sve tri komponente, aditivna varijansa je bila pozitivna za sva merena svojstva u obe populacije, reproduktivni period, ranostasnost, visinu, poleganje, masu neovršenog zrna, masu zrna, prinos, procenat proteina i procenat ulja. Većina vrednosti dominantne varijanse bile su manje od aditivnih komponenti, pa u nekim slučajevima i negativne. Jedino je masa neovršenog zrna (u drugoj populaciji) imala slične vrednosti dominantne i aditivne varijanse.

Hanson i sar. (1967) dobili su nested familije samooplodnjom potomstva izvedenog iz dve generacije dialelnog ukrštanja 8 roditelja. Koristeći model koji je obuhvatao aditivne i aditivne x aditivne efekte, ustanovili su da je aditivna x aditivna epistaza iznosila 61%, 55%, 20% i 17% od varijanse genotipa za prinos, ranostasnost, poleganje i visinu. Varijansa nastala usled epistaze nije nađena za ulja i proteine.

Croissant i Torrie (1971) dobili su nested setove $F_{3:4}$, $F_{4:5}$, i $F_{5:6}$ i $F_{6:7}$ linija koji su opadali od F_2 generacije ukrštanja dva roditelja. Ove linije bile su testirane tokom dve godine. Genotipska varijansa bila je podeljena na komponente usled aditivnog, dominantnog i efekta vezanosti gena. U obe populacije, aditivna varijansa bila je preovlađujuća za sva svojstva, sa izuzetkom visine biljaka u prvoj populaciji a poleganjem i masom zrna u drugoj. Efekat vezanosti gena bio je značajan za visinu biljaka i masu zrna u obe populacije, a za datum cvetanja i poleganje samo u drugoj. U većini slučajeva radilo se o seriji spajanja sa izuzetkom mase zrna u drugoj populaciji.

Za razliku od modela samooplodnje, oplemenjivači biljaka i dalje koriste dialelne modele. Ovi modeli se obično koriste da bi se okarakterisala naslednost novih svojstava, ili da bi se istražila oplemenjivačka vrednost nove i često egzotične germ-plazme. Usled nedostataka u standardnim dialelnim analizama, komponente genotipske varijanse je teško interpretirati (Baker, 1978; Sokol i Baker, 1977). Ocene varijanse nastale usled opštih kombinujućih sposobnosti (OKS) mogu obuhvatiti varijansu usled dominacije i epistaze, kao i aditivnosti, dok ocena varijanse nastale usled posebnih kombinujućih sposobnosti može obuhvatiti dominaciju i epistazu. Takođe, dialelna ukrštanja obično sadrže fiksirani set inbred linija, što ograničava donošenje zaključaka. Dialelna istraživanja često samo utvrđuju prisustvo ili odsustvo genskih efekata i usredsređuju se na kombinujuću sposobnost korišćenih roditelja. Burton (1987) je dao pregled radova u kojima je ocenjivana varijansa za OKS i posebnih kombinirajućih sposobnosti (PKS). Rezultati tog pregleda dati su u tabeli 4.1. kao odnosi OKS prema PKS. Prikazani su odnosi samo za ona svojstva za koja su PKS (neaditivni) izvori varijabilnosti bili značajni. Treba reći i to da su roditelji u dialelnim ukrštanjima u svim citiranim radovima bile sorte ili linije soje (*G. max*).

Jasno je da je prisustvo ili odsustvo varijabilnosti usled PKS za određeno svojstvo specifičnost dialelnog ukrštanja. Ni jedno ispitivano svojstvo nije pokazalo signifikantnu PKS u svakom dialelnom ukrštanju. Prinos je iskazao signifikantnu PKS u pet od sedam dialelnih ukrštanja u kojima je bio računat (Tabela 4.1), dok je masa 1000 zrna, komponenta prinosa, pokazala signifikantnu PKS u šest slučajeva. Visina biljaka i ranostasnost pokazali su signifikantnu varijansu usled PKS u četiri dialela, kao i proteini i ulja u jedinom ogledu u kome su mereni. Odnosi OKS/PKS kretali su se od 1,1 do 37,5. Prema tome, nadmoć genotipske varijanse u dialelnim ukrštanjima, kao i u modelima samooplodnje, je najverovatnije nastala kao rezultat aditivnog dejstva gena.

Drugi tip stranooplodnog modela, North Carolina I model, korišćen je u dva rada na soji. U jednom od njih, Pushpendra i Ram (1987) su koristili dve F_2 populacije od dva roditelja kao početne populacije, dok je u drugom Priadi (1993) koristio populaciju nastalu slučajnom oplodnjom pomoću insekata. U oba rada, standardne greške vrednosti komponenti genotipske varijanse su bile velike i otežavale su tumačenje dobijenih rezultata. North Carolina II model bi mogao biti korisniji za buduća istraživanja, jer funkcije za ocenu komponenti varijanse nemaju toliko uslova kao one potrebne za analizu po I modelu, što bi smanjilo vrednosti standardnih grešaka.

Implikacije za oplemenjivanje soje

Napred navedene ocene komponenti genotipske varijanse moraju se pažljivo tumačiti iz sledećih razloga: 1) Greške ocena komponenti varijanse su velike. 2) Ocene

se odnose samo na specifični početni set genotipova. U slučaju dialelnih ukrštanja, ovaj početni set je obično mali (10 i manje) i fiksiran. 3) Kada se za ocenu vrednosti genotipske varijanse koriste genetski heterogene linije (kao F_2 , F_3 , F_4 linije), udeo nastao usled konkurencije između genotipova može uticati na rezultate (Burton, 1987). 4) Neravnoteža usled vezanosti gena, između potomstava dobijenih samooplodnjom nakon ukrštanja dva roditelja, može povećati epistatične komponente varijanse (Cockerham, 1963). Naravno, pravilno tumačene ocene vrednosti genotipske varijanse mogu uticati na praksu oplemenjivanja soje.

Kako su sorte soje čiste linije, varijansa usled dominacije se uzima u obzir jedino ako se selekcija vrši u ranijim generacijama. Burton i Brownie (2006) dobili su značajnu inbreeding depresiju za prinos zrna u inbred generacijama prostog ukrštanja dve visokoprinosne sorte. Genetski uzroci inbreeding depresije nisu poznati. Kako je soja samooplodna biljka, može se pretpostaviti da je genetsko opterećenje zanemarljivo, odnosno štetni geni sa velikim efektom verovatno nisu značajan činilac. Molekularna istraživanja pokazala su da je soja drevni poliploid (paleopoliploid), kao rezultat jedne, a možda i dve duplikacije genoma (Lee i sar., 1999; Schlueter i sar., 2004). Stoga je genom mahom izlišan, sa nezavisnim genima koji kodiraju različite izoforme istog proteina, te postoji zanimljiva mogućnost da duplicirani lokus može podražavati ili funkcionisati kao heterozigotni lokus u F_1 hibridima (Mackey, 1970). Ovo može da znači da više pažnje treba posvetiti razvoju metoda za selekciju u ranim generacijama. Rekurentna half-sib selekcija sa testerom može u tom smislu biti korisna (Feng i sar., 2004). Varijabilnost usled dominacije može se bolje iskoristiti ako je metod osmišljen za ekonomsku proizvodnju većih količina F_1 hibridnog semena soje.

Aditivni x aditivni tipovi epistaze su fiksirani u homozigotnim linijama. Zbog toga, varijabilnost nastala usled aditivne x aditivne epistaze ne bi trebalo da u mnogome promeni postupak oplemenjivanja (Brim, 1973). Sa druge strane, oplemenjivačka vrednost roditeljskih linija na osnovu njihovih prosečnih karakteristika može biti precenjena, pa će selekcija u ranijim generacijama najverovatnije biti manje uspešna ako je epistaza bila značajna (Burton, 1987).

HETEROZIS

Heterozis uglavnom nije bio činilac poboljšanja samooplodnih biljaka u procesu oplemenjivanja. Izuzeci su hibridi pšenice i pirinča. Veći prinosi hibrida pirinča u odnosu na standardne čiste linije (sorte) u Kini, izazvali su obnovljeno zanimanje za razvoj F_1 hibrida soje. Podele genotipske varijanse opisane u prethodnom poglavlju, sugerišu da su neaditivni izvori varijabilnosti u soji od manjeg značaja u poređenju sa aditivnim. Međutim, u citiranim radovima opisan je samo manji broj oplemenjivanih populacija, a u nekim slučajevima bila je prisutna neaditivna varijansa. Kako neaditi-

vno dejstvo gena (bilo dominacija i/ili epistaza) može rezultirati pojavom heterozisa, istraživanja heterozisa na soji su svrsishodna.

Burton (1987) je prikazao devet radova u kojima je ocenjivana vrednost heterozisa. U šest ovih radova, prinos usled heterozisa određivan je poređenjem prinosa F_1 biljaka sejanih na rastojanju i roditeljskih biljaka. Kao rezultat, 238 različitih F_1 hibrida postiglo je u proseku 21,4% veći prinos od proseka roditelja, a 11,1% veći prinos od najprinosnijeg roditelja (Tabela 4.2). U tri rada, gde su F_1 i roditeljske biljke bile gajene na parcelama sa ivičnim redom koje su u većoj meri reprezentovale uslove u širokoj proizvodnji, ocenjivano je 47 različitih hibridnih kombinacija. U ovim eksperimentima, rezultat prinosa pokazao je 9,6% prosečnog heterozisa roditelja, a 4,5% od proseka najprinosnijeg roditelja (Tabela 4.2). U šest drugih vrednovanja učinka F_1 biljaka sejanih na rastojanju, heterozis za prosečan prinos roditelja kretao se od 24,6% do 90,1%. Heterozis u odnosu na najprinosnijeg roditelja kretao se od 9,4% do 57,8% u četiri rada (Tabela 4.2). Druga dva rada gde su F_1 hibridi testirani na parcelama sa ivičnim redom, prosečan heterozis roditelja iznosio je između 2,5% i 9,3% u 6 ukrštanja (Lewers i sar., 1998), i heterozis prinosa najprinosnijeg roditelja 16% i 5% u dva ukrštanja (Burton i Brownie, 2006).

Heterozis je ocenjivan i poređenjem roditelja i njihovog F_2 potomstva (Loiselle i sar., 1990; Gizlice i sar., 1993). Ovakva proučavanja su na soji imala očiglednu prednost nad onima u kojima se koristila F_1 generacija, jer kod F_2 količina semena nije ograničavajući faktor. Sa druge strane, intergenotipska kompeticija unutar parcela može uticati na ocenu heterozisa. Ovo naročito važi za F_2 generacije koje se razdvajaju po grupama zrenja i ispoljavaju velike razlike u visini biljaka. Ako heterozis u F_1 nastaje usled dominacije, heterozis u F_2 bi trebao da bude jednak polovini heterozisa u F_1 . Loiselle i sar. (1990) ocenjivali su 55 F_2 populacija izvedenih iz dialelnog ukrštanja 11 roditelja. F_2 populacije i roditelji gajeni su na 3 lokaliteta u tri ponavljanja na parcelama sa dva ivična reda. Prosečni heterozis za prinos roditelja na 3 lokaliteta iznosio je 10,8%. Najniži prosečni heterozis nađen je na lokalitetu sa najvišim prinosom, što ukazuje da heterozis može biti nestabilan usled dejstva faktora spoljašnje sredine. Gizlice i sar. (1993) ocenjivali su F_2 balk populacije izvedene iz dialelnog ukrštanja 5 roditelja, linija istog porekla, i iznašli da je prosečan heterozis za prinos 9,3%. U ovom istraživanju heterozis u F_2 generaciji poređen je sa merilima genetske sličnosti. Jedna od njih bila je ocenjivana na osnovu genotipske varijanse za deset svojstava između pet roditelja, merena u fitotronu u kontrolisanim uslovima. Korelacija između ovog merenja i heterozisa bila je značajna i negativna (-0,55) što ukazuje na to da se može očekivati da genotipovi koji imaju najmanju genetsku sličnost iskažu veći heterozis. Uprkos tome, dve od F_2 populacija sa vrlo niskim ocenama sličnosti (0,00 i 0,03), pokazale su svega 6% i 1% heterozisa.

Heterozis za sastav zrna, odnosno sadržaj proteina i ulja, uglavnom nije bio značajan u najvećem broju radova u kojima je ispitivan (Leffel i Weiss, 1958; Brim i Cockerham, 1961; Weber i sar., 1970; Nelson i Bernard, 1984; Dayde i sar., 1989; Loiselle i sar., 1990; Gizlice, i sar., 1993).

Samo je prosečni heterozis roditelja za sadržaj ulja povremeno bio značajan, ali je u tim slučajevima bio negativan (Leffel i Weiss, 1958; Weber i sar., 1970; i Loiselle i sar., 1990). Lewers i sar. (1998) pronašli su značajan prosečni heterozis roditelja za sadržaj ulja – od -2,2 do 2,2% i za sadržaj proteina od -1,4 do 0%.

Izneti rezultati su dobar dokaz da određene hibridne kombinacije soje mogu dati značajan heterozis za prinos najprinosnijeg roditelja. Takođe, ovo povećanje prinosa nije praćeno značajnom promenom u sastavu zrna. Nije poznato koji je udeo heterozisa za prinos nastao usled dominacije i dominantnih tipova epistaze, a koji usled aditivne x aditivne epistaze. Burton i Brownie (2006) pružili su dokaze za dominaciju ali ne i za dominantne tipove epistaze. Oni su sumirali različite genetske uzroke dominacije i epistatične varijanse i zaključili da svi "mogu biti fiksirani u sorti čistoj liniji sa izuzetkom superdominacije na jednom lokusu". To znači da se putem selekcije može doći do čiste linije koja će imati prinos kao F_1 hibrid. I zaista, napredak u povećanju genetskog potencijala za prinos u poslednjih 50 godina prvenstveno je bio rezultat selekcije čistih linija i rekombinacije, što svedoči o važnosti aditivnog dejstva gena i mogućim aditivnim x aditivnim tipovima epistaze (Boerma, 1979; Wilcox i sar. 1979; Specht i Williams, 1984; Specht i sar., 1999). No, i dalje ostaje provokativna mogućnost da se putem heterozisa u F_1 generaciji brže dođe do signifikantnog povećanja prinosa.

Potrebni su, međutim, eksperimentalni dokazi koji jasno pokazuju superiornost F_1 hibrida u odnosu na moderne sorte, čiste linije. Za široko uporedno testiranje hibrida i sorti potrebni su metodi za proizvodnju dovoljne količine F_1 hibridnog semena. Metodi koji najviše obećavaju za sada su vezani za oprašivanje muško sterilnih biljaka insektima. Nelson i Bernard (1984) ukrstili su "žensku" liniju, koja je bila ms_2ms_2 nuklearno muški sterilna sa normalnom "muškom" linijom. Blokovi za proizvodnju hibridnog semena bili su uređeni tako što je seme ženske linije (bilo ms_2ms_2 ili Ms_2ms_2) bilo sejano na udaljenosti od 10 m u svaki treći red muške linije. Ovo minimizuje stranooplodnju muško sterilnih "ženskih" biljaka polenom fertilne (Ms_2ms_2) sestrinske linije, pa se muško sterilne biljke ne moraju uklanjati. Burton i Carter (1983) predložili su korišćenje muško sterilnih linija sa zelenim kotiledonom ($d_1d_1d_2d_2$) kao majke, dok bilo koja sorta žutog semena može da posluži kao otac. Hibridno seme će imati žute kotiledone i moći će se lako razlikovati od nehibridnog koje će imati zelene kotiledone. Treći metod nedavno su opisali Lewers i sar. (1996). Ovaj metod koristi usku povezanost lokusa za boju cveta W_1 i lokusa ms_6 za nuklearnu mušku sterilnost. Ovim metodom, nazvanim kosegregacija, muško fertilne biljke ljubičastog cveta ($W_1W_1MS_6ms_6$) se jasno razlikuju od njihovih muško-sterilnih rođaka belog cveta u fazi klijanaca i odbacuju.

Metod kosegregacije takođe omogućava i poređenje F_1 , F_2 i kasnijih generacija, tako da se može dobiti dobra ocena inbreeding depresije, što bi trebalo da pomogne u iznalaženju odgovora na pitanje da li je za heterozis kod soje odgovorna dominantna ili aditivna x aditivna epistaza. Inbreeding depresija je pouzdaniji pokazatelj dominacije nego heterozis (Compton, 1977). Postoji svega nekoliko eksperimentalnih ocena

inbreeding depresije soje. Brim i Cockerham (1961); Lewers i sar., 1998; Rahangdale i Raut (2002) i Burton i Brownie (2006) su pronašli značajnu inbreeding depresiju u nekim populacijama koje su ispitivali. No, kao i u slučaju heterozisa, frekvencija i trajanje inbreeding depresije tek treba da se ispita.

U soji je otkrivena i citoplazmatska muška sterilnost (Sun, 1999). Ukoliko bi se iznašao pouzdan sistem za održavanje i ponovno uspostavljanje fertilitnosti, citoplazmatska muška sterilnost bi mogla postati značajno sredstvo za proučavanje heterozisa, a takođe može naći svoje mesto u proizvodnji hibridnog semena za komercijalnu upotrebu. Naravno, uz uslov da izvor citoplazme ne utiče na prinos.

HERITABILNOST

Heritabilnost nekog svojstva se obično definiše kao udeo genotipske u ukupnoj fenotipskoj varijansi svojstva. Heritabilnost za određeno svojstvo biljne populacije daje uvid u snagu uticaja faktora spoljašnje sredine u odnosu na uticaj genotipa. Takođe, ocene heritabilnosti se koriste da bi se predvidelo reagovanje na selekciju (Hanson, 1963). Kako je oplemenjivanje soje prvenstveno proces stvaranja, testiranja i odabiranja inbred linija, heritabilnost se obično ocenjuje na osnovu podataka iz testiranja linija u polju ili kontrolisanim uslovima na različitim nivoima inbreedinga. Fenotipske i genotipske varijanse dobijaju se analizom varijanse (Johnson i sar., 1955a). Drugi metodi za ocenu heritabilnosti, metod razlike i metod regresije potomstva u odnosu na roditelje obično zahtevaju procenu na osnovu pojedinačnih biljaka. Kod metoda razlike, vrednost genotipske varijanse se dobija tako što se varijansa generacija bez razdvajanja (roditeljske i/ili F_1) oduzima od varijanse generacija razdvajanja (F_2 , F_3 , itd.) (Weber i Moorthy, 1952). Metodom regresije potomstva u odnosu na roditelje, obično se sredine F_n familija dobijene u jednoj sezoni regresiraju u odnosu na vrednost F_{n-1} pojedinačnih biljaka iz prethodne sezone, (Nyquist, 1991), ili se F_n familije regresiraju na F_{n-1} familije gde je svaki par izveden iz druge biljke. Četvrti metod za ocenu heritabilnosti zasnovan je na odnosu reakcije na selekciju prema selekcionoj razlici (Falconer, 1960).

Ocene heritabilnosti odnose se samo na određenu populaciju genotipova (Dudley i Moll, 1969), a takođe i samo na određeni skup ekoloških i eksperimentalnih uslova u kojima je vršeno testiranje. Za pravilno tumačenje se takođe mora uzeti u obzir i tip eksperimentalne jedinice (biljka, parcela, ulazna sredina). Ocene mogu biti i nepouzdanane. Na metod regresije potomstva u odnosu na roditelje i ocene mogu uticati fenotipske razlike familija kada se roditelji i potomstvo testiraju u različitim ekološkim uslovima (Nyquist, 1991). Na metod razlike, pak, može uticati interakcija genotipa i spoljašnje sredine (Nyquist, 1991). Svi metodi zasnovani na korišćenju pojedinačnih biljaka daju nepouzdanane ocene za svojstva, kao što je prinos, na koja

utiče intergenotipska kompeticija, jer pojedinačna biljka ima drugačije uslove uspevanja od sorte u širokoj proizvodnji (Hanson, 1963).

Predviđanje reakcije na selekciju

Osnovna vrednost ocene heritabilnosti u oplemenjivanju biljaka je njena upotreba za predviđanje reakcije na selekciju. Nyquist (1991) je dao sledeću jednačinu za izračunavanje reakcije na selekciju:

$$\Delta G = [\text{Cov}(X,Y)/\sigma_x^2]S$$

Gde je: ΔG = reakcija na selekciju, tj. Promena u sredini populacije,

$\text{Cov}(XY)$ = kovarijansa između selekcionih jedinica X, i individue Y koja je dobijena od X, bilo samooplodnjom ili ukrštanjem sa drugom selekcijom,

S = selekcionih diferencijal

$\text{Cov}(XY)$ je jednaka proizvodu genotipske varijanse populacije g^2 i koeficijenta c koji predstavlja kontrolu roditeljstva u procesu ukrštanja (Nyquist, 1991). Koeficijent c može imati vrednosti $\frac{1}{2}$, 1 ili 2. Tako je $\text{Cov}(XY) / x^2$ jednako g^2 / x^2 , ili c puta heritabilnost, h^2 . Kod samooplodnih vrsta, kod kojih se selekcija vrši u generaciji g, a napredak nagomilava u kasnijoj generaciji g', c = 1, a odnos $\text{Cov}(XY) / x^2$ je jednak heritabilnosti, h^2 .

Za svrsishodno vrednovanje većine svojstava soje, potrebno je testiranje linija (familija) u više lokaliteta. Ovo je obavezno za samooplodne biljke koje stvaraju rođake u uskom srodstvu. Genotipska varijansa između rođaka u uskom srodstvu uključuje osim aditivnih, dominantnih i epistatičnih, i druge izvore varijabilnosti. Weir i Cockerham (1977) su razvili model za kovarijansu rođaka za lokus u *linkage* ekvilibrijumu, koji važi za bilo koji nivo inbreedinga, frekvenciju gena i broj alela. Pored aditivne (A^2) i dominantne (D^2) varijanse, bila su potrebna još četiri termina specifična za inbreeding. To su D_1 , kovarijansa aditivnog i dominantnog dejstva homozigota; D_2 , varijansa dominantnog dejstva homozigota; H^* , suma kvadrata h_i , inbreeding depresije na lokusu i, (srednja vrednost inbredovane populacije minus srednja vrednost neinbredovane populacije na i'-tom lokusu). Inbreeding depresija za i'-ti lokus je h_i , a ukupna inbreeding depresija je suma h_i za sve lokuse razdvajanja (Nyquist, 1991).

Za samooplodne vrste kao što je soja, kovarijansa je od interesa za rođake u uskom srodstvu. Kovarijansa za dva rođaka u uskom srodstvu, X u generaciji g i Y u g', sa njihovim poslednjim zajedničkim pretkom u generaciji t (gde je t gg) je kao što sledi

$$\begin{aligned} \text{Cov}(X,Y | t;g,g') = Ctgg' = & (1+F_t)\sigma_A^2 + [(1-F_g)(1-F_{g'})/(1-F_t)]\sigma_D^2 + \\ & (F_g + F_{g'} + 2F_t)D_1 + [F_t + (F_g - F_t)(F_{g'} - F_t)/2(1-F_t)]D_2 + \\ & [F_t(1-F_g)(1-F_{g'})/(1-F_t)]H^* + (1+F_t)^2 \sigma_{AA}^2. \end{aligned}$$

U populacijama sa dva roditelja sa samo 2 alela na lokusu razdvajanja, $H^* = D^2$ i po pretpostavkom da su roditelji u uskom srodstvu, frekvencije gena na tim lokusima su sve $\frac{1}{2}$, tako da su i D_1 i $D_2 = 0$. Za ove populacije

$$\text{Cov}(X,Y | t; g,g') = (1+F_t)\sigma_A^2 + [(1+F_t)(1-F_g)(1-F_{g'})/(1-F_t)]\sigma_D^2 + (1+F_t)^2\sigma_{AA}^2.$$

Koeficijenti za A^2 , D^2 , i σ_{AA}^2 su dati u Tabeli 4.3 (prema Nyquistu, 1991) za inbred linije izvedene iz F_2 , F_3 , F_4 , ili F_5 generacije. Iz ovoga je jasno da će ocene heritabilnosti dobijene vrednovanjem linija izvedenih u ranim generacijama sadržati i udeo dominantne varijanse u brojiocu. Ukoliko je dominacija predstavljala signifikantan deo genotipske varijanse, ocene reakcije na selekciju zasnovane na ovim ocenama heritabilnosti biće uvećane.

Sve ostale inbred populacije za koje se ne može pretpostaviti da je frekvencija alela $\frac{1}{2}$, imaće kovarijanse rođaka koje će sadržati D_1 , D_2 i H^* . Ako nije bilo dominantne varijanse, tada će D_1 , D_2 i H^* biti nula.

Pri razmatranju reakcije na selekciju između inbred linija iz populacije nastale ukrštanjem dva roditelja, kovarijansa od interesa je $Ctgg'$, gde t predstavlja generaciju iz koje je linija izvedena, g generaciju u kojoj je testirana, a g' je generacija u kojoj je konačno dobijena genetska dobit od selekcije. Kada je konačni proizvod selekcije sorta čista linija i kada je dominantna varijansa rasuta, normalno je da g' teži beskonačnosti. U tipičnom programu oplemenjivanja soje, potomstvo nastalo ukrštanjem dva roditelja razvija se *single seed descent* metodom do F_4 generacije (t=2), testiranje i selekcija primenjuje se u sledećoj generaciji (g=3), dok se konačna dobit procenjuje u kasnijoj generaciji (Zbog lakšeg izračunavanja uzima se da je g' =). Genetska dobit od selekcije je onda:

$$\Delta G = kCtgg'/\sigma_x = kC_{23 \infty}/\sigma_x = k(1.75\sigma_A^2 + 3.06\sigma_{AA}^2)/\sigma_x$$

gde je x^2 fenotipska varijansa za testiranje linija u F_5 dobijenih iz F_4 generacije. Predviđanje dobiti u oglecima gde se ukrštaju odabrane familije ili individue, pa se genetska dobit meri u novonastaloj populaciji, obradili su Burton i Carver (1993).

Empirijske ocene

Ocene heritabilnosti za prinos u 25 različitih populacija soje testiranih u 9 različitih istraživanja variraju od 0 do 74% (Tabela 4.4). Prosečna heritabilnost za prinos iznosila je 63%. Uopšte, sva svojstva vezana za prinos imala su višu heritabilnost od samog prinosa. Prosečna ocena heritabilnosti komponenti varijanse za težinu semena iznosila je 81%. No, ostvarene ocene bile su mnogo manje i kretale su se od 32% do 12%. Kada su uzeti prosci ocena populacije, heritabilnosti za druga

svojstva vezana za prinos – visinu biljke, visinu prve mahune, poleganje, broj dana do cvetanja, broj dana do punog formiranja mahuna i broj dana do zrenja, su sve bile veće od 50%. Tukamuhabwa i sar. (2002) su u polu dialelu linija otpornih, osetljivih, ili intermedijarnih na pucanje mahuna dobili da je heritabilnost za otpornost prema pucanju mahuna 70%. Ove ocene potvrđuju ono što je oplemenjivačima soje poznato iz prakse, da je genetski potencijal za prinos teže odrediti od većine ostalih svojstava, zbog velikog uticaja faktora spoljašnje sredine.

Heritabilnosti za sastav zrna su pretežno visoke. Vrednosti komponenti varijanse za heritabilnost proteina za 25 populacija nastalih ukrštanjem dva roditelja kretale su se od 51 do 96 (Tabela 4.5). Ostvarene vrednosti za dve populacije iz rekurentne selekcije bile su 29 i 34. Vrednosti za half-sib populacije iz 3 unakrsno ukrštene familije iznosile su 65%, 78%, i 82%. Slični rezultati dobijeni su i za druge komponente semena, procenat ulja i šećera, kao i sastav masnih kiselina u ulju. Heritabilnost za drugo svojstvo, nazvano kuvljivost, koje uglavnom zavisi od sastava semena, imalo je vrednost 70 za 2 populacije.

Ocene heritabilnosti za fiziološka svojstva su za populacije u kojima su merena bile u proseku veće od 50, osim za temperaturu biljnog sklopa, period nalivanja zrna i uticaj gvožđa (Tabela 4.6). Svojstva vezana za fotosintezu, kao što su žetveni indeks, fotosinteza biljnog sklopa i temperatura biljnog sklopa, varirala su od 0 do 82. Shibles i Sundberg (1998) pokazali su da su sadržaj azota u listu u R5 i trajanje reproduktivnog perioda povezani sa prinosom. Međutim, odsustvo ujednačenih vrednosti u različitim godinama ukazuje na nisku heritabilnost. Svojstva vezana za azotofiksaciju – masa kvržica, ukupni azot i fiksirani azot, imala su heritabilnost između 49 i 67.

Zbog teškoća pri merenju otpornosti prema bolestima i insektima (koja su obično pod uticajem faktora spoljašnje sredine), heritabilnost za ova svojstva je obično niska. Heritabilnost za tolerantnost soje prema cist nematodama, otpornost prema smeđoj truleži stabla i tolerantnost prema *Phytophthora* kretala se od 19 do 88 (Tabela 4.7).

KORELACIJE

Fenotipske i genotipske korelacije između kvantitativnih svojstava su uobičajene u oplemenjivanju biljaka. Na primer, u populacijama soje je uobičajeno da su sadržaj ulja i sadržaj proteina u negativnoj korelaciji. Ovakvi odnosi između svojstava su važni, jer utiču na konačan rezultat selekcije. U navedenom primeru, selekcija na povećanje sadržaja proteina, obično dovodi do smanjenja sadržaja ulja (Brim i Burton, 1979). Time je poboljšanje dobijeno selekcijom (više proteina) donelo neželjenu posledicu (manje ulja). Sa druge strane, selekcija na jedno svojstvo, kada postoji povoljan korelacioni odnos prema drugom svojstvu, može rezultirati povoljnom reakcijom na selekciju za oba svojstva. Korelacije između svojstava mogu takođe omogućiti

uvid u biologiju biljke. Na primer, ako selekcija na povećanje potencijala za prinos rezultira u višoj stopi fotosinteze, može se zaključiti da je povećanje stope fotosinteze bilo potrebno za postizanje viših prinosa.

Genotipske korelacije između svojstava mogu biti rezultat ili disekvilibriruma usled vezanosti gena, ili pleiotropije. Ukoliko je uzrok korelacije disekvilibrirum, korelacija se može izgubiti usled rekombinacije gena. Mnogo je teže raditi sa pleiotrofnim efektima koji mogu zahtevati posebne metode za postizanje željenog rezultata oplemenjivanja. Oni obično zahtevaju unošenje nove germplazme u populaciju i/ili različite tehnike selekcije na svojstvo.

Kada se započinje program oplemenjivanja, izbor roditelja je ključ i dugoročnog i kratkoročnog uspeha. Ovaj izbor je dobar kada postoji razumevanje genetskih korelacija između svojstava i saznanje kako selekcija na jedno svojstvo utiče na svojstva od agronomskog i ekonomskog značaja.

Korelacija dejstva selekcije svojstva Y kada se selekcija vrši na svojstvo X (GYX) se može predvideti iz formule

$$\Delta G_{y-x} = k \sigma_{py} h_y h_x r_A$$

Gde je k standardizovani selekcionni diferencijal, σ_{py} fenotipska standardna devijacija za svojstvo Y, h_y i h_x kvadratni korenovi heritabilnosti za svojstva Y i X, a r_A je genotipska korelacija između svojstva X i Y. Ova jednačina će biti jednaka predviđenoj dobiti od direktne selekcije na svojstvo Y (G_y) ako je $h_x r_A$ jednako h_y . Ovo je neophodan uslov ako je indirektna selekcija na Y prema direktnoj selekciji na X jednaka direktnoj selekciji na Y. Postoje primeri na soji gde je indirektna selekcija na svojstvo efikasnija, ili jednako efikasna kao i direktna selekcija na isto svojstvo. Bravo i sar. (1980) su utvrdili da je selekcija na širinu mahune na bazi jedne biljke imala veći efekat na povećanje mase zrna od direktne selekcije na povećanje mase zrna. Slično tome, LeRoy i sar. (1991) su utvrdili da je selekcija na smanjenu širinu mahune u tri različite populacije, bila više ili jednako efikasna u smanjenju mase zrna kao direktna selekcija na manju veličinu zrna. Ovo se pokazalo tačnim bilo da je kao selekciona jedinica poslužila pojedinačna biljka, parcela ili ulazna srednja vrednost. U sledećem primeru, indirektna selekcija u populaciji za povećanje prinosa, direktnom selekcijom na svojstvo u korelaciji ($r_A = 0,96$), vidljivu fotosintezu biljnog sklopa (CAP), bila je 1,46 puta efikasnija od direktne selekcije na prinos (Harrison i sar., 1981).

Navedeni primeri nisu uobičajeni. Direktna selekcija je obično efikasnija od indirektna (Johnson i sar., 1955b; Byth i sar., 1969b). Ipak, indirektna selekcija može biti u prednosti kada se posmatra proces oplemenjivanja u globalu. Na primer, teškoće i troškovi pri indirektnoj selekciji mogu biti manji od onih pri direktnoj selekciji. Vreme takođe može biti činilac. Većina ciklusa selekcije na prinos soje zahteva najmanje 3 sezone – jednu za ukrštanje, jednu za povećanje količine semena i jednu za povećanje prinosa. Ukoliko indirektna selekcija dozvoljava selekciju u svakoj sezoni, godišnja dobit može nadmašiti onu za direktnu selekciju.

Tinius i sar. (1991) su utvrdili da je masovna selekcija za povećanje mase zrna muško sterilnih biljaka iz populacije ukrštane pomoću insekata, uspešno povećala prosečnu masu i prinos zrna muško sterilnih biljaka u populaciji. Ovom procedurom, ciklus masovne selekcije bio je završen svake godine, a godišnje povećanje prinosa iznosilo je 47 kg ha^{-1} . U poređenju s tim, direktnom selekcijom na prinos S_1 familije u istoj populaciji za koju je bilo potrebno 2 godine po ciklusu, prinos je povećavan 19 kg ha^{-1} (Burton i sar., 1990). Li i Burton (2002) utvrdili su da indirektna selekcija na težinu i broj zrna može povećati kako prinos, tako i sadržaj proteina.

Vrednosti genotipskih i /ili fenotipskih korelacija između prinosa i osam drugih svojstava (masa zrna, visina, poleganje, broj dana do cvetanja, period plodonošenja, ranostasnost, sadržaj proteina i ulja) su prikazane u tabeli 4.8. Pored toga, Burias i Planchon (1990) su utvrdili pozitivne fenotipske korelacije između prinosa F_4 linija i sledećih svojstava: azotofiksacije (0,29), volumena kvržica (0,23) i suve mase kvržica (0,20). Azotofiksacija je utvrđivana u fazi R5 metodom redukcije acetilena. Pantalone i sar. (1996) dobili su genotipske korelacije između gustine korenskih vlakana i prinosa -0,56 i između gustine korena i proteina 0,42.

SELEKCIJA

Razvoj populacije

U oplemenjivanju soje, kao i u oplemenjivanju biljaka uopšte, početni korak u selekciji sorti je razvoj populacije. To može biti najkritičniji korak, jer će konačni uspeh zavistiti od početne populacije koja ima adekvatnu genetsku varijabilnost za postizanje određenog cilja oplemenjivanja. Izbor roditelja je važan. Maksimalna varijabilnost za svojstvo je poželjna, ali se prosečna agronomska vrednost linija takođe mora uzeti u obzir. Logično je pretpostaviti da će linije koje nisu u srodstvu dati maksimalnu genetsku varijabilnost potomstva. Manjarrez-Sandoval i sar. (1995) su pokazali da je genetska varijabilnost između F_6 linija izvedenih iz jednostrukih ukrštanja bila obrnuto proporcionalna koeficijentu roditeljstva između dva roditelja.

Pored toga, u obzir se mora uzeti i broj poželjnih nezavisnih lokusa za svojstvo sa različitim alelima u svakom roditelju. Ako je ovaj broj sličan u oba roditelja F_2 populacije, tada postoji velika verovatnoća da se transgresivnim razdvajanjem dobije superiorno potomstvo (Bailey i Comstock, 1976). Ako postoji velika razlika u broju poželjnih alela koje nosi svaki roditelj, biće teško odabrati homozigotnu liniju sa alelima boljim od boljeg roditelja. Panter i Allen (1995) su predložili da se pri izboru roditelja osim podataka o poreklu, u obzir uzmu i podaci o učinku. Ovi podaci su deo mešanog linearnog modela za izračunavanje najbolje linearne neometane prognoze (BLUP) oplemenjivačke vrednosti potencijalnih roditelja. U praktičnom radu, nađeno

je da su roditelji odabrani na osnovu BLUP rezultata dali superiornije kombinacije ukrštanja u poređenju sa roditeljima odabranim na osnovu roditeljske srednje vrednosti.

Populacije se obično razvijaju dvostrukim, trostrukim, ili četvorostrukim ukrštanjem sorti i/ili linija. Ukoliko se koristi neadaptirana germplazma, obično se sprovodi najmanje jedno povratno ukrštanje sa adaptiranim roditeljem. Ovo je neophodno zbog toga što je neadaptirana germplazma manje produktivna i srednja vrednost prinosa populacije pokazuje linearnu zavisnost od proporcije egzotične germplazme u populaciji (Vello i sar., 1984). Jedno povratno ukrštanje će verovatno rezultirati nižom frekvencijom izvedenih egzotičnih fenotipova, ali će frekvencija linija sa poželjnom kompozicijom fenotipa (visok prinos i egzotičnost) biti veća (Hintz i sar., 1987).

Selekcija čistih linija

Populacije se unapređuju kroz generacije samooplodnje na nekoliko načina, uključujući standardnu pedigre selekciju, modifikovanu pedigre selekciju (*single seed descent*) (Brim, 1966), ili samooplodnju u smeši. Pri poslednja dva, identifikacija, ocena i selekcija čistih linija obavlja se u kasnijim generacijama ($F_5 - F_7$). Kod pedigre selekcije, poželjne familije se odabiraju (obično vizuelno) u svakoj generaciji i jedna ili više biljaka iz svake familije se samooplođnjom razvija dalje, do sledeće generacije.

Reakcija na selekciju korišćenjem bilo kojeg od pomenutih metoda se dobija u homozigotnim linijama nastalim samooplođnjom, bez stranooplođnje, iz referentne populacije. Iz ranije iznetog, očigledno je da reakcija na selekciju u mnogome zavisi od nivoa inbreedinga biljke iz koje se izvode linije i generacije u kojoj su testirane. On se može razlikovati od reakcije u izrođenim generacijama koja se ispoljava kada se odabrane linije međusobno ukrštaju (Cockerham i Matzinger, 1985).

Selekcija u ranim generacijama se može pokazati poželjnom, jer omogućava da se uspešno odredi genotipska vrednost pojedinačnih F_2 , biljaka F_3 i/ili F_4 linija. Ako se selekcija ne vrši u ranim generacijama, mala je verovatnoća da se izoluje linija homozigotna za velik broj poželjnih alela (Sneep, 1977; Bailey, 1977). Sa 20 razdvajajućih lokusa u F_2 generaciji, Bailey (1977) je izračunao da se u manje od 2 od 10.000 inbred linija razvijanih bez primene selekcije može očekivati da imaju 18 lokusa homozigotnih na poželjne alele. Koristeći simulaciju na računaru, Bailey i Comstock (1976) su ispitivali selekciju F_2 biljaka iz populacije nastale ukrštanjem dva roditelja praćenu intralinijskom selekcijom u F_3 i F_4 generaciji. Linije su razvijane do F_8 generacije *single seed descent* metodom. Ovi rezultati su pokazali da je verovatnoća fiksacije poželjnih alela povećana selekcijom i većom intralinijskom heritabilnošću. Verovatnoća je takođe rasla za serije spajanja, a smanjivala se za serije razdvajanja. Druge simulacione studije su takođe pokazale da je selekcija u ranijim generacijama na svojstva sa većom heritabilnošću efikasnija u proizvodnji

superiornih F_6 linija nego selekcija odložena do F_5 ili F_6 generacije (Casali i Tigchelarr, 1975; Yonezawa i Yamagata, 1981). Za svojstva sa niskom heritabilnošću, najbolje je odložiti selekciju do F_5 ili F_6 generacije. Selekcija u ranijim generacijama na svojstva sa većom heritabilnošću, može smanjiti genetsku varijabilnost populacije za svojstvo sa nižom heritabilnošću, kao što je prinos zrna (Brim, 1973). Ovaj problem se može prevazići započinjanjem sa veoma velikom F_2 generacijom (Yonezawa i Yamagata, 1981).

Izvedeni su eksperimenti postavljeni tako da se uporedi relativna efikasnost metoda pedigree selekcije (PS), *single seed descent* metoda (SSD) i testiranja ranijih generacija (TRG). Boerma i Cooper (1975) su istovremeno testirali sva tri metoda u četiri populacije nastale ukrštanjem dva roditelja sa ciljem povećanja prinosa. Nisu pronašli konzistentne razlike između populacija, kako između prosečnih prinosa svih dobijenih linija, tako ni između prosečnih prinosa pet najprinosnijih linija iz svake populacije. Na osnovu ovih rezultata, preporučili su SSD metod, budući da je najmanje koštao. Snape i Riggs (1975) su došli do sličnog zaključka kroz simulaciona istraživanja. Cooper (1990) je opisao izmenjenu verziju svog ranijeg TRG metoda, za koji je našao da je i efikasan i uspešan. Molari i sar. (1987) su testirali četiri različite TRG procedure i nisu pronašli pozitivnu reakciju na selekciju na prinos pre F_5 generacije. Isto tako, Pushpenda i Ram (1987) su zaključili da selekcija na prinos i žetveni indeks u F_2 , F_3 i F_4 generaciji nema efekta, ali su otkrili pozitivnu reakciju na raniju selekciju za broj mahuna. St. Martin i Gerald (2002) poredili su efektivnost selekcije na osnovu testova u jednom ponavljanju od F_1 , F_2 , i F_3 izvedenih familija nastalih ukrštanjem više roditelja. Intenziteti selekcije bili su između 25% i 35%. Odabrane familije vrednovane su kao $F_{1:3}$, $F_{2:4}$, i $F_{3:5}$ i poredene sa kontrolnim linijama u ogledima sa ponavljanjima. Dobit za prinos za svaki od selekcionih metoda bila je oko 4% od srednje vrednosti kontrolnih linija. U ranije obavljenim istraživanjima, St. Martin i Xie (2000) ocenjivali su višefazni pristup selekciji, pa je 11% linija odabrano iz F_3 generacije, 21% iz F_4 generacije, a 18% iz F_6 generacije. Vrednosti genetskih dobiti za prinos izražene kao procenat srednje vrednosti standardnih sorti iznosile su -1,4% u F_3 , 3,7% u F_4 i 9,1% u F_6 generaciji. Negativna vrednost u F_3 generaciji verovatno je rezultat vrednovanja na osnovu jednog ponavljanja i dodatne selekcije na ranostasnost. Streit i sar. (2001) vršili su selekciju između F_2 familija, praćenu selekcijom unutar familija na osnovu prinosa linija izvedenih u F_3 i poredili rezultate sa nasumičnom selekcijom linija izvedenih u F_3 nezavisno od ishodne familije. Zaključili su da su ogledi u kojima se meri prinos ranih generacija korisni, ali da se selekcija na osnovu rezultata familije daje uglavnom iste rezultate kao i nasumičan odabir linija. Byron i Orf (1991) su vršili uspešnu selekciju na ranostasnost u četiri populacije koristeći PS, SSD ili SSD sa selekcijom u ranijim generacijama. Pri tome, linije dobijene selekcijom korišćenjem ova tri metoda se nisu razlikovale u prinosu, ranostasnosti, visini biljaka, poleganju, težini zrna i periodu nalivanja. Burias i Planchon (1990) su uspeli da vrše selekciju na povećanje azotofiksacije (redukcije acetilena) u R_5 u tri F_2 populacije nastale ukrštanjem dva roditelja i indirektno povećaju prinos u F_4 izvodima iz selekcije.

Konačno, ponekad se kao korisno predlaže ukrštanje F_2 i/ili F_3 generacija, pre nego izvođenje inbred linija. Međutim, u simulacionim studijama, Pederson (1974) i Stam (1977) nisu pronašli dobit od ukrštanja u poređenju sa selekcijom.

Poboljšanje populacije – selekcija na jedno svojstvo

Rekurentna selekcija korišćena je za poboljšanje prinosa zrna (Kenworthy i Brim, 1979; Sumarno i Fehr, 1982; Piper i Fehr, 1987; Burton i sar., 1990; Rose i sar., 1992), hemijskog sastava zrna (Brim i Burton, 1979; Burton i sar., 1983), kvaliteta ulja (Burton i sar., 1983; Carver, i sar., 1986), mase zrna (Tinius i sar., 1991); datuma cvetanja (Nelson, 1988), efikasnosti gvožđa (Beeghly i Fehr, 1989), i reproduktivnog perioda (Hanson, 1992). Ipak, najveći napredak u oplemenjivanju soje postignut je korišćenjem tradicionalnih PS i SSD metoda, a vrlo malo sorti je dobijeno iz programa rekurentne selekcije. Ovo je delimično uzrokovano prirodom ručne oplodnje, koja predstavlja izuzetno naporan posao kada se sprovodi unakrsno ukrštanje u svakom ciklusu. Još važnije, zbog toga što su sorte soje genetski čiste linije, oplemenjivači obično izbegavaju rekurentnu selekciju, jer predstavlja zaobilazni put ka cilju (Burton, 1987). Takođe, postoji i bojazan da su populacije iz rekurentne selekcije tipično zatvorene i efikasni načini za uvođenje nove, poboljšane germplazme u sistem nisu očit. Međutim, kako je istaknuto ranije, za multigena svojstva je mala verovatnoća dobijanja homozigotnih linija sa mnogo više poželjnih alela od najboljeg roditelja, bilo korišćenjem PS ili SSD metoda. Tako bi, zbog toga što je najveći deo genetske varijabilnosti u soji aditivne prirode, rekurentna selekcija trebala da bude uspešna u povećanju frekvencije povoljnih gena. Kao podršku programu ciklične selekcije sa stranooplodnjom, Bailey i Comstock (1976) koriste sledeći argument. Ako je verovatnoća fiksacije poželjnih alela za par linija prvog ciklusa (na primer) $p = 0,7$, tada je verovatnoća da će obe linije biti homozigotne za poželjne alele $0,49$, dok verovatnoća da ih obe linije neće imati $(1-p)^2 = 0,09$. Generalno, ako je za ukrštanje odabrano n linija, tada je verovatnoća da nijedna od n linija ne nosi poželjne alele mala i iznosi $(1-p)^n$.

Za selekciju soje su bili korišćeni ili predlagani različiti metodi, kao što su masovna selekcija (Burton i Brim, 1981; Tinius et al, 1991), selekcija između samooplodnih half-sib familija (Burton i Carver, 1993), ili selekcija unutar half-sib familija (Burton i sar., 1983; Carver i sar., 1986), i selekcija iz S_1 (ili S_2) familija (Kenworthy i Brim, 1979; Brim i Burton, 1979; Sumarno i Fehr, 1982; Rose i sar., 1992). Otkriće genetske muške sterilnosti (Brim i Young, 1971) omogućilo je upotrebu insekata za oprašivanje i eliminisalo potrebu ručnog ukrštanja (Brim i Stuber, 1973). Ovo je dobro funkcionisalo u programima masovne selekcije (Burton i Brim, 1981; Burton i sar., 1983; Tinius i sar., 1991). Kada je selekcija iz S_1 familija korišćena u populaciji sa genetskom muškom sterilnošću, muško sterilne biljke su se razdvajale u test – populaciji. Muško sterilne biljke koje se nalaze u polju su gotovo jalove, što utiče na ukupan prinos parcele i otežava pravilnu procenu genotipske mogućnosti za prinos

(Nelson, 1987). St. Martin (1981) je predložio testiranje S_2 ili S_3 familija za rešavanje ovog problema. Ipak, mogućnost prinosa S_1 familija koje se razdvajaju za mušku sterilnost uspešno je iskorišćena kao kriterijum za povećanje prinosa (Burton i sar., 1990).

Prirodna posledica korišćenja genetske muške sterilnosti kao pomoćnog sredstva pri ukrštanju, je stvaranje half-sib familija. Sva zrna formirana na muško sterilnoj biljci su rezultat slučajne polinacije putem insekata i stoga predstavljaju half-sibove. Sa testiranjem S_1 familija, svaka half-sib familija se gaji zbog povećanja količine semena, a jedna muško fertilna S_0 biljka se bira iz svake familije. Seme sa ove biljke se koristi za ocenu S_1 familije. Broj zrna sa jedne biljke je obično nedovoljan za testiranje, pa se half-sib familije u samooplodnji (SHS) mogu iskoristiti kao selekciona jedinica kombinovanjem semena sa 2 ili više biljaka iz svake familije. Ako se ukrštanje vrši ručno, ful-sib familije u samooplodnji (SFS) se mogu izvesti iz semena jedne mahune. Burton i Carver (1993) su izvršili poređenje očekivane genetske dobiti između S_1 , SHS i SFS familija. Ne računajući epistazu i pretpostavljajući velike familije ($m > 10$) half ili ful-sibova u samooplodnji, očekivana dobit od svake je

$$\begin{aligned} \Delta G_{S_1} &\cong i(\sigma_A^2 + \frac{1}{2} D_1) / \sigma_{S_1}, \\ \Delta G_{SHS} &= i[(1/16M + 7/16) \sigma_A^2 + (9/32M + 7/32) D_1] / \sigma_{SHS} \cong \\ & i(7/16 \sigma_A^2 + 7/32 D_1) / \sigma_{SHS}, i \\ \Delta G_{SFS} &= i[(1/8M + 7/8) \sigma_A^2 + (1/16M + 7/16) D_1] / \sigma_{SFS} \cong \\ & i(7/8 \sigma_A^2 + 7/16 D_1) / \sigma_{SFS}, \end{aligned}$$

gde su S_1 , SHS, i SFS fenotipske standardne devijacije srednjih vrednosti familija. Koeficijenti aditivne varijanse se povećavaju sa smanjivanjem veličine familije i sa malom veličinom familije ($m=2$), dobit od selekcije od SFS familija je slična selekciji sa S_1 familijama, pod pretpostavkom da su im fenotipske varijanse slične. Zapravo, empirijske ocene fenotipske varijanse SHS familija izvedenih iz ukrštanja dve populacije soje naginju ka nižim vrednostima u odnosu na fenotipske varijanse za S_1 familije. Ovo takođe smanjuje razliku u očekivanoj dobiti između dva metoda selekcije. Relativna efikasnost ova dva metoda pretpostavlja veliku familiju, od otprilike $2,29_{SHS/S_1}$. Na osnovu njihovih ocena fenotipske varijanse, selekcija na prinos u S_1 familijama može biti 0,98 do 1,93 puta efikasnija u poređenju sa selekcijom sa SHS familijama, dok se pri selekciji na povećan sadržaj proteina ovaj odnos kereće od 1,10 do 2,17 puta. Kako je prethodno navedeno, ova razlika u efikasnosti se može smanjiti korišćenjem malih familija, od svega 2 ili 3 siba.

Konačno, treba razmotriti i veličinu populacija za testiranje i proporcije za selekciju u svakom ciklusu. Kako navodi Rawlings (1980), potrebno je odabrati veličinu populacije koja je dovoljno velika da minimizuje gubitak poželjnih alela koji nastaje usled slučajnog razilaženja, a opet dovoljno mala da maksimizuje genetsku dobit bez ograničenja raspoloživih izvora. Ovom problemu se prišlo ispitivanjem verovatnoće

fiksacije alela pri različitim početnim frekvencijama gena, brojem lokusa i heritabilnostima svojstva (Baker i Curnow, 1969; Bailey i Comstock, 1976; Rawlings, 1980). Kritičan broj koji treba da bude determinisan je efektivna veličina populacije. Ovaj broj je približno, ali ne nužno, jednak broju individua (selekcionih jedinica) odabranih u ciklusu da posluže kao roditelji u sledećoj generaciji ukrštanja. Rezultati navedenih istraživanja pokazali su da se sa efektivnom veličinom populacije između 20 i 30, može napraviti kratkoročni selekcion napredak bez ozbiljnijeg ograničenja dugoročne dobiti od selekcije (Burton, 1987). Pri empirijskom pogledu na kratkoročni napredak, Brim i Burton (1979) su ustanovili da su odnosi napretka u selekciji na povećani sadržaj proteina bili slični, bez obzira na to da li je u svakom ciklusu bilo sačuvano 12 ili 45 linija.

Ovi rezultati i iskustva iz prakse pokazuju da se programi rekurentne selekcije mogu dizajnirati unutar postojećih resursa većine oplemenjivačkih projekata. Pod pretpostavkom da unutar početne populacije postoji adekvatna genetska varijabilnost, nije potrebna velika populacija da bi se ostvario genetski napredak. U soji, međutim, postojanje adekvatne genetske varijabilnosti nije sigurno, jer najveći deo populacija iz kojih se razvijaju sorte potiče od relativno malog broja introdukovanih biljaka. U uporednoj studiji genetske baze 258 severnoameričkih sorti soje stvorenih javnim oplemenjivačkim programima između 1947. i 1988. godine, Gizlice i sar. (1994) su otkrili da celokupnu početnu germplazmu čini 80 zajedničkih predaka. Više od polovine ove genetske baze čine svega 6 od 80 predaka, dok ostali doprinose između 3,8% i 0,01%. Za sorte koje se gaje u severnim Sjedinjenim Državama (GZ4), nepoznati roditelji sorti 'Lincoln', 'Mandarin', 'Richland', 'A.K. Harrow' i 'Mukden' čine 64% genetske baze. U južnim državama (GZ5), 'CNS' i 'S100' doprinose 45%, a dodatnih 21% čine 'Tokyo', PI54610, i 'Roanoke'. Dalje analize su pokazale da 75% gena u modernim sortama potiču od svega 17 sorti stvorenih pre 1960. godine.

Luedders (1977) sugeriše da je razvoj sorti soje u ovom veku sličan programu rekurentne selekcije koji bi sada bio u svom četvrtom ili petom ciklusu. Korišćenjem sličnih mera, St. Martin (1982) je utvrdio da 27 sorti stvorenih između 1976. i 1980. godine (četvrti ciklus selekcije) ima prosečan koeficijent inbreedinga 0.25. Upotrebom formule, $F_t = 1/N + [(N-1)/N]F_{t-1}$ (Hanson i sar., 1967), gde je N veličina populacije a t ciklus selekcije, on je determinisao efektivne veličine populacije od 15 za t = 4 ciklusa selekcije i 11 za t = 3. Ovi rezultati ukazuju da se određeni deo genetske varijabilnosti izgubio iz originalnih populacija. Kako se važnost izgubljenih gena ne može dokučiti, ima osnova za zaključak da će dugoročni napredak u oplemenjivanju soje biti ograničen smanjenom efektivnom veličinom populacije (Burton, 1987).

Poboljšanje populacije – selekcija na više svojstava

Agronomski prihvatljiva sorta, osim sposobnosti da da visok prinos, mora ispuniti i druge zahteve, kao što su otpornost na pucanje mahuna, poleganje, bolesti i stresne uslove, prikladnu visinu za mehanizovanu žetvu i industrijski prihvatljiv

sastav semena (Burton, 1987). Ovo mnoštvo ciljeva oplemenjivanja predstavlja problem, jer kako je zabeležio Brim (1973), prednost nastala iz superiornosti za jedno svojstvo mora biti uravnotežena prema inferiornosti za druga svojstva. Zbog toga, istovremeno vođenje računa o više svojstava tokom procesa selekcije postaje neophodno ne samo da bi se poboljšao ukupni fenotip, već i da bi se sprečile neželjene promene fenotipa usled korelativnih efekata (Gardner, 1977; Comstock, 1977).

Tri metoda istovremene selekcije na više svojstava obuhvataju nezavisno odabiranje, tandem selekciju i indeksnu selekciju. Nezavisno odabiranje i tandem selekcija su verovatno najrasprostranjeniji, ali teoretski je indeksna selekcija obično najefikasnija. Young (1961) je ustanovio da superiornost indeksne selekcije raste sa povećanjem broja svojstava na koje se vrši selekcija, dok se smanjuje sa povećanjem heritabilnosti i razlika u relativnoj važnosti svojstava. Pesek i Baker (1969) su poredili indeksnu selekciju u F_6 i F_7 generaciji sa tandem selekcijom u tim generacijama. Prema testovima sa različitim heritabilnostima, varijansama spoljašnje sredine i ekonomskim vrednostima dva svojstva, indeksna selekcija je bila efikasnija za sve parametre, posebno pri niskim heritabilnostima. Tandem selekcija se još uvek uspešno koristi za poboljšanje svojstava sa visokom heritabilnošću u ranijim generacijama (npr. sadržaj proteina i ranostasnost), uz selekciju na prinos u kasnijim generacijama (Sebern i Lambert, 1984; Byron i Orf, 1991).

Selekcionni indeks se definiše kao $I = x'b$, gde je I selekcionni kriterijum, b predstavlja redni vektor indeksnih koeficijenata, a x' predstavlja redni vektor poznate vrednosti za fenotipsko svojstvo (Lin, 1978). U praksi, vrednosti x se mere u populaciji genotipova, dok se indeksni koeficijent b može odrediti na nekoliko načina. Lin (1978) i Baker (1986) su pružili detaljan uvid u metode za izračunavanje b . Vrednosti b su obično neka funkcija genotipskih i fenotipskih varijansi i kovarijansi svojstava na koje se vrši selekcija i vrednosti tih svojstava. U originalnom Smith-Hazelovom indeksu, ove vrednosti predstavljaju ekonomske vrednosti svojstava na koje se vrši selekcija (Lin, 1978). Za soju je teško primeniti ekonomski značaj, jer postoje dva nivoa ekonomske vrednosti; vrednosti za proizvođača merkantilne soje i vrednosti za prerađivača ulja i proteinskih hraniva dobijenih iz vrednosti soje. Obe vrednosti su predmet sezonskih promena na tržištu i stoga od male koristi oplemenjivaču, kome je potrebna strategija održiva nekoliko godina, koliko traje stvaranje sorte. Da bi razrešili ovu dilemu, Brim i sar. (1959) su koristili "bazni indeks", gde su ukupnom ulju (prinos $x\%$ ulja) i ukupnom proteinu (prinos $x\%$ proteina) date relativne ekonomske vrednosti od 1:1, 5:3 ili 5:1. Međutim, ustanovili su da je prinos dominirajući faktor pri determinaciji oba svojstva, zbog genetske varijanse i preciznosti merenja sastava semena. Tako selekcija na prinos per se daje slične rezultate kao i selekcija na ukupne proteine i/ili ukupna ulja. Orf i Helms (1994) su dobili slične rezultate pri selekciji na maksimalnu bruto vrednost po hektaru (BVH). BVH se definiše kao vrednost po kg semena (V) pomnožena sa prinosom zrna (Y) u kg ha^{-1} na 130 g kg^{-1} vlažnosti. Vrednost je računata korišćenjem tri različita odnosa cena proteina prema ulju. Kao i u slučaju Brimovog baznog indeksa, selekcija samo na prinos bila je isto tako efikasna u povećanju vrednosti po hektaru, kao i selekcija na povećanu BVH.

Drugi način za rešavanje problema ekonomskog vrednovanja je da prinos dobije vrednost 1, a sva druga svojstva vrednost nula. Ovo je kombinacija direktne i indirektno selekcije. Na taj način, ocena prinosa je poboljšana prilagođavanjem za varijaciju u drugim svojstvima. Kod soje je ovaj tip indeksa bio korišćen kada je prinos bio primarno svojstvo (vrednost=1), dok su kombinacije ranostasnosti, poleganja, visine, veličine zrna, proteina i ulja bile sekundarna svojstva (vrednosti=0) (Caldwell i Weber, 1965; Byth i sar., 1969a). Indeksi su bili primenjivani na generacije razdvajanja populacija nastalih ukrštanjem dva roditelja. U svim slučajevima, selekcija na prinos korišćenjem indeksa bila je samo nešto bolja ili nije uopšte bila bolja od same selekcije na prinos. Pritchard i sar. (1973) su koristili sličnu vrstu indeksa sa prinosom kao primarnim i komponentama prinosa kao sekundarnim svojstvima. Primenili su indeks F_4 i F_5 generacije populacija nastalih ukrštanjem dva roditelja i našli da su svi indeksi rezultirali boljim rezultatom od same selekcije na prinos. Indeksni metod bio je efikasniji u populacijama sa niskom heritabilnosti za prinos. I Pritchard i sar. (1973) i Byth i sar. (1969b) su zaključili da je unošenje drugih svojstava u indeks od najveće pomoći kada je heritabilnost za prinos niska usled velike varijanse genotip x spoljna sredina.

Restrikcionni indeksi su drugi tip selekcionnog indeksa koji ne uzima u obzir ekonomske vrednosti. Upotrebom ovih indeksa, reakcija jednog ili više svojstava je proizvoljno ograničena. Kako su predložili Kempthorne i Nordskog (1959), restrikcionni indeks može promeniti jedno svojstvo, dok su ostala konstantna. Koristeći takav indeks, Holbrook i sar. (1989) su povećali prinos populacije soje za 7% bez signifikantne promene sadržaja ulja i proteina. Miller i Fehr (1979) su koristili ovaj tip indeksa da bi povećali sadržaj proteina u zrnu bez promena u dužini vegetacije. Indeks željene dobiti je druga verzija restrikcionnih indeksa koja ograničavaju više svojstava na osnovu "željene genetske dobiti" za svako svojstvo (Pesek i Baker, 1970). Nezgoda pri korišćenju ovih indeksa je u tome što dobit za sva svojstva može biti umanjena ukoliko je određen željeni cilj nerazuman. U tom pogledu, industrijski zahtevi za kvalitetom biljaka od setve do žetve i prerade mogu biti korisni putokazi pri determinaciji određenih ciljeva (Burton, 1987). Burton (1991) je koristio drugi pristup za razvijanje indeksa željene dobiti za proteine i prinos. Koristio je apsolutnu vrednost predviđene korelacije proteina prema selekciji na prinos kao očekivanu dobit proteina i apsolutnu vrednost predviđene korelacije prinosa prema selekciji na proteine kao očekivanu dobit za prinos. Korišćenjem ovog indeksa u tri različite populacije, prosečan prinos i sadržaj proteina svih odabranih linija bili su veći od odgovarajućih sredina populacije. U tri unakrsno ukrštene populacije, Li i Burton (2002) su dobili pozitivne genotipske korelacije između broja zrna i sadržaja proteina (0,90; 0,33; 0,24) i mase zrna i prinosa (0,81; 0,96; 0,19). Pokazali su da se upotrebom indeksa željene dobiti za broj zrna i masu zrna po biljci prinos u sve tri ispitivane populacije povećao za 2.65%, 2.94%, i 1.56%, i istovremeno povećao sadržaj proteina za 0,94%, 1,08%, i 0,45%.

Ukoliko se primene u ranim generacijama razdvajanja populacija nastalih ukrštanjem dva roditelja, indeksi mogu povećati efikasnost selekcije u ranijim generacijama. Weber (1982) je ispitivao upotrebu familijских indeksa koji sadrže

informaciju od rođaka. Da bi se vršila selekcija u F_4 familijama, treba razviti indeks koji bi sadržao informaciju iz F_2 i/ili F_3 generacije. Vrednosti familijskih podataka se determinišu maksimizacijom korelacije između indeksa i očekivane genotipske vrednosti homozigotnih linija uzetih kao uzorak iz odabranih familija. Weber (1982) je simulacijom pokazao da familijski indeksi maksimizuju dobit od selekcije. Upotreba ovog indeksa bi takođe trebala da bude sasvim efikasna u selekciji za ili protiv više od jednog svojstva (Matzinger i sar., 1977; Holbrook i sar. 1989).

Selekcija pomoću markera

Marker je svojstvo povezano sa genom, ali koje nije proizvod tog gena (Weissinger i Moss, 1992). Može se iskoristiti kao pomoćno sredstvo pri selekciji gena sa kojim je vezan, ukoliko se lako uočava, ako nije uslovljen faktorima spoljašnje sredine i ukoliko ima ekspresiju i u homozigotnom i u heterozigotnom stanju. Ako se geni koji determinišu kvantitativno svojstvo (lokus za kvantitativno svojstvo ili QTL) mogu identifikovati vezanim markerima, brza selekcija svojstva se pre može postići direktnom selekcijom vezanih markera nego samog svojstva. Sem toga, mapa vezanosti ovih markera pruža informaciju o broju lokusa uključenih u ekspresiju svojstva, položaju lokusa na hromozomu i relativnoj veličini doprinosa individualnog lokusa na ekspresiju svojstva (Stuber, 1992). Molekularna genetika je omogućila metode za identifikaciju markera vezanih za QTL. U početku su kao markeri korišćeni izozimski lokusi (Stuber i sar., 1982). Kasnije su istraživanja sa DNK markerima rezultirala izradom detaljnih genskih mapa za nekoliko biljnih vrsta (Patterson i sar., 1991).

U soji je korišćeno pet tipova DNK markera da bi se izradila mapa vezanosti koja obuhvata 4 izozimska lokusa, 365 polimorfizma ograničene dužine (RFLPs), 11 slučajno pojačanih polimorfik DNK (PAPDs) i 40 mikrosatelitskih DNK, ponavljanja jedne sekvence (SSRs) (Shoemaker i Olsen, 1993; Akkaya i sar., 1995) i jednog nukleotidnog polimorfizma (SNPs) (Shoemaker i sar., 2004). Ove genske mape mogu povećati vrednost istraživanja u oblasti oplemenjivanja soje na više načina, uključujući pedigree i identifikaciju genotipa pri povratnom ukrštanju. U ovom poglavlju, ova istraživanja će se diskutovati samo u meri u kojoj utiču na poznavanje i manipulaciju kvantitativnih svojstava.

Većina istraživanja DNK markera soje rađena su sa populacijom linija izvedenih iz ukrštanja između A81-356022 (*G. max*) i PI468,916 (*G. soja* Seib. Zucc.) koje su odabrane zbog svoje genetske divergentnosti (Keim i sar., 1989). Identifikovani su QTL koji utiču na efikasnost gvožđa, čvrstoću semenjače, proteine, ulja, ranostasnost, visinu, poleganje, broj dana do R1, broj dana do R8, period nalivanja zrna, prečnik stabla, dužinu stabla, širinu i dužinu lista (Graef i sar., 1989; Keim i sar., 1990a; Keim i sar., 1990b; Diers i sar., 1992a; Diers i sar., 1992b). Prilikom proučavanja linija izvedenih iz ukrštanja između dve sorte *G. max*, Minsoy i Noir 1, Lark i sar. (1993) su determinisali vezanost 132 RFLP, izozimske, biohemijske i morfološke markere. Mansur i sar. (1993a; 1993b) su merili 15 kvantitativnih svojstava uključujući i

prinos, u 69 F_5 linija izvedenih iz ukrštanja Minsoy x Noir 1 da bi determinisali izdavanje QTL pomoću markera. Genetička varijacija nađena je za sva svojstva. U ovim istraživanjima, vezanost RFLP markera za QTL može se brzo uočiti korišćenjem balk DNK uzorka iz dve linije sa ekstremnim fenotipom za određeno svojstvo. Kada je RFLP marker vezan za QTL, jedan roditeljski alel prevladuje u balkovanoj DNK. Skorija istraživanja i povezanost QTL i svojstava prikazali su Orf i sar. (2004).

Od svih mogućih primena molekularnih markera u oplemenjivanju biljaka, najproblematičnija je selekcija pomoću markera (MAS) za kvantitativna svojstva. Iako je ovaj metod korišćen za selekciju na prinos kod kukuruza (Stuber i sar., 1987), koji je imao obimno molekularno mapiranje, praktična primena kod soje obično je bila ograničena na selekciju za jedan ili dva gena, i to najčešće u programima povratnog ukrštanja. Simulaciona proučavanja selekcije pružaju informacije o upotrebljivosti MAS pod pretpostavkom da su heritabilnost, broj lokusa, vezanost QTL-a i markera, kao i selekcione šeme različite (Edwards i Page, 1994; Moreau i sar., 2000; Tar'an i sar., 2003; Bernardo i Charcosset, 2006; Breseghello i Sorrells, 2006). U praksi, efikasnost MAS za kvantitativna svojstva u odnosu na tradicionalne metode oplemenjivanja tek treba da se utvrdi. U krajnjoj liniji, kombinacija ova dva metoda najverovatnije je i najefikasnija. U pregledu MAS-a u gajenim biljkama, Francia i sar. (2005) beleže skorašnje napredovanje u genotipskim tehnologijama i genomu i zaključuju da se "u skoroj budućnosti očekuje povećana komplementarnost između molekularnih tehnika i konvencionalnog oplemenjivanja u cilju efikasnijeg napretka u gajenim biljkama".

IZVOD

Oplemenjivanje soje u SAD se u istorijskoj perspektivi može sagledati kao proces ciklične ili rekurentne selekcije u kojem se superiorne sorte selekcionišu i priznaju, zatim rekombinuju i reselekcionišu (Burton, 1987). Ocene genetske dobiti za prinos do 1977. godine u grupama zrenja 00 – IV, kretala su se između 0,4% i 1,0% godišnje (Luedders, 1977; Wilcox i sar., 1979; Specht i Williams 1984). Napredak prinosa u grupama zrenja VI – VIII između 1914. i 1973. godine procenjen je na 0,7% godišnje (Boerma, 1979). Od 1977. godine, genetski napredak u prinosu je 2 do 3 puta veći od 12,5 kg/ha godišnje, odnosno procene za period do te godine (Specht i sar., 1999). U Sjedinjenim Državama, ulaganja u javne i privatne programe oplemenjivanja soje su dramatično povećana, što može biti jedan od razloga za ostvareni napredak u povećanju prinosa.

Verovatnoća i dokazi iz simulacionih studija ukazuju da bi ciklična procedura selekcije u ranijim generacijama praćena rekombinacijom trebala da poveća frekvenciju poželjnih alela u populacijama i rezultira u rapidnijem progresu (Burton, 1987).

U skladu sa tim su i rezultati eksperimenata sa rekurentnom selekcijom gde je reakcija na selekciju za prinos iznosila između 0 i 2.7% godišnje (Kenworthy i Brim, 1979; Sumarno i Fehr, 1982; Burton i sar., 1990; Rose i sar., 1994).

Za bilo kakav napredak u selekciji, kritičan je početni izbor roditelja. Potrebno je razraditi metode za bolju identifikaciju superiornih roditeljskih genotipova. U nedostatku drugog kriterijuma, roditelji koji nisu genetski bliski i približno jednake produktivnosti, verovatno mogu dati velik broj poželjnih alela osnovnoj populaciji (Manjarrez-Sandoval i sar., 1995). Molekularne tehnike će verovatno biti korisne pri determinaciji genetskih razlika potencijalnih roditelja. Zbog uske genetske baze gajene soje, najviši prioritet mora se dati efikasnoj upotrebi egzotičnih biljnih introdukcija u razvoju sorti. Brzi ciklični metodi oplemenjivanja mogu biti veoma korisni za ugrađivanje egzotične germplazme u praktični program oplemenjivanja. Takvi ciklični programi se lako mogu iskoristiti za proširenje standardnih pedigree procedura, bilo kao izvor novih linija za oplemenjivanje, ili kao izvor čistih linija sa direktnim sortnim potencijalom. Konačno, kada se ima u vidu promena više svojstava, procedure indeksne selekcije se moraju ozbiljno razmotriti zajedno sa uobičajenom tandem selekcijom i nezavisnim metodima odabiranja. Dugoročni ciljevi oplemenjivanja se obično postižu odgovarajućom indeksnom metodologijom. Selekcija pomoću markera će verovatno postajati sve važnija kako ovi metodi budu ekonomski prihvatljiviji, odnosno kad se determinišu njihova pravilna i efikasna primena u praktičnom oplemenjivanju.

INTERAKCIJA GENOTIP X SPOLJAŠNJA SREDINA

U biljnim populacijama, varijacija ekspresije kvantitativnog svojstva uslovljena je genotipskom i varijabilnošću spoljašnje sredine, kao i njihovom međusobnom interakcijom. Varijacija prouzrokovana interakcijom između genotipa i spoljašnje sredine (G x E) koja potiče od razlika u svrstavanju genotipova u različitim uslovima spoljašnje sredine (lokalitetima) smanjuje heritabilnost i otežava dobijanje dobrih procena oplemenjivačke vrednosti genotipa. Ukoliko postoje takve interakcije, oplemenjivač biljaka je suočen sa dva pitanja: koje lokalitete iskoristiti za testiranje i koliko ih je neophodno za adekvatnu ocenu genotipa. Ova dva pitanja su povezana, jer obično broj neophodnih lokaliteta zavisi od vrste odabranih lokaliteta. Jedan od pristupa ovom problemu je proučavanje direktne reakcije genotipa na lokalitet i karakterizacija genotipova prema njihovom ponašanju u datom skupu uslova spoljašnje sredine.

Varijansa spoljašnje sredine može se razmatrati u kontinuumu od predvidljive do nepredvidljive (Allard i Bradshaw, 1964). Predvidljiva varijacija proizilazi iz onih uslova koji su na neki način kontrolisani (staklenici, navodnjavanje) ili takvih koji

imaju stalne karakteristike (fotoperiod, tip zemljišta, endemski patogeni). Nepredvidljiva varijacija je obično povezana sa vremenskim uslovima. Ukoliko bi se određeni uslovi spoljašnje sredine mogli definisati, tada bi bilo moguće stvoriti sorte pogodne za gajenje u tim uslovima. Kako se raznolikost gajenja u širokoj proizvodnji razvijala sa različitim sistemima proizvodnje soje, oplemenjivači biljaka su izneli mišljenje da sorte mogu ili treba da budu "dizajnirane" za specifičnu tehnologiju proizvodnje. Tehnologije proizvodnje ispitivane za sortnu specifičnost obuhvatile su kasnu setvu soje kao drugog useva (Carter i Boerma, 1979; Boerma i sar., 1982; Panter i Allen, 1989), različito međuredno rastojanje (Board i Harville, 1992; Hugie i Orf, 1989), uslove navodnjavanja i suvog ratarenja (Bowman i sar., 1993; Mayers i sar., 1991), veoma ranu setvu ranostasnih genotipova (Pfeiffer i sar., 1995), i definisane uslove za postizanje visokih prinosa (Cooper, 1981). Međutim, obično je bilo veoma teško dokazati da su posebni programi oplemenjivanja potrebni za različite uslove gajenja.

Oplemenjivanje sorti se takođe vrši i na tolerantnost ili otpornost prema bolestima, štetočinama i stresnim uslovima spoljašnje sredine, iako su takvi uslovi ponekad nepredvidljivi. Da bi se izašlo na kraj sa nepredvidljivim uslovima spoljašnje sredine, naglasak je stavljen na stvaranje stabilnih sorti, odn. takvih koje su pogodne za gajenje u različitim uslovima spoljašnje sredine. Većina oplemenjivača soje učestvuje u nekoj vrsti programa testiranja za ocenu linija na širem geografskom prostoru, a razvijene su statističke analize za determinaciju relativne stabilnosti sorti (Finley i Wilkerson, 1963; Eberhart i Russell, 1966; Perkins i Jinks, 1968; Hanson, 1970; Shukla, 1972; Lin i Binns, 1988; Hühn, 1979; Kang, 1988). Otpornost na bolesti i štetočine i tolerantnost na stres se mogu sagledati kao faktori stabilnosti. Genetski heterogene sorte (mešanci, F₄ linije, itd.) su takođe korišćene za povećanje stabilnosti.

Ocene interakcije genotip x spoljašnja sredina

Odluke o izboru pogodnog metoda oplemenjivanja za određeni cilj zahtevaju poznavanje interakcije genotipa i spoljašnje sredine. Direktne ocene varijanse usled interakcije genotip x spoljašnja sredina mogu se dobiti testiranjem genotipova (g) u nekoliko lokaliteta (l) i godina (y). Ukupna varijacija usled interakcije GxE može se podeliti na varijansu usled interakcija genotip x lokalitet (gl²), genotip x godina (gy²) i genotip x lokalitet x godina (gyl²). Hanson (1964) je pokazao da ako l lokaliteta i y godina posmatramo kao ly različitih spoljašnjih sredina, možemo dobiti pogrešne ocene genotipske i GxE varijanse, osim ukoliko su intraklasne korelacije

$$y = g^2 y / (g^2 y + g^2 l + g^2 yl) \text{ i } l = g^2 l / (g^2 y + g^2 l + g^2 yl) \text{ jednake nuli.}$$

y i l su definisani kao koeficijenti korelacije GxE efekata unutar i između genotip-godina klasa i genotip-lokalitet klasa. Njegova analiza ukazuje da je uticaj bio mali sve dok je suma ρ_l i ρ_y bila < 0.4. Iz navedenog je očito da će intraklasni korelacioni koeficijenti biti mali ako su σ_{gy}^2 i σ_{gl}^2 male u odnosu na σ_{gyl}^2 .

Objavljene ocene GxE varijansi za nekoliko svojstava uključujući prinos zrna, pokazale su da je σ_{gy}^2 veća ili slična σ_{gy}^2 kada je σ_{g1}^2 manja od oba (Schutz i Bernard, 1967; Kwon i Torrie, 1964; Garland i Fehr, 1981). Komponente varijanse interakcije bile su manje za sadržaj proteina, ali su σ_{gly}^2 i/ili σ_{g1}^2 bile najveće komponente (Erickson i sar., 1982; Sjahril i Mak, 1987). Otuda je obično prihvatljivo smatrati godinu-lokalitet kao različite uslove spoljašnje sredine u analizi rezultata sortnih oglada.

Druga istraživanja su pokazala da u sortnim ogledima najveći deo interakcije GxE potiče od sorti sa nižim prinosom (Baihaki i sar., 1976). Ukoliko je to tako, testiranje u različitim uslovima spoljašnje sredine nije neophodno, budući da će linije sa višim prinosom uvek biti bolje plasirane.

Za genetski heterogene materijale je utvrđeno da smanjuju varijaciju nastalu usled interakcije GxE. Ovo je dokazano poređenjem sorti i sortnih mešavina (Schutz i Brim, 1971; Walker i Fehr, 1978) i poređenjem $F_{3;7}$ i $F_{5;7}$ linija (Byth i Weber, 1968). U kasnijem istraživanju, Byth i Weber su zabeležili da genetski materijali koji su stabilni u odnosu na različite uslove spoljašnje sredine smanjuju uticaj specifičnih uslova spoljašnje sredine i zahtevaju manje testiranja. Istovremeno su upozorili da heterogenost ovih materijala može smanjiti genetsku varijaciju između linija što može dovesti do smanjenja genetske dobiti.

Analiza stabilnosti

Uobičajeni tip analize stabilnosti je podela GxE varijacije linearnom regresijom performansi pojedinačnog genotipa u svakom lokalitetu na neki indeks spoljašnje sredine, obično prosečan prinos svih genotipova u svakom lokalitetu (Finley i Wilkinson, 1963). Ova analiza pretpostavlja da je interakcija GxE linearna funkcija efekata spoljašnje sredine. Eberhart i Russel (1966) definisali su stabilan genotip za ovaj tip analize kao onaj čiji je koeficijent linearne regresije jedan i odstupanje od regresije nula. Perkins i Jinks (1968), koristeći drugačiji model, razvili su slične parametre stabilnosti. Rezultati su varirali kada je stabilnost sorti soje testirana ovim pristupom. U dva eksperimenta, koeficijenti regresije bili su homogeni i nisu se značajno razlikovali od 1, dok su neke sorte pokazivale značajna odstupanja od regresije (Schutz i Brim, 1971; Walker i Fehr, 1978; Dashiell, i sar., 1994). Koeficijenti regresije su varirali u druga dva eksperimenta (Funnah i Mak, 1980; Beaver i Johnson, 1981). U drugom istraživanju, linije sa najvećim prosečnim prinosom imale su koeficijente regresije generalno veće od jedan i najveća odstupanja od regresije (Smith i sar., 1967; Whitehead i Allen, 1990).

Mungomery i sar. (1974) istakli su da u regresionom pristupu analizi stabilnosti genotipa postoji 'a priori' pretpostavka da je reakcija na varijaciju spoljašnje sredine ili linearna ili krivolinijska. Kako reakcija genotipa obično nije linearna, za karakterizaciju stabilnosti sorte predloženi su drugi, ne-regresioni metodi (Shukla, 1972; Lin i Binns, 1988; Hühn, 1979; Kang, 1988). Mungomery i sar. (1974)

su predložili upotrebu patern analize koja bi grupisala linije prema njihovoj reakciji na uslove spoljašnje sredine. Linije su grupisane minimizacijom Euklidijanske udaljenosti između parova linija i grupa. U testu sa 58 sorti i linija soje, identifikovano je 10 grupa sa minimumom varijanse unutar grupa i maksimumom varijanse između grupa. U slučajevima sa velikim brojem testiranih uslova spoljašnje sredine, Byth i sar. (1976) su pokazali da se patern analiza može proširiti da bi se izvršilo grupisanje uslova spoljašnje sredine, na isti način kako su grupisani genotipovi. Hanson (1994) je koristio uparene efekte interakcije GxE za genotipove između lokaliteta kao merilo komparativne stabilnosti, odnosno lokalitete između genotipova da bi se izračunale udaljenosti, a takođe i da bi se odredila udaljenost između testiranih lokaliteta. Koristeći podatke o prinosu od 1986. do 1991. god. iz sortnih oglada soje Južnih Država, bio je u mogućnosti da grupiše lokalitete koji su davali slične rezultate. Oni se nisu slagali sa pet standardnih geografskih područja koja se obično koriste za grupisanje. Ovi rezultati daju osnov za eliminaciju lokaliteta za testiranje u kojima se ponavljaju informacije o reakciji genotipa na uslove spoljašnje sredine.

IZVOD

Odgovor na pitanje koje uslove spoljašnje sredine uključiti u program testiranja zavisi od raspoloživih ekonomskih izvora, broja lokaliteta, ciljeva oplemenjivanja i prirode interakcije GxE. Generalno, značajna interakcija linija x godina ukazuje da je varijabilnost najvećim delom uslovljena nepredvidljivim uslovima spoljašnje sredine. Zbog toga oplemenjivači vrše testiranje na što većem broju lokaliteta i/ili pokušavaju da utiču na uslove spoljašnje sredine (npr. navodnjavanjem ili đubrenjem). Cowley i sar. (1981) dokazali su da je heritabilnost za prinos u populaciji F_3 linija soje bila veća u uslovima navodnjavanja u odnosu na suvo ratarenje. U obrazloženju su naveli da genetski potencijal pre dolazi do izražaja u uslovima bez stresa. Falconer (1952) je ovaj problem formulisao pitanjem: Da li će se najbolji rezultati dobiti ukoliko se selekcija obavlja pod uslovima u kojima će se organizam razvijati ili pod onima koji omogućavaju bolju ekspresiju svojstva? Kao i Cowley i sar. (1981), on je naveo da će očekivanje veće heritabilnosti favorizovati selekciju u uslovima spoljašnje sredine drugačijim od onih u kojima će se organizam razvijati. Sugerisao je da bi ponašanje u dva različita lokaliteta trebalo da se tretira kao dva genetski korelisana svojstva. Na taj način bi se indeksna selekcija mogla iskoristiti za optimizaciju genotipskog ponašanja u oba, što bi omogućilo determinaciju odgovarajućih vrednosti. Van Sanford i sar. (1993) koristeći ovaj pristup, razvili su selekcionni indeks zasnovan na genotipskim korelacijama između ponašanja sorte u dva osnovna lokaliteta u Kentakiju i ciljnim uslovima spoljašnje sredine (sedam drugih lokaliteta). Predviđena reakcija na selekciju zasnovana na ovom indeksu bila je veća i od selekcije samo na osnovnom lokalitetu i od selekcije zasnovane na proseku osnovnih lokaliteta.

Tabela 4.1

Odnos prosečne varijanse opšte kombinacione sposobnosti prema prosečnoj varijansi posebne kombinacione sposobnosti (OKS/PKS) iz dialne analize svojstava za koja je PKS bila signifikantna (prema Burton, 1987)

Svojstvo	Leffel i Weiss (1958)	Weber i sar. (1970)	Singh i sar. (1974)	Paschal i Wilcox (1975)	Kaw i Menon (1980)	Chauhan i Singh (1983)	Singh (1983)	Tawar i sar. (1986)
Prinos	ns†	1,6	1,6	ns	1,9	---	12,4	---
Masa zrna	4,0	Ns	ns	21,2	37,5	---	27,7	1,6
Visina	2,2	2,7	ns	ns	ns	---	8,6	---
Zrenje	15,8	6,2	ns	8,8	ns	---	12,7	---
Proteini	---	---	---	---	---	5,2	---	---
Ulja	---	---	---	---	---	25,0	---	---

†ns= varijansa usled PKS je bila nesigurnost.

Tabela 4.2

Prosečan heterozis za prinos izražen kao procenat srednje vrednosti roditelja i/ili kao procenat prinosnijeg roditelja

	F1 biljke sejane na većem razmaku†	F1 biljke sejane u parcelice‡	F1 biljke u jednom redu§	F1 biljka na većem razmaku*	Tawar i sar. (1990)#	Loiselle i sar. (1990)††	Loiselle i sar. (1990)§§	Gizlice i sar. (1993)**	Lewers i sar. (1998)‡‡	Burtoni Brownie (2006)##
Sredina heterozisa srednje vrednosti roditelja (%)	21,4	9,6	48,2	60,9	---	29,4	10,8	9,3	5,0	---
Sredina heterozisa prinosnijeg roditelja (%)	11,1	4,5	---	38,7	33,6	---	---	---	---	10,5
F1 veće od srednje vrednosti roditelja (%)	76,1	93,6	---	100	---	---	---	---	83	100
F1 veće od prinosnijeg roditelja (%)	52,1	68,1	---	82	77,8	23,6	---	---	---	100

†Prosek rezultata iz 6 ogleada, 238 različitih F1 populacija (Burton, 1987).

‡Prosek rezultata iz 3 ogleada, 47 različitih F1 populacija (Burton, 1987).

§Prosek rezultata iz 2 ogleada, 24 reda F1 generacije, 1 god., 1 lokaliteta, 3 ponavljanja, za prinos po biljci (Chauhan & Singh, 1982; Rahangdale i Raut, 2002)

*Prosek rezultata iz 3 ogleada, 22 različite F1 biljke testirane na većem razmaku (Mehta i sar., 1984; Kunta, i sar., 1985; Dayde i sar., 1989)

#9 F1 populacija, na većem razmaku, 1 godina, 3 ponavljanja, 5 biljaka/ponavljanju

††55 F1 populacija, na većem razmaku, 1 godina, između 1 i 20 biljaka.

§§ 55 F2 populacija, redovi dužine 3m, 1 god., 3 lokaliteta, 10 F2 populacija, redovi dužine 5 m; 2 god., 2 lokaliteta.

**10F2 populacija, redovi dužine 5m, 2 godine, 2 lokaliteta/godini.

‡‡ 6 proseka od 6 F1 populacija izvedenih iz 6 ukrštanja sa 3 Clark izolinijskih testera i 3 Harosoy izolinijskih testera.

##2 F1 populacije, redovi dužine 5m, 2 godine, 3 lokaliteta/godini.

Kako je prethodno navedeno, predloženo je i testirano nekoliko modela analize stabilnosti; ipak, dobijene informacije još uvek nisu našle svoje mesto u praktičnom radu. Analize stabilnosti se u najvećem broju programa oplemenjivanja ne izvode rutinski. Na ovo najverovatnije utiču tri faktora. Prvi je nedovoljno velika baza podataka za bilo koji set linija. Drugi je nesigurnost pri izboru odgovarajućeg modela analize stabilnosti i interpretacija dobijenih rezultata. Konačno, visok prosečan prinos u većem broju lokaliteta je generalno prihvaćen kao adekvatan indikator stabilnosti linije. Ipak, analiza stabilnosti može biti od pomoći pri identifikaciji visokoprinosnih genotipova koji različito reaguju na stresne uslove spoljašnje sredine. Takođe, Eskridge i Johnson (1991) su predložili korišćenje "očekivane maksimizacije proizvodnje" koja obuhvata ekonomsku vrednost sorte preko uslova spoljašnje sredine i neke mere stabilnosti. Hanson (1970) je predložio izračunavanje parametara stabilnosti svake godine za elitne linije u regionalnim testovima za prinos. Takva praksa je izvodljiva za računске mogućnosti većine programa oplemenjivanja soje i dala bi genetičarima još jedan kriterijum za procenu genotipa.

Tabela 4.3

Koficijenti za σ_A^2 , σ_D^2 , σ_{AA}^2 za kovarijanse inbredovanih rođaka u populacijama iz ukrštanja dva roditelja u različitim fazama inbređinga (Nyquist, 1991)

Populacija linija	Generacije		Genetski Parametri			
	t	g	g'	σ_A^2	σ_D^2	σ_{AA}^2
F2†	0	0	0	1	1	1
F2:3	0	1	1	1	1/4	1
*	0	1	2	1	1/8	1
F2:4	0	2	2	1	1/16	1
F2:∞	0	∞	∞	1	0	1
F3:3	1	3	3	3/2	1/2	9/4
*	1	1	2	3/2	1/4	9/4
F3:4	1	2	2	3/2	1/8	9/4
*	1	2	3	3/2	1/16	9/4
F3:5	1	3	3	3/2	1/32	9/4
F3:∞	1	∞	∞	3/2	0	9/4
F4:4	2	2	2	7/4	1/4	49/16
*	2	2	3	7/4	1/8	49/16
F4:5	2	3	3	7/4	1/16	49/16
F4:∞	2	∞	∞	7/4	1/16	49/16
F5:5	3	3	3	15/8	1/8	225/64
*	3	3	4	15/8	1/16	225/64
F5:∞	3	∞	∞	15/8	0	225/64

†Pojedinačne F2 biljke. Smatraju se bazom neinbredovane (F=0) populacije.

*Linije izvedene iz t generacije, samooplođene u smeši 1 generaciju posle g, odnosno g' = g + 1.

Tabela 4.4

Ocene heritabilnosti za prinos i komponente prinosa (%)

Svojstvo	Broj populacija	Ocene heritabilnosti †			Referentna populacija	Izvor
		Broj ocena	Prosek	Rang		
Prinos	8	11	37	3-57	Biparentalno ukrštanje F3 i/ili F4 linija	Brim (1973)
	6	6	33	0-73	Biparentalne F3 linije u F4 generaciji, visokoproteinski i visokoprinosni roditelji	Shannon i sar. (1972)
	1	1	68		41 sorta 00-IV grupe zrenja	Buzzell i Buttery (1977)
	2	2	54	53-54	40 F5 i F6 II grupe zrenja ili II linije, u redovima od 30 cm	Weaver i Wilcox (1982)
	2	2	41	34-47	40 F5 i F6 II grupe zrenja ili III linije, u redovima od 76 cm	
	2	2	21	14-28	F4 linije u F5 generaciji	Harrison i sar. (1981)
	1	3	63	56-74	Biparentalne F6 linije u F9 generaciji	Metz i sar. (1985)
	1	3	54	40-64		
	1	4	55	42-62	S1 familije u sukcesivnim test populacijama rekurentne selekcije	Burton i sar. (1990)
	1	4	25	18-32		
	1	1	65		76 F5 izvedenih linija, visokoproteinski i visokoprinosni roditelj	Chung i sar. (2003)
	3	3	42	32-50	30 half-sib familija iz 3 unakrsno ukrštene populacije	Li i Burton (2002)
	4	4	52	35-63	84 F3 izvedenih linija iz biparentalnih ukrštanja	Streit i sar. (2001)
Masa zrna	8	11	80	44-94	Biparentalna ukrštanja, F3 i/ili F5 linije	Brim (1973)
	1	1	71(32)		F3 linije iz 6 dvostrukih i trostrukih ukrštanja	Bravo i sar. (1980)
	3	3	(13)	12-14	Populacije rekurentne selekcije	Tinius i sar. (1991)

	3	3	89	87-91	40 BC2 linija; max x soja povratno sa max	LeRoy i sar. (1991)
	3	3	75	69-81	30 half-sib familija iz 3 unakrsno ukrštene populacije	Li i Burton (2002)
Broj zrna	3	3	56	47-67	30 half-sib familija iz 3 unakrsno ukrštene populacije	Li i Burton (2002)
Visina	8	11	79	66-90	Biparentalna ukrštanja, F3 i/ili F5 linije	Brim (1973)
Visina prve mahune	3	3	48	29-63	F3 linije u F3 iz indeterminantnih sa determinantnim roditeljima	Martin i Wilcox (1973)
Poleganje	8	11	63	43-75	Biparentalna ukrštanja, F3 i/ili F4 linije	Brim (1973)
Dani do cvetanja	5	5	79	65-91	Biparentalna ukrštanja, F3 i/ili F4 linije	Brim (1973)
	1	3	29	26-33	Biparentalne F6 linije u F9 generaciji	Metz i sar. (1984)
	1	3	27	26-29	140 F4 linija iz populacije rekurentne selekcije	Hanson (1985)
	1	1	96			
Dani do plodonošenja	5	5	62	46-81	Biparentalna ukrštanja, F3 i/ili F5 linije	Brim (1973)
	1	3	65	60-70	Biparentalne F6 linije u F9 generaciji	Metz i sar. (1985)
	1	3	63	60-66	140 F4 linija iz populacije rekurentne selekcije	Hanson (1985)
	1	1	87			
Zrenje	1	1	83		140 F4 linija iz populacije rekurentne selekcije	Hanson (1985)
	8	11	84	81-94	Biparentalna ukrštanja, F3 i/ili F4 linije	Brim (1973)
	1	3	92	94-99	Biparentalne F6 linije u F9 generaciji	Metz i sar. (1985)
	1	3	91	86-96	140 F4 linija iz populacije rekurentne selekcije	Hanson (1985)

† Sve ocene dobijene su na osnovu komponenata varijanse osim onih u zagradi koje predstavljaju ostvarene ocene.

Tabela 4.5

Ocene heritabilnosti za sadržaj proteina, sastav ulja i druga svojstva kvaliteta zrna (%)

Svojstvo	Broj populacija	Ocene heritabilnosti ‡			Referentne Populacije †	Izvor
		Broj ocena	Prosek	Rang		
Procenat proteina	4	7	77	51-89	F3 i/ili F4 linije	Brim (1973)
	6	6	84	51-96	F3:4 linije, visokoproteinski x visokoprinosni roditelji	Shannon i sar. (1972)
	2	2	78	70-86	F2:4 linije, (2 pon., 1 lok.)	Shorter i sar. (1976)
	2	2	783	75-90	F2:3 i F2:4 linije, (2 pon., 1 lok.)	Ophenshaw i Hadley (1984)
	2	2	(32)	(29)-(34)	Rekurentna populacija selekcije S1 familije	Brim i Burton (1979)
	1	1	89		76 F5 izvedenih linija, visokoproteinski i visokoprinosni roditelji	Chung i sar. (2003)
	3	3	75	65-82	30 half-sib familija iz 3 unakrsno ukrštene populacije	Li i Burton (2002)
Procenat ulja	4	7	77	51-89	F3 i/ili F4 linije	Brim (1973)
	2	2	84	84-83	F2:4 linije, (2 pon., 1 lok.)	Shorter i sar. (1976)
	2	2	82	71-93	F2:3 i F2:4 linije, (2 pon., 1 lok.)	Openshaw i Hadley (1984)
	1	1	(28)		Rekurentne populacije masovne selekcije	Burton i Brim (1981)
	1	1	84		76 F5 izvedenih linija, visokoproteinski i visokoprinosni roditelji	Chung i sar. (2003)
	3	3	76	66-82	30 half-sib familija iz 3 unakrsno ukrštene populacije	Li i Burton (2002)
% šećera u zrnu	2	2	70	67-72	F2:3 i F2:4 linije	Openshaw i Hadley (1984)
% oleinske kiseline u ulju	1	1	(21)		Rekurentne populacije masovne selekcije	Burton i sar. (1983)
	8	11	79	66-90	Biparental crosses, F3 i/ or F5 lines	

% stearinske kiseline u ulju	2	2	89	85-94	F5:7 linije sa niskim % palmitinske kiseline (2 pon., 4 lok.)	Rebetzke i sar. (1998)
	2	2	92	89-96	F5:7 linije sa normalnim % palmitinske kiseline (2 pon., 4 lok.)	
% palmitinske kiseline u ulju	2	2	84	86-82	F5:7 linije sa niskim % palmitinske kiseline, (2 pon., 4 lok.)	Rebetzke i sar. (1998)
	2	2	87	83-91	F5:7 linije sa normalnim % palmitinske kiseline (2 pon., 1 lok.)	
Kuvljivost	2	2	70	78-62	F4:5 i F4:6 linije, (3 pon., 1 lok.)	Mwandemele i sar. (1984)

† Sve populacije su biparentalne ukoliko nije drugačije označeno.

‡ Sve heritabilnosti su ocenjene iz komponenti varijanse na bazi ulaznih sredina osim onih u zagradi koje su ostvarene ocene.

Tabela 4.6

Ocene heritabilnosti za različita fiziološka svojstva (%)

Svojstvo	Broj populacija	Ocene heritabilnosti‡			Referentne Populacije†	Izvor
		Broj	Prosek	Rang		
Žetveni indeks	1	1	82		41 sorta 00 – IV grupe zrenja	Buzzel i Buttery (1977)
FBPŠ	2	2	53	41-65	F4 linije u F5 generaciji	Harrison i sar. (1981)§
Temp bijnog sklopa	6	6	7	0-19	144 F3 linije u F4 i F6 generaciji	McKinney i sar. (1989)
Period naliivanja zrna	4	4	48	16-63	F2:3 i F2:4 linije, (3 pon., 2 god.)	Pfeiffer i Egli (1988)
	2	3	73	50-89	F5:9 linije (2 pon., 2 lok.)	Metz i sar. (1985)
	1	1	83		140 F4 linija iz populacije rekurentne selekcije (2 pon., 3 lok.)	Hanson (1985)
Masa kvržica	3	3	60	55-67	20, 46 i 31 slučajne biparentalne F4 linije (4 pon., 3 lok.)	Greder i sar. (1986)

Korenska vlakna	1	1	39		46 F _{2:3} linije u godini 1 i F _{2:4} linije u godini 2 (2 ili 3 pon., 4 lok.)	Pantalone i sar. (1996)
Ukupni N	2	3	54#	49-61	110 F ₂ biljaka (2 lok.)	Ronis i sar. (1985)
Fiksirani N	2	3	58#	53-60		
Efikasnost gvožđa	1	1	10*		100 S ₁ familija iz ciklusa 7 populacije rekurentne selekcije (6 pon., 3 god.)	Dragonuk i sar. (1989)
	6	6	55	39-68	F _{3:5} linije (3 pon., 2 lok.)	Diers i Fehr (1989)

† Sve populacije su biparentalne ukoliko nije drugačije označeno

‡ Sve heritabilnosti su ocenjene iz komponenti varijanse na bazi ulaznih sredina osim onih u zagradi koje su ostvarene ocene.

§ Fotosinteza biljnog sklopa

* Ocenjeno na osnovu parcele

Ocena u širem smislu na bazi metoda razlike.

Tabela 4.7

Heritabilnost za otpornost prema bolestima (%)

Svojstvo	Broj populacija	Ocene heritabilnosti‡			Referentne Populacije†	Izvor
		Broj	Prosek	Rang		
Tolerantnost prema Phytophthora	3	3	84	79-87	F ₆ linije (4 pon., 1 lok.)	Walker i Schmitthener (1984)
Otpornost prema mrkoj truleži stabla – simptomi na listu	2	4	47#	-3-88	Pojedinačne F ₂ biljke	Sebastian i sar. (1985)
Otpornost prema mrkoj truleži stabla – simptomi na stablu	2	4	22#	10-44	Pojedinačne F ₂ biljke	
Tolerantnost prema rasi 3 cist – nematode soje	3	6	19	-19-40	54 F ₃ linije po populaciji (3 pon., 4 env.)	Reese i sar. (1988)
Otpornost prema root-knot nematodi	2	2	91	91-92	F _{2:3} linije, (3 pon., 7 biljaka/parceli)	Luzzi i sar. (1994)

† Sve populacije su biparentalne ukoliko nije drugačije označeno

‡ Sve heritabilnosti su ocenjene iz komponenti varijanse na bazi ulaznih sredina ukoliko nije drugačije označeno.

Ocenjeno metodom razlike.

Tabela 4.8

Ocene genotipskih i fenotipskih (u zagradi) korelacija između prinosa i drugih svojstava

Svojstvo	Johnson i Bernard (1963)†	Anand i Torrie(1963)‡			Kwon i Torrie(1964)§	
		Ukrštanje 1	Ukrštanje 2	Ukrštanje 3	Ukrštanje 4	Ukrštanje 5
Masa zrna	0,20	-0,27	0,02	-0,16	-0,59	0,22
	---	(0,03)	(-0,03)	(-0,07)	(-0,46)**	(0,20)
Visina	0,30	0,65	0,57	0,43	0,82	0,54
	---	(0,41)**	(0,44)**	(0,32)**	(0,69)**	(0,44)**
Poleganje	0,00	0,47	0,36	0,72	0,97	0,44
	---	(0,36)**	(0,07)	(0,36)**	(0,76)**	(0,27)*
Dani do cvetanja	0,00	0,76	0,26	0,45	0,87	0,69
	---	(0,37)**	(0,11)	(0,31)**	(0,68)**	(0,47)**
Period plodonošenja	0,20	0,71	-0,27	0,43	0,89	0,15
	---	(0,38)**	(0,05)	(0,13)	(0,71)**	(0,13)
Zrenje	0,40	1,05	0,01	0,47	0,95	0,52
	---	(0,48)**	(0,04)	(0,37)**	(0,75)**	(0,37)**
Proteini	-0,20	---	---	---	---	-0,58
	---	---	---	---	---	(-0,42)**
Ulja	0,10	---	---	---	---	(0,05)

Tabela 4.8 (nastavak horizontalno)

Svojstvo	Byth i sar. (1969b)				Byth i sar. (1969a)††		Simpson i Wilcox (1983)‡‡			
	Ukrštanje 7		Ukrštanje 8		Ukrštanje 13	Ukrštanje 14	Ukrštanje 15	Ukrštanje 16		
	ML	DL	ML	DL						
Masa zrna	0,07	0,15	-0,07	0,27	0,26	---	---	---	---	
	(0,10)	(0,16)*	(0,01)	(0,21)**	(0,21)	(0,00)	(0,21)*	(0,02)	(0,04)	
Visina	-0,28	-0,52	-0,15	-0,08	0,32	---	---	---	---	
	(-0,13)	(-0,36)**	(-0,04)	(0,02)	(0,26)	(0,43)**	(0,37)**	(0,40)**	(0,35)**	
Poleganje	-0,14	-0,48	0,15	-0,17	-0,11	---	---	---	---	
	(0,21)*	(0,41)**	(0,03)	(-0,20)**	(-0,26)	(0,45)**	(0,22)**	(0,36)**	(0,30)**	
Dani do cvetanja	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Period plodonošenja	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Zrenje	0,14	0,10	0,06	0,31	0,59	---	---	---	---	
	(0,13)	(0,09)	(0,08)	(0,22)**	(0,37)	(0,54)**	(0,48)**	(0,51)**	(0,60)**	
Proteini	0,35	0,20	-0,55	-0,25	-0,23	0,54	-0,74	-0,40	-0,20	
	(0,22)*	(0,13)	(-0,34)**	(-0,17)*	(-0,14)	---	---	---	---	
Ulja	-0,03	0,10	0,45	0,07	0,11	-0,22	0,20	0,25	-0,27	
	(0,01)	(0,09)	(0,26)*	(0,08)	(0,07)	---	---	---	---	

Tabela 4.8 (nastavak horizontalno)

Svojstvo	Nelson (1986)§§	Smith i Nelson (1987)@		Wehrmann i sar. (1987)†††			Chung i sar. (2003) ‡‡‡
	Introdukcije biljaka	Ukrštanje 17	Ukrštanje 18	Ukrštanje 19	Ukrštanje 20	Ukrštanje 21	Ukrštanje 22
Masa zrna	---	---	---	---	---	---	---
Visina	---	---	---	---	---	---	---
Poleganje	---	---	---	---	---	---	---
Dani do cvetanja	-0,62	---	---	---	---	---	---
Period plodonošenja	0,55	-0,22	0,30	---	---	---	---
			(0,38)				
Zrenje	-0,27	---	---	---	---	---	---
Proteini	---	---	---	-0,86	-0,64	-0,54	-0,70
Ulja	---	---	---	0,83	0,70	0,53	+0,46

Tabela 4.8 (nastavak horizontalno)

Svojstvo	Li i Burton		
	Populacije		
	II	III	VII
Masa zrna	0,81	0,96	0,19
Visina	---	---	---
Poleganje	---	---	---
Dani do cvetanja	---	---	---
Period plodonošenja	---	---	---
Zrenje	---	---	---
Proteini	0,05	-0,75	0,12
Ulja	0,31	0,67	-0,21

*,**Značajno na nivou 5 i 1%.

† Očekivane genotipske korelacije na bazi podataka dostupnih do 1963.

‡ Podaci na bazi dva ponavljanja u dva lokaliteta.

§ Podaci na bazi dva ponavljanja u pet lokaliteta.

@ Podaci na bazi dva ponavljanja u tri lokaliteta. ML = materinske linije, DL = linije kćeri.

†† Podaci na bazi osam F₃ – F₅ populacija gajenih u Ajovi ili Severnoj Karolini. Nivoi značajnosti nisu dati.

‡‡ Podaci na bazi dva ponavljanja, jednog lokaliteta u 2 god.

§§ Podaci na bazi tri ponavljanja, jednog lokaliteta u 2 god, 28 Grupe II ili Grupe III biljnih introdukcija.

††† Podaci na bazi dva ponavljanja, dva lokaliteta (95 BC2F3 linije od svakog ukrštanja).

‡‡‡ Podaci na bazi dva ponavljanja, 6 zalivanja, 2 godine (76 F₅ izvedenih linija iz jednog ukrštanja)

§§§ Podaci na bazi dva ponavljanja, tri lokaliteta, 1 godine (30 half-sib familija iz 3 unakrsno ukrštene populacije)

Zaključak

Oplemenjivanjem soje su u poslednjih 60 godina stvorene sorte sa većim genetskim potencijalom za prinos, prilagođene modernoj tehnologiji poljoprivredne proizvodnje. Oplemenjivanjem su biljke i zaštićene, unošenjem otpornosti prema bolestima i štetočinama u nove sorte, a poboljšana je i kvaliteta zrna. Međutim, kako navodi Brim (1973) "uspeh u prošlosti nije dokaz efikasnosti metoda oplemenjivanja u sadašnjosti". Razvoj metoda oplemenjivanja u kontekstu kvantitativne genetike omogućava poređenje različitih metoda i determiniše verovatnoću da će novi metod biti uspešan. Budućim istraživanjima bi trebalo nastaviti davanje naglaska na povećanje efikasnosti metoda, kao i povećanje stope poboljšanja (Burton, 1987). Da bi se to ostvarilo, potrebno je sledeće: (i) razvoj ishodnih populacija, pri čemu treba uzeti u obzir genetsko poreklo roditelja, njihov prosečan fenotip i njihovo ponašanje u različitim uslovima spoljašnje sredine; (ii) razvoj shema selekcije na jedno i više svojstava uz rapidnije cikluse identifikacije elitnih linija, selekciju i rekombinaciju; (iii) ispitivanje relativnog značaja dominacije i epistaze, a naročito njihov uticaj na heterozis; (iv) razvoj načina za iskorišćavanje interakcije genotip x spoljašnja sredina kako bi se povećala heritabilnost; (v) podela resursa s obzirom na odnos prethodnih i komparativnih oglada i (vi) iznalaženje ekonomski efikasnih načina za primenu tehnologije molekularne genetike za poboljšanje kvantitativnih svojstava.

LITERATURA

- Akkaya, M.S., R.C. Shoemaker, J.E. Specht, A.A. Bhagwat, i P.B. Cregan. 1995. Integration of simple sequence repeat DNA markers into a soybean linkage map. *Crop Sci.* 35:1439-1445.
- Allard, R.W. i A.D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4:503-508.
- Anand, S.C. i J.H. Torrie. 1963. Heritability of yield and other traits and interrelationships among traits in the F3 and F4 generations of three soybean crosses. *Crop Sci.* 3:508-511.
- Baihaki A., R.E. Stucker i J.W. Lambert. 1976. Associations of genotype x environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary yield tests. *Crop Sci.* 16:718-721.
- Bailey, T.B., Jr. 1977. Section limits in self-fertilizing populations following the cross of homozygous lines, p. 399-412. In E. Pollack et al. (ed.), *Proceedings of the international conference on quantitative genetics.* Iowa State University Press, Ames.
- Bailey, T.B., Jr. i R.E. Comstock. 1976. Linkage and the synthesis of better genotypes in self-fertilizing species. *Crop Sci.* 16:363-370.
- Baker, L.H. i R.N. Curnow. 1969. Choice of population size and use of variation between replicate populations in plant breeding selection programs. *Crop Sci.* 9:555-560.
- Baker, R.J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Sci.* 18:533-536.
- Baker, R.J. 1986. *Selection indices in plant breeding.* CRC Press, Inc. Boca Raton, FL.
- Board, J.E. i B.G. Harville. 1992. Explanations for greater light interactions in narrow vs. wide rows in soybean. *Crop Sci.* 32:198-202.
- Beaver, J.S. i R.R. Johnson. 1981. Yield stability of determinate and indeterminate soybeans adapted to the northern United States. *Crop Sci.* 21:449-454.
- Beeghly, H.H. i Fehr, W.R. 1989. Indirect effects of recurrent selection for Fe efficiency in soybean. *Crop Sci.* 29:640-643.
- Bernardo, R. and A. Charcosset. 2006. Usefulness of gene information in marker-assisted recurrent selection: A simulation appraisal. *Crop Sci.* 46:614-621.
- Boerma, H.R. 1979. Comparison of past and recently developed soybean cultivars in maturity groups VI, VII, and VIII. *Crop Sci.* 19:611-613.
- Boerma, H.R. i R.L. Cooper. 1975. Comparison of three selection procedures for yield in soybeans. *Crop Sci.* 15:225-229.
- Boerma, H.R., E.D. Wood i G.B. Barrett. 1982. Registration of Duocrop Soybean. *Crop Sci.* 22:448-449.
- Bouchez, A. i B. Goffinet. 1990. Evaluation of selection index: application to the choice of an indirect multitrait index for soybean breeding. *Theoretical and Applied Genetics.* 79:261-267.
- Bowman, D., P. Raymer, i D. Dombek. 1993. Crop performance trials under irrigated and dryland conditions. *Agron. J.*, 85:610-614.
- Bravo, J.A., W.R. Fehr, i S.R. de Cianzio. 1980. Use of pod width for indirect selection of seed weight in soybeans. *Crop Sci.* 20:507-510.
- Breseghele, T. i M.E. Sorrells. 2006. Association analysis as a strategy for improvement of quantitative traits in plants. *Crop Sci.* 46:1323-1330.
- Brim, C.A. 1973. Quantitative genetics and breeding. In B.E. Caldwell (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses.* *Agronomy* 16:155-186.
- Brim, C.A. 1966. A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Sci.* 6:220.
- Brim, C.A. i C.C. Cockerham. 1961. Inheritance of quantitative characters in soybeans. *Crop Sci.* 1:187-190.
- Brim, C.A. i J.W. Burton. 1979. Recurrent selection in soybeans. II. Selection for increased percent protein in seeds. *Crop Sci.* 19:494-498.
- Brim, C.A., H.W. Johnson, i C.C. Cockerham. 1959. Multiple selection criteria in soybeans. *Agron. J.* 51:42-46.
- Brim, C.A. i C.W. Stuber. 1973. Application of genetic male sterility to recurrent selection schemes in soybeans. *Crop Sci.* 13:528-530.
- Brim, C.A. i Mal F. Young. 1971. Inheritance of a male-sterile character in soybeans. *Crop Sci.* 11:564-566.
- Burias, N i C. Planchon. 1990. Increasing soybean productivity through selection for nitrogen fixation. *Agron. Journ.* 82:1031-1034.
- Burton, J.W. 1987. Quantitative genetics: results relevant to soybean breeding. *Mongr.*, In J.W. Wilcox (ed.) *Soybeans: Improvement, Production and Uses*, 2nd ed., *Agronomy* 16:211-247.
- Burton, J.W. 1991. Development of high-yielding high-protein soybean germplasm. In *Designing value-added soybeans for markets of the future.* (ed.) R.F. Wilson, pp. 109-117, American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois.
- Burton, J.W. i C.A. Brim. 1981. Recurrent selection in soybeans. III. Selection for increased percent oil in seeds. *Crop Sci.* 21:31-34.
- Burton, J.W. i T.E. Carter, Jr. 1983. A method for production of experimental quantities of hybrid soybean seed. *Crop Sci.* 23:388-390.
- Burton, J.W., E.M.K. Koinange, i C.A. Brim. 1990. Recurrent selfed progeny selection for yield in soybean using genetic male sterility. *Crop Sci.* 30:1222-1226.
- Burton, J.W., R.F. Wilson, i C.A. Brim. 1983. Recurrent selection in soybeans. IV. Selection for increased oleic acid percentage in seed oil. *Crop Sci.* 23:744-747.
- Burton, J.W. i B.F. Carver. 1993. Selection among S1 families vs. selfed half-sib or full-sib families in autogamous crops. *Crop Sci.* 33:21-28.
- Burton, J.W. 1998. Quantitative genetics in soybean breeding. In: Hrustic, M., M. Vidic, and D. Jackovic (eds.) *Soja.* Novi Sad- Becej.
- Burton, J.W. and C. Brownie. 2006. Heterosis and inbreeding depression in two soybean single crosses. *Crop Sci.* 46: 2643-2648.
- Buzzell, R.I. and B.R. Buttery. 1977. Soybean harvest index in hill-plots. *Crop Sci.* 17:968-970.
- Byron, D.F., and J.H. Orf. 1991. Comparison of three selection procedures for development of early-maturing soybean lines. *Crop Sci.* 31:656-660.
- Byth, D.E. and C.R. Weber. 1968. Effects of genetic heterogeneity within two soybean populations. I. Variability within environments and stability across environments. *Crop Sci.* 8:44-47.
- Byth, D.E., B.E. Caldwell, and C.R. Weber. 1969a. Specific and non-specific index selection in soybeans, *Glycine max L.* (Merrill). *Crop Sci.* 9:702-705.
- Byth, D.E., C.R. Weber, and B.E. Caldwell. 1969b. Correlated truncation selection for yield in soybeans. *Crop Sci.* 9:699-702.
- Caldwell, B.E. and C.R. Weber. 1965. General, average, and specific selection indices for yield in F4 and F5 soybean populations. *Crop Sci.* 5:223-226.
- Carter, T.E., Jr. and H.R. Boerma. 1979. Implications of genotype x planting date and row spacing interactions in double-cropped soybean cultivar development. *Crop Sci.* 19:607-610.
- Carver, B.F., J.W. Burton, T.E. Carter, Jr., and R.F. Wilson. 1986. Response to environmental variation of soybean lines selected for altered unsaturated fatty acid composition. *Crop Sci.* 26:1176-1181.
- Casali, V.W.D., and E.C. Tigchelaar. 1975. Computer simulation studies comparing pedigree, bulk, and single seed descent selection in self-pollinated populations. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 100:364-367.

- Chauhan, V.S. and B.B. Singh. 1982. Heterosis and genetic variability in relation to genetic divergence in soybean. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 42:324-328.
- Chauhan, V.S.; and B.B. Singh. 1983. Genetic analysis of protein and oil content in soybean. *Indian J. of Agric. Sci.* 53:634-637.
- Chung, J., H.L. Babka, G.L. Graef, P.E. Staswick, D.J. Lee, P.B. Cregan, R.C. Shoemaker, and J.E. Specht. 2003. The seed protein, oil, and yield QTL on soybean linkage group I. *Crop Sci.* 43:1053-1067.
- Cockerham, C.C. 1963. Estimation of genetic variances. p. 53-94. In W.D. Hanson and H.F. Robinson (ed.) *Statistical genetics and plant breeding*. Pub. 982. National Academy of Sciences-National Researches Council, Washington, DC.
- Cockerham, C.C. 1983. Covariances of relatives from self-fertilization. *Crop Sci.* 23:1177-1180.
- Cockerham, C.C. and D.F. Matzinger. 1985. Selection response based on selfed progenies. *Crop Sci.* 25:483-488.
- Compton, W.A. 1977. Heterosis and additive x additive epistasis. *Soybean Genet. Newsl.* 4:60-62.
- Comstock, R.E. 1977. Quantitative genetics and the design of breeding programs. p.705-718. In E. Pollak et al. (ed.) *Proceedings of the international conference on quantitative genetics*. Iowa State University Press, Ames.
- Cooper, R.L. 1981. Development of short-statured soybean cultivars. *Crop Sci.* 21:127-131.
- Cooper, R.L. 1990. Modified early generation testing procedure for yield selection in soybean. *Crop Sci.* 30:417-419.
- Cowley, C.R., C.D. Nickell, and A.D. Dayton. 1981. Heritability and interrelationships of chemical and agronomic traits of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) in diverse environments. *Trans. Kansas Acad. Sci.* 84:1-14.
- Croissant, G.L. and J. H. Torrie. 1971. Evidence of nonadditive effects and linkage in two hybrid populations of soybeans. *Crop Sci.* 11:675-677.
- Dashiell, K.E., O.J. Ariyo, L. Bello, and K. Ojo. 1994. Genotype x environment interaction and simultaneous selection for high yield and stability in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). *Annals of Applied Biology.* 124:133-139.
- Dayde, J., R. Ecochard, and P. Marmey. 1989. The possible influence of cytoplasm on the performance of reciprocal soybean hybrids. *Euphytica*, 44:49-53.
- de-Cianzio, S.R., D.E. Green, C.S. Chang, and R.M. Shibles. 1991. Developmental periods in soybean photoperiod-sensitive x insensitive crosses evaluated at diverse latitudes. *Crop Sci.* 31:8-13.
- Diers, B.W. and W.R. Fehr. 1989. Selection for iron efficiency of soybean in nutrient-solution and field tests. *Crop Sci.* 29:86-90.
- Diers, B.W., S.R. Cianzio, and R.C. Shoemaker. 1992a. Possible identification of quantitative trait loci affecting iron efficiency in soybean. *J. Plant Nutr.* 15:2127-2136.
- Diers, B.W., P. Keim, W.R. Fehr, and R.C. Shoemaker. 1992b. RFLP analysis of soybean seed protein and oil content. *Theor. Appl. Genet.* 83:608-612.
- Dragonuk, M.B., W.R. Fehr, and H.J. Jensen. 1989. Effectiveness of nutrient-solution evaluation for recurrent selection for Fe efficiency of soybean. *Crop Sci.* 29:952-955.
- Dudley, J.W. and R.H. Moll. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* 9:257-262.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Edwards, M.D. and N.J. Page. 1994. Evaluation of marker-assisted selection through computer simulation. *Theor. and Appl. Genet.* 88:376-382.
- Erickson, L.R., W.D. Beversdorf, and S.T. Ball. 1982. Genotype x environment interactions for protein in *Glycine max* x *Glycine soja* crosses. *Crop Sci.* 22:1099-1101.
- Eskridge, K.M. and B.E. Johnson. 1991. Expected utility maximization and selection of stable plant cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 81:825-832.
- Falconer, D.S. 1952. The problem of environment and selection. *Am. Nat.* 86:293-298.
- Falconer, D.S. 1960. *Introduction to quantitative genetics*. The Ronald Press Co., New York.
- Feng, L., J.W. Burton, T.E. Carter, Jr., and V.R. Pantalone. 2004. Recurrent half-sib selection with testcross evaluation for increased oil content in soybean. *Crop Sci.* 44:63-69.
- Finlay, K.W., and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14:742-754.
- Francia, F., G. Tacconi, C. Crosatti, D. Barabaschi, D. Bulgarelli, E. Dall'Aglio, and G. Vale'. 2005. Marker assisted selection in crop plants. *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture* 82:317-342.
- Funnah, S.M. and C. Mak. 1980. Yield stability studies in soybeans (*Glycine max*). *Exp. Agric.* 16:387-392.
- Garland, M.L. and W.R. Fehr. 1981. Selection for agronomic characters in hill and row plots of soybeans. *Crop Sci.* 21:591-595.
- Gardner, C.O. 1977. Quantitative genetic research in plants: Past accomplishments and research needs. P.29-37. In E. Pollak et al. (Ed.) *Proceedings of the international conference on quantitative genetics*. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Gates, C.E., C.R. Weber, and T.W. Horner. 1960. A linkage study of quantitative characters in a soybean cross. *Agron. J.* 52:45-49.
- Gizlice, Z., T.E. Carter, Jr., and J.W. Burton. 1993. Genetic diversity in North American soybean II. Prediction of heterosis in F2 populations of southern founding stock. *Crop Sci.* 33:620-626.
- Gizlice, Z., T.E. Carter, Jr., and J.W. Burton. 1994. Genetic base for North American public soybean cultivars released between 1947 and 1948. *Crop Sci.* 34:1143-1151.
- Graef, G.L., W.R. Fehr, and S.R. Cianzio. 1989. Relation of isozyme genotypes to quantitative characters in soybean. *Crop Sci.* 29:683-688.
- Greder, R.R., J.H. Orf, and J.W. Lambert. 1986. Heritabilities and associations of nodule mass and recovery of *Bradyrhizobium japonicum* sero group USDA 110 in soybean. *Crop Sci.* 26:33-37.
- Hanson, W.D. 1963. Heritability. p. 125-139. In W.D. Hanson and H.R. Robinson (ed.) *Statistical genetics and plant breeding*. Pub. 982. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, DC.
- Hanson, W.D. 1964. Genotype-environment interaction concepts for field experimentation. *Biometrics* 20:540-552.
- Hanson, W.D. 1970. Genotypic stability. *Theor. Appl. Genet.* 40:226-231.
- Hanson, W.D. 1985. Association of seed yield with partitioned lengths of the reproductive period in soybean genotypes. *Crop Sci.* 25:525-529.
- Hanson, W.D. 1992. Phenotypic recurrent selection for modified reproductive period in soybean. *Crop Sci.* 32:968-972.
- Hanson, W.D. 1994. Distance statistics and interpretation of southern states regional tests. *Crop Sci.* 34:1498-1504.
- Hanson, W.D. and C.R. Weber. 1961. Resolution of genetic variability in self-pollinated species with an application to the soybean. *Genetics* 46:1425-1434.
- Hanson, W.D., A.H. Probst, and B.E. Caldwell. 1967. Evaluation of a population of soybean genotypes with implications for improving self-pollinated crops. *Crop Sci.* 7:99-103.
- Harrison, S.A., H.R. Boerma and D.A. Ashley. 1981. Heritability of canopy-apparent photosynthesis and its relationship to seed yield in soybeans. *Crop Sci.* 21:222-226.
- Helms, T.C. and J.H. Orf. 1998. Protein, oil, and yield of soybean lines selected for increased protein. *Crop Sci.* 38:707-711.
- Hintz, R.W., W.R. Fehr, and S.R. Cianzio. 1987. Population development for the selection of high-yielding soybean cultivars with resistance to iron-deficiency chlorosis. *Crop Sci.* 27:707-710.
- Holbrook, C.C., J.W. Burton, and T.E. Carter, Jr. 1989. Evaluation of recurrent restricted index selection for increasing yield while holding seed protein constant in soybean. *Crop Sci.* 29:324-329.
- Horner, T.W. and C.R. Weber. 1956. Theoretical and experimental study of self-fertilized populations. *Biometrics* 12:404-414.
- Hugie, W.V. and J.H. Orf. 1989. Genotypic interaction of early maturity soybean with row spacings. *Crop Sci.* 29:1447-1451.
- Hühn, M. 1979. Bretrage zur Erfassung der phanotypischen Stabilität 1. Voroshlag einiger auf Ranginformationen beruhender Stabilitätsparameter. *EDV in Medizin und Biologie* 10:112-117.

- Johnson, H.W. and R.L. Bernard. 1963. Soybean genetics and breeding, p. 1-73. In A.G. Norman (ed.) *The soybean*. Academic Press, New York.
- Johnson, H.W., H.F. Robinson, and R.E. Comstock. 1955a. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agron. J.* 47:314-318.
- Johnson, H.W., H.R. Robinson, and R.E. Comstock. 1955b. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agron. J.* 47:477-483.
- Kang, M.S. 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding stable corn genotypes. *Cereal Research Communications* 16:113-115.
- Kaw, R.N. and P.M. Menon. 1980. Combining ability in soybean. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 15:10-19.
- Keim, P., B.W. Diers, T.E. Olson, and R.C. Shoemaker. 1990a. RFLP mapping in soybean. *Genetics* 126:735-742.
- Keim, P., B.W. Diers, and R.C. Shoemaker. 1990b. Genetic analysis of soybean hard seed-ness with molecular markers. *Theor. Appl. Genet.* 79:465-469.
- Keim, P., R.C. Shoemaker, and R.G. Palmer. 1989. RFLP diversity in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 77:786-792.
- Kempthorne, O. and A.W. Nordskog. 1959. Restricted selection index. *Biometrics* 15:10-19.
- Kenworthy, W.J. and C.A. Brim. 1979. Recurrent selection in soybeans. I. Seed yield. *Crop Sci.* 19:315-318.
- Kunta, T., L.H. Edwards, R.W. McNew, and R. Dinkins. 1985. Heterosis performance and combining ability in soybeans. *Soybean Genetics News.* 12:97-99.
- Kwon, S.H. and J.H. Torrie. 1964. Heritability of and interrelationships among traits of two soybean populations. *Crop Sci.* 4:196-198.
- Lark, K.G., J.M. Weisemann, B.F. Matthews, R. Palmer, K. Chase, and T. Macalma. 1993. A genetic map of soybean (*Glycine max* L.) using an intraspecific cross of two cultivars 'Minsoy' and 'Noir 1'. *Theor. Appl. Genet.* 86:901-906.
- Lee, J.M., A. Bush, J.E. Specht, and R.C. Shoemaker. 1999. Mapping duplicate genes in soybean. *Genome* 42:829-836.
- Leffel, R.C. and M.G. Weiss. 1958. Analysis of diallel crosses among ten varieties of soybeans. *Agron. J.* 50:528-534.
- LeRoy, A.R., S.R. Cianzio, and W.R. Fehr. 1991. Direct and indirect selection for small seed of soybean in temperate and tropical environments. *Crop Sci.* 31:697-699.
- Lewers, K.S., S.K. St. Martin, B.R. Hedges, M.P. Widrechner, and R.G. Palmer. 1996. Hybrid seed production: Comparison of three methods. *Crop Sci.* 36:000-000.
- Lewers, K.S., S.K. St. Martin, B.R. Hedges, and R.G. Palmer. 1998. Testcross evaluation of soybean germplasm. *Crop Sci.* 38: 1143-1149.
- Li, H. and J.W. Burton. 2002. Selecting increased seed density to increase indirectly soybean seed protein concentration. *Crop Sci.* 42:393-398.
- Lin, C.S. and M.R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Can. J. of Plant Sci.* 68:193-198.
- Lin, C.Y. 1978. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. *Theor. Appl. Genet.* 52:49-56.
- Loiselle, F., H.D. Voldeng, P. Turcotte, and C.A. St. Pierre. 1990. Analysis of agronomic characters for an eleven-parent diallel of early-maturing soybean genotypes in eastern Canada. *Canadian J. of Plant Sci.* 70:107-115.
- Luedders, V.D. 1977. Genetic improvement of yield in soybeans. *Crop Sci.* 17:971-972.
- Luzzi, B.M., H.R. Boerma, and R.S. Hussey. 1994. Inheritance of resistance to the southern root-knot nematode in soybean. *Crop Sci.* 34:1240-1243.
- Mackey, J. 1970. Significance of mating systems for chromosomes and gametes in polyploids. *Hereditas* 66:165-176.
- Manjarrez-Sandoval, P., T.E. Carter, Jr., D.M. Weber, and J.W. Burton. 1995. Coefficient of parentage and RFLP markers as predictors of heterosis and genetic variance for yield in soybean. *Agron. Abstracts*, p. 76.
- Mansur, L.M., K.G. Lark, H. Kross, and A. Oliveira. 1993a. Interval mapping of quantitative trait loci for reproductive, morphological, and seed traits of soybean (*Glycine max* L.). *Theor. Appl. Genet.* 86:907-913.
- Mansur, L.M., J. Orf, and K.G. Lark. 1993b. Determining the linkage of quantitative trait loci to RFLP markers using extreme phenotypes of recombinant inbreds of soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Theor. Appl. Genet.* 86:914-918.
- Martin, R.J. and J.R. Wilcox. 1973. Heritability of lowest pod height in soybeans. *Crop Sci.* 13:201-203.
- Matzinger, D.F., C.C. Cockerham, and E.A. Wernsman. 1977. Single character and index mass selection with random mating in a naturally self-fertilizing species, p. 503-518. In E. Pollak et al. (Ed.) *Proceedings of the international conference of quantitative genetics*. Iowa State University Press, Ames.
- Mayers, J.D., R.J. Lawn, and D.E. Byth. 1991. Adaptation of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] to the dry season of the tropics. I. Genotypic and environmental effects on phenology. *Aust. J. Agric. Res.* 42. 497-515.
- McKinney, N.V. and W.R. Schapaugh, Jr. 1989. Canopy temperature, seed yield, and vapor pressure deficit relationships in soybean. *Crop Sci.* 29:1038-1041.
- Mehta, S.K., M.S. Lal, and A.B.L. Beohar. 1984. Heterosis in soybean crosses. *Indian J. Agric. Sci.* 54:682-684.
- Metz, G.L., D.E. Green, and R.M. Shibles. 1985. Reproductive duration and date of maturity in populations of three wide soybean crosses. *Crop Sci.* 25:171-176.
- Miller, J.E. and W.R. Fehr. 1979. Direct and indirect recurrent selection for protein in soybeans. *Crop Sci.* 19:101-106.
- Molari, P., M. Lucchi, and P. Perrini. 1987. Effectiveness of early generation selection on SSD soybean (*Glycine max*) populations. *Genetica-Agraria* 41:306.
- Moreau, L., S. Lemarie', A. Charcosset, A. Gallais. 2000. Economic efficiency of one cycle of marker-assisted selection. *Crop Sci.* 40:329-337.
- Mungomery, V.E., R. Shorter, and D.E. Byth. 1974. Genotype x environment interactions and environmental adaptation. I. Pattern analysis-application to soya bean populations. *Aust. J. Agric. Res.* 25:59-72.
- Mwandemele, O.D., K.S. McWhirter, and C. Chesterman. 1984. Genetic variation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) for cookability and water absorption during cooking. *Euphytica*, 33:859-864.
- Nelson, R.L. 1987. Measuring seed yield in soybean populations segregating for male sterility. *Crop Sci.* 27:632-634.
- Nelson, R.L. 1988. Response to selection for time of flowering in soybean. *Crop Sci.* 28:623-626.
- Nelson, R.L. and R.L. Bernard. 1984. Production and performance of hybrid soybeans. *Crop Sci.* 24:549-553.
- Nyquist, W.E. 1991. Estimation of heritability and prediction of selection response in plant populations. *Critical Reviews in Plant Sciences* 10:235-322.
- Openshaw, S.J. and H.H. Hadley. 1984. Selection indexes to modify protein concentration of soybean seeds. *Crop Sci.* 24:1-4.
- Orf, J.H. and T.C. Helms. 1994. Selection to maximize gross value per hectare within three soybean populations. *Crop Sci.* 34:1163-1167.
- Orf, J.H., B.W. Diers, and H.R. Boerma. 2004. Genetic improvement: conventional and molecular-based strategies. In H.R. Boerma and J.E. Specht (eds.) *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*, 3rd ed., *Agron.* 16:417-450.
- Pantalone, V.R., J.W. Burton, and T.E. Carter, Jr. 1996. Soybean fibrous root heritability and genotypic correlations with agronomic and seed quality traits. *Crop Sci.* 36:1120-1125.
- Panter, D.M. and F. L. Allen. 1989. Simulated selection for superior yielding soybean lines in conventional vs. Double-crop nursery environments. *Crop Sci.* 29:1341-1346.
- Panter, D.M. and F. L. Allen. 1995. Using best linear unbiased predictions to enhance breeding for yield in soybean. I. Choosing parents, *Crop Sci.* 35:397-405.
- Paschal, E.H., II, and J.R. Wilcox. 1975. Heterosis and combining ability in exotic soybean germplasm. *Crop Sci.* 15:344-349.
- Patterson, A.H., S. Damon, J.D. Hervitt, D. Zamir, H.D. Rabinswitch, S.E. Lincoln, E.S. Tander, and S.D. Tanksley. 1991. Mendelian Factors underlying quantitative traits in tomato: Comparison across species, generations and environments.

- Pederson, D.G. 1974. Arguments against intermating before selection in self-fertilizing species. *Theor. Appl. Genet.* 45:157-162.
- Perkins, J.M. and J.L. Jinks. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity* 23:339-356.
- Pesek, J. and R.J. Baker. 1969. Comparison of tandem and index selection in the modified pedigree method of breeding self-pollinated species. *Can. J. Plant Sci.* 49:773-781.
- Pesek, J. and R.J. Baker. 1970. An application of index selection to the improvement of self-pollinated species. *Can. J. Plant Sci.* 50:267-276.
- Pfeiffer, T.W., L.J. Grabau, and J.H. Orf. 1995. Early maturity soybean production systems: genotype x environment interaction between regions of adaptation. *Crop Sci.* 35:108-112.
- Pfeiffer, T.W., and D.B. Egli. 1988. Heritability of seed-filling period estimates in soybean. *Crop Sci.* 28:921-925.
- Piper, T.E. and W.R. Fehr. 1987. Yield improvement in a soybean population by utilizing alternative strategies of recurrent selection. *Crop Sci.* 27:172-178.
- Priadi, Dwi. 1993. Recurrent selection for increased seed oil concentration in soybean. Ph.D. Dissertation. North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Pritchard, A.J., D.E. Byth, and R.A. Bray. 1973. Genetic variability and the application of selection indices for yield improvement in two soya bean populations. *Aust. J. Agric. Res.* 24:81-89.
- Pushpendra and H.H. Ram. 1987. Early generation selection for number of pods, harvest index and yield in soybean. *Crop Improvement* 14:123-127.
- Rahangdale, S.R. and V.M. Raut. 2002. Heterosis and inbreeding depression in soybean (*Glycine max*). *Indian J. Agric. Sci.* 72:367-369.
- Rawlings, J.O. 1980. Long- and short-term recurrent selection in finite populations- choice of population size, p. 201-215. In F.T. Corbin (ed.) *World soybean research conference II: Proceedings*. Westview Press, Boulder, CO.
- Rebetzke, G.J., J.W. Burton, T.E. Carter, Jr., and R.F. Wilson. 1998. Genetic variation for modifiers controlling reduced saturated fatty acid content in soybean. *Crop Sci.* 38:303-308.
- Reese, P.F., Jr., Boerma, H.R., and Hussey, R.S. 1988. Heritability of tolerance to soybean cyst nematode in soybean. *Crop Sci.* 28:594-598.
- Ronis, D.H., D. J. Sammons, W.J. Kenworthy, and J.J. Meisinger. 1985. Heritability of total and fixed N content of the seed in two soybean populations. *Crop Sci.* 25:1-4.
- Rose, J.L., D.G. Butler, and M.J. Ryley. 1992. Yield improvement in soybeans using recurrent selection. *Aust. J. Agric. Res.* 43:135-144.
- Schlueter, J.A., P. Dixon, C. Granger, D. Grant, J.J. Doyle, and R.C. Shoemaker. 2004. Mining EST databases to resolve evolutionary events in major crop species. *Genome* 47:868-876.
- Schutz, W.M. and C.A. Brim. 1971. Intergenotypic competition in soybeans. III. An evaluation of stability in multiline mixtures. *Crop Sci.* 11:684-689.
- Schutz, W.M. and R.L. Bernard. 1967. Genotype x environment interactions in the regional testing of soybean strains. *Crop Sci.* 7:125-130.
- Sebastian, S.A., C.D. Nickell, and L.E. Gray. 1985. Efficient selection for brown stem rot resistance in soybeans under greenhouse screening conditions. *Crop Sci.* 25:753-757.
- Sebern, N.A. and J.W. Lambert. 1984. Effect of stratification for percent protein in two soybean populations. *Crop Sci.* 27:471-474.
- Shannon, J.G., J.R. Wilcox, and A.H. Probst. 1972. Estimated gains from selection for protein and yield in the F4 generation of six soybean populations. *Crop Sci.* 12:824-826.
- Shibles, R. and D.N. Sundberg. 1998. Relation of leaf nitrogen content and other traits with seed yield of soybean. *Plant Prod. Sci.* 1:3-7.
- Shoemaker, R.C. and T.C. Olsen. 1993. Molecular linkage map of soybean. In *Genetic Maps: Locus maps of complex genomes* (ed.) S.J. O'Brien, 6th ed. Cold Springs Harbor Laboratory Press, Cold Springs Harbor N.F.
- Shoemaker, R.C., P.B. Cregan, and L.O. Vodkin. 2004. Soybean genomics. In H.R. Boerma and J.E. Specht (eds.) *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*, 3rd ed., *Agron.* 16:235-263.
- Shorter, R., D.E. Byth, and V.E. Mungomery. 1976. Estimates of selection parameters associated with protein and oil content of soybean seeds. (*Glycine max* (L.) Merr.) *Aust. J. Agric. Res.* 28:211-222.
- Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29:237-245.
- Simpson, A.M. Jr. and J.R. Wilcox. 1983. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean populations. *Crop Sci.* 23:1077-1081.
- Singh, R.P. 1983. Combining ability in relation to soybean breeding *Glycine max* (L.) Merrill. *Madras Agric. J.* 70:215-218.
- Singh, T.P., K.B. Singh, and J.S. Brar. 1974. Diallel analysis in soybean. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 34:427-432.
- Sjahril, J.S. and C. Mak. 1987. Genotype-environmental interactions and relative stability of seed protein content in soybeans (*Glycine max*), 19:35-44.
- Smith, J.R. and Nelson, R.L. 1987. Predicting yield from early generation estimates of reproductive growth periods in soybean. *Crop Sci.* 27:471-474.
- Smith, R.R., D.E. Byth, B.E. Caldwell, and C.R. Weber. 1967. Phenotypic stability in soybean populations. *Crop Sci.* 7:590-592.
- Snape, J.W. and T.J. Riggs. 1975. Genetic consequences of single seed descent in the breeding of self-pollinating crops. *Heredity* 35:211-219.
- Sneep, J. 1977. Selection for yield in early generations of self-fertilizing crops. *Euphytica* 26:27-30.
- Sokol, M.J. and R.J. Baker. 1977. Evaluation of the assumptions required for the genetic interpretation of diallel experiments in self-pollinating crops. *Can. J. Plant Sci.* 57:1185-1191.
- Specht, J.E. and J.H. Williams. 1984. Contribution of genetic technology to soybean productivity-retrospect and prospect, p. 49-74. In W.R. Fehr (ed.) *Genetic contributions to yield gains of five major crop plants. Spec. Pub. 7. Crop Sci. Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.*
- Specht, J.E., D.J. Hume, and S.V. Kundini. 1999. Soybean yield potential- a genetic and physiological perspective. *Crop Sci.* 39:1560-1570.
- St. Martin, S.K. 1981. A new recurrent selection scheme incorporating genetic male sterility. *Soybean Genets. Newsletter*, 8:107-109.
- St. Martin, S.K. 1982. Effective population size for the soybean improvement program in maturity groups 00 to IV. *Crop Sci.* 22:151-152.
- St. Martin, S.K. and F. Xie. 2000. Genetic gain in early stages of a soybean breeding program. *Crop Sci.* 40:1559-1564.
- St. Martin, S.K. and I.O. Geraldi. 2002. Comparison of three procedures for early generation testing of soybean. *Crop Sci.* 42:705-709.
- Stam, P. 1977. Selection response under random mating and under selfing in the progeny of a cross of homozygous parents. *Euphytica* 26:169-184.
- Streit, L.G., W.R. Fehr., and G.A. Welke. 2001. Family and line selection for seed yield of soybean. *Crop Sci.* 41:358-362.
- Stuber, C.W. 1992. Biochemical and molecular markers in plant breeding. In *Plant Breeding Reviews* (ed.) J. Janick, Vol. 9:37-61.
- Stuber, C.W., M.D. Edwards, and J.F. Wendel. 1987. Molecular marker facilitated investigations of quantitative trait loci in maize II. Factors influencing yield and its component traits. *Crop Sci.* 27:639-648.
- Stuber, C.W., M.M. Goodman, and R.H. Moll. 1982. Improvement of yield and ear number resulting from selection at allozyme loci in a maize population. *Crop Sci.* 22:737-740.
- Sumarno and W.R. Fehr. 1982. Response to recurrent selection for yield in soybeans. *Crop Sci.* 22:295-299.
- Sun, H., L. Zhao, J. Li, and S. Weng. 1999. The investigation of heterosis and pollen transfer in soybean. p. 489. In: H.E. Kauffman (ed.) *World Soybean Res. Conf. VI. Superior Printing, Champaign, IL.*

Tar'an, B., T.E. Michaels and K.D. Pauls. 2003. Marker-assisted selection for complex trait in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using QTL-based index. *Euphytica* 130:423-432.

Tawar, M.L., S.P. Singh, and S.K. Rao. 1986. Inheritance of seed size in soybean. *Seed Research* 14:156-162.

Taware, S.P., G.B. Halvankar, V.M. Raut, and V.P. Patil. 1990. Hybrid vigour in soybean (*Glycine max*). *Indian J. of Agric. Sci.* 60:545-546.

Tinius, C.N., J.W. Burton, and T.E. Carter, Jr. 1991. Recurrent selection for seed size in soybean. I. Response to selection in replicate populations. *Crop Sci.* 31:1137-1141.

Tsuchiya, T. 1987. Physiological and genetic analysis of pod shattering in soybeans. *J.A.R. Q.* 21:166-175.

Tukamuhabwa, P., P.Rubaihayo, K.E. Dashiell. 2002. Genetic components of pod shattering in soybean. *Euphytica* 125:29-34.

Van Sanford, D.A., T.W. Pfeiffer, and P.L. Cornelius. 1993. Selection index based on genetic correlations among environments. *Crop Sci.* 33:1244-1248.

Vello, N.A., W.R. Fehr., and J.B. Bahrenfus. 1984. Genetic variability and agronomic performance of soybean populations developed from plant introductions. *Crop Sci.* 24:511-514.

Walker, A.K. and A.F. Schmitthenner. 1984. Heritability of tolerance to *Phytophthora* rot in soybean. *Crop Sci.* 24:490-491.

Walker, A.K. and W.R. Fehr. 1978. Yield stability of soybean mixtures and multiple pure stands. *Crop Sci.* 18:719-723.

Weaver, D.B. and J.R. Wilcox. 1982. Heritabilities, gains from selection, and genetic correlations for characteristics of soybeans grown in two row spacings. *Crop Sci.* 22:625-629.

Weber, C.R. and B.R. Moorthy. 1952. Heritable and nonheritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F₂ generations of soybean crosses. *Agron. J.*, 44:202-209.

Weber, C.R., L.T. Empig, and J.C. Thorne. 1970. Heterotic performance and combining ability of two-way F₁ soybean hybrids. *Crop Sci.* 10:159-160.

Weber, W.E. 1982. Selection in segregating generations of autogamous species. I. Selection response for combined selection. *Euphytica* 31:493-502.

Wehrmann, V.K., W.R. Fehr, S.R. Cianzio, and J.F. Cavins. 1987. Transfer of high seed protein to high-yielding soybean cultivars. *Crop Sci.* 27:927-931.

Weir, B.S. and C.C. Cockerham. 1977. Two locus theory in quantitative genetics. *Proceedings, International Conference and Quantitative Genetics.* (Eds.) E. Pollack, O.

Kempthorne, and T.B. Bailey, Jr., pp. 247-269.

Weissinger, A.K. and J.P. Moss. 1992. A glossary of selected biotechnology terms. In *Biotechnology and crop improvement in Asia* (ed.) J.R. Moss, pp. 361-371. Pantancheru, AP.502324, INDIA.

Whitehead, W.F. and F.L. Allen. 1990. High-vs. Low-stress yield test environments for selecting superior soybean lines. *Crop Sci.* 30:912-918.

Wilcox, J.R., W.T. Schapaugh, Jr., R.L. Bernard, R.L. Cooper, W.R. Fehr, and M.H. Niehaus. 1979. Genetic improvement of soybeans in the midwest. *Crop Sci.* 19:803-805.

Yonezawa, K. And H. Yamagata. 1981. Selection strategy in breeding of self-fertilizing crops. I. Theoretical considerations on the efficiency of single plant selection in early segregating generations. *Japan. J. Breed.* 31:35-48.

Young, S.S.Y. 1961. The use of sire's and dam's records in animal selection. *Heredity* 16:91-102.

ZAHVALNICA

Autor se zahvaljuje Dr Ziya Gizlice za njegovu pomoć prilikom proučavanja literature za ovo poglavlje i gospođi Connie D. Bryant za izuzetnu pomoć pri pripremi rukopisa. Autor takođe zahvaljuje Dr Brett Carver, Dr Silvia Cianzio, i Dr Vincent Pantalone na recenziji rukopisa i dragocenim savetima prilikom prepravki.

METODI OPLEMENJIVANJA SOJE

James H. Orf

Department of Agronomy and Plant Genetics

University of Minnesota, St. Paul, MN 55108 USA

Genetski napredak kod soje ostvaren je primenom većeg broja različitih metoda oplemenjivanja. Ovaj napredak ostvaren je uglavnom primenom konvencionalnih metoda oplemenjivanja, međutim danas najveći broj oplemenjivača soje primenjuje molekularne metode i tehnike oplemenjivanja biljaka makar za neke od ciljeva u stvaranju sorti i/ili germplazme. Skorašnji podaci ukazuju da se prinos soje povećava po stopi od 23 kg/ha godišnje, i to kao rezultat sorti kao genetskog entiteta, agrotehnike i većeg nivoa atmosferskog CO₂ (Specht, 1999). Bez sumnje, konvencionalni metodi oplemenjivanja nastaviće da igraju značajnu ulogu u povećanju prinosa, otpornosti na bolesti i štetočine, kao i kvalitet zrna. Ipak, molekularne metode oplemenjivanja koje mogu da povećaju stopu genetskog poboljšanja trenutno igraju važnu ulogu i u javnim i u privatnim programima oplemenjivanja soje (Orf i sar., 2004). U ovom poglavlju su u kratkim crtama opisani konvencionalni i molekularni metodi koje koriste oplemenjivači soje, ali i genetičari širom sveta.

KONVENCIONALNI METODI OPLEMENJIVANJA

Konvencionalni metodi oplemenjivanja bili su veoma uspešni u unapređenju produktivnosti, otpornosti i kvaliteta soje. Oplemenjivanje na direktno povećanje prinosa ostaje svojstvo od najvećeg značaja za oplemenjivače, budući da se radi o svojstvu koje najviše zanima proizvođače. Oplemenjivanje u cilju povećanja ili zaštite prinosa kroz otpornost prema bolestima, štetočinama ili nepovoljnim uslovima spoljašnje sredine, kao i oplemenjivanje na poboljšan kvalitet zrna su takođe važni delovi svakog oplemenjivačkog programa i mogu zahtevati dodatne ili posebne metode oplemenjivanja. Napredak u oplemenjivanju ostvaren je za mnoga svojstva, kao što su prinos, otpornost prema patogenima, insektima i nematodama, tolerantnost

prema herbicidima i problemima u proizvodnji, povećan sadržaj proteina u zrnu, ulja i druga kvalitativna svojstva, kao i za agronomska svojstva kakva su stabilnost i adaptabilnost.

U osnovi, svaki metod oplemenjivanja koji dovodi do genetskog poboljšanja počinje sa oplemenjivačevim izborom roditelja odnosno početnog materijala koji se koristi u stvaranju populacija razdvajanja. Ove populacije zatim idu prema homozigotnosti, bez selekcije ili uz selekciju koja zahteva primenu različitih tehnika, kako bi se proizvele relativno homozigotne linije, koje se potom ocenjuju na prinos i druga važna svojstva. Metod oplemenjivanja (ili ciklus) je završen kada se najbolja linija (ili linije) registruje kao poboljšana čista linija – sorta, ili poboljšana germplazma. Čista linija – sorta je ono što se gaji u proizvodnji.

Postoji mnogo različitih metoda oplemenjivanja koje oplemenjivači soje i genetičari koriste za stvaranje sorti i/ili germplazme. Najveći broj, ako ne i svi metodi, imaju puno toga zajedničkog. Svi oni obuhvataju ciljeve oplemenjivačkog/genetskog programa, izbora roditelja, vrste populacije i selekciju i stvaranje inbred linija.

Ciljevi oplemenjivanja

Ciljevi oplemenjivačkog programa uslovljavaju koji će se metod oplemenjivanja koristiti. Iako će konvencionalni metodi oplemenjivanja biti obrađeni prvi, određivanje ciljeva je jednako važno za programe koji koriste molekularne metode. Premda ciljevi za određeno ukrštanje ili program mogu biti ograničeni i veoma zavisni od određene situacije, mnogi oplemenjivački/genetski programi se bave selekcijom nekih od sledećih svojstava ili osobina.

U gotovo svim slučajevima prinos ili produktivnost je svojstvo od najvećeg značaja, ili među svojstvima od najvećeg značaja. Kako je prinos kvantitativno svojstvo, u programima genetskog poboljšanja je i najteže ostvariti napredak u oplemenjivanju na prinos. No, kako je tokom decenija ostvaren značajan napredak u povećanju prinosa, nema razloga da se dalje povećanje ne ostvari i u budućnosti.

Potencijal za prinos sorte ili linije neće se ostvariti ukoliko je biljka napadnuta patogenom, insektom ili nematodom. U gotovo svim programima, oplemenjivanje na otpornost prema štetočini ili štetočinama je deo ciljeva oplemenjivanja. Pažnja koja se pridaje otpornosti prema štetočinama zavisi od učestalosti i intenziteta kojim se određena štetočina pojavljuje u regionu, kao i ekonomskog značaja, odnosno gubitaka koje može napraviti dotična štetočina. Ekonomski gubici mogu se preduprediti specifičnom otpornošću, opštom otpornošću ili tolerantnošću. Specifična otpornost obično zavisi od nekoliko major gena i može se lako preneti u osetljive sorte. Nedostatak specifične otpornosti je činjenica da ne obezbeđuje otpornost prema novim rasama štetočina. Opšte ili poljska otpornost (poznata i kao poljska tolerantnost) je uglavnom zaslužna za niži stepen infekcije, ali ne obezbeđuje imunitet kao specifična otpornost.

Ova otpornost je uglavnom kvantitativna (uslovljena većim brojem gena) i pruža zaštitu od većeg broja rasa, ali je sa gledišta oplemenjivača mnogo teža za transfer. Tolerantnost prema štetočinama se obično definiše kao sorta ili linija koja ima manje gubitke od netolerantne iako su obe napadnute istim intenzitetom. Tolerantnost je rezultat još kompleksnije genetike i interakcija nego opšta otpornost, i stoga se retko koristi u programima oplemenjivanja.

Dužina vegetacije je važno svojstvo u programu oplemenjivanja za određeni region. Oplemenjivači obično rade sa linijama adaptiranim na uslove određenog regiona, međutim ukoliko se koriste roditelji čija dužina vegetacije ne odgovara uslovima regiona, potrebno je modifikovati metod. Takođe, kod ukrštanja roditelja sa veoma različitom dužinom vegetacije, broj adaptiranih potomstava razdvajanja u populaciji je limitiran, te su potrebne veće populacije kako bi se dobio određeni broj potomstava željene dužine vegetacije. Iako se dužina vegetacije generalno smatra kvantitativnim svojstvom, otkriveno je nekoliko major gena za dužinu vegetacije (Palmer i Kilen, 1987; Palmer i sar., 2004).

Otpornost na poleganje, visina biljke i terminacija stabla su svojstva od značaja u stvaranju sorte. Terminacija stabla kontrolisana je major genima, dok se konačna visina biljke i otpornost na poleganje smatraju kvantitativnim i moraju se selekcionisati na osnovu poljskih ogleda u ciljnom regionu.

Otpornost prema pucanju mahuna je uglavnom prisutna u većini sorti, međutim introdukovane biljke i germplazma mogu biti sklone pucanju mahuna, posebno u uslovima visokih temperatura i/ili suše. Iako postoje major geni za otpornost prema pucanju mahuna, nekoliko minor ili gena modifikatora mogu otežati selekciju na ovo svojstvo, budući da uslovi spoljašnje sredine koji izazivaju pucanje mahuna variraju od godine do godine.

Krupnoća zrna može biti svojstvo od značaja, naročito za posebne namene ili sorte za proizvodnju određene vrste hrane. Krupnije ili sitnije zrno selekcionise se upotrebom metoda masovne ili selekcije u smeši. Krupnoća zrna nasleđuje se kvantitativno, ali selekcija na ekstreme u populaciji može kao rezultat dati mnoštvo linija sa željenom krupnoćom zrna.

Kvalitet semena, odnosno izgled zrna, je svojstvo koje se meri u nekim programima oplemenjivanja. Neželjeni kvalitet semena može biti izazvan nepovoljnim uslovima spoljašnje sredine i/ili određenim bolestima. Selekcija na otpornost prema bolestima može poboljšati kvalitet semena. Klijavost je takođe ponekad deo kvaliteta semena. Loša klijavost se češće javlja kao problem na nižim geografskim širinama. Kako je kvalitet zrna, uključujući klijavost, kompleksno svojstvo, linije se moraju ocenjivati u poljskim ogledima (više puta u odloženoj žetvi) tokom više godina.

Hemijski sastav zrna je veoma važno svojstvo soje. Kako se soja koristi i kao izvor ulja i kao izvor proteina, oplemenjivači se uglavnom trude da postignu 40% proteina i 20% ulja (na bazi suvog zrna). U većini slučajeva, do danas, soja se ne prodaje na osnovu hemijskog sastava, mada se sadržaj proteina i ulja već dugo uzima u obzir na tržištu posebnih namena, odnosno hrane. U poslednje vreme postoje ograničena

tržišta soje sa specifičnim sadržajem ulja odnosno proteina. Iako su i sadržaj ulja i sadržaj proteina kvantitativna svojstva, oba se mogu promeniti oplemenjivanjem. Kako su tehnike za brzo, precizno i jeftino određivanje sadržaja ulja i proteina postale lako dostupne, hemijski sastav zrna biće predmet rada oplemenjivača na svim sortama.

Pored sadržaja ulja i proteina, istraživane su i druge komponente zrna, i u određenoj meri unete u komercijalne sorte. Među svojstvima komercijalizovanim do danas su nizak sadržaj linolenske kiseline, nizak nivo ili odsustvo lipoksigenaze, nizak sadržaj zasićenih masnih kiselina, redukovani tripsin inhibitor (odnosno odsustvo Kunitz tripsin inhibitora) i viši sadržaj aminokiselina koje sadrže sumpor. Nekoliko drugih svojstava uključujući srednje-oleinsku kiselinu (50%-60%), kombinacije izmenjenih masnih kiselina, viši sadržaj drugih esencijalnih aminokiselina, viši sadržaj saharoze, niži sadržaj oligosaharida, više izoflavona i druga poželjna svojstva za posebne namene i/ili hranu su cilj u nekim programima oplemenjivanja i mogu imati veći značaj u budućnosti. Mnoga, ako ne i sva ova svojstva uslovljena su major genima, ali većina ima modifikatore, te su oplemenjivači primorani da stalno ocenjuju sadržaj ovih svojstava u svojim programima.

Otpornost ili tolerantnost prema različitim problemima u proizvodnji su takođe svojstva od značaja u određenim programima oplemenjivanja. Među svojstvima koja privlače pažnju su tolerantnost prema hlorozi deficita gvožđa (visok pH), tolerantnost prema kiselosti (niska pH), otpornost prema suši, tolerantnost prema manganu, zaslanjenosti, poplavi i visokom sadržaju nitrata, da navedemo samo neke. Većina ovih svojstava je kvantitativna u prirodi, i zahteva posebne poljske i/ili kontrolisane, odnosno laboratorijske uslove za stvaranje linija ili sorti sa odgovarajućim odgovorom na određeni problem.

Poslednjih godina otpornost ili tolerantnost prema oštećenjima od herbicida postala su važan cilj u stvaranju sorte. Sadašnja tolerantnost prema glifosatu je prisutna u većini sorti u SAD, Argentini i Brazilu. Ovo svojstvo je uneto putem transformacije i prosto se nasleđuje. Ustanovljene su i otpornost ili tolerantnost prema drugim herbicidima, kao što su metribuzin, dikamba i 2,4D, a u nekim slučajevima stvorene su i tolerantne verzije sorti. Otpornost ili tolerantnost se uglavno prosto nasleđuje i može se uneti u soju putem transformacija.

Kako biotehnologija i transformacione tehnike napreduju, nesumnjivo će biti sve više svojstava i osobina unetih u soju. U bliskoj budućnosti većina ovih svojstava prosto će se nasleđivati čineći unošenje svojstava relativno lakim, bez obzira na to koji se metod oplemenjivanja koristi.

Odabir roditelja

Odabir roditelja je izuzetno važan deo svakog metoda oplemenjivanja soje. Odabir roditelja inicira čitav niz događaja u narednim generacijama svih metoda oplemenjivanja.

Kao roditelji koji se koriste za dobijanje populacija razdvajanja mogu poslužiti gajene sorte, adaptirane linije, neadaptirana germplazma sa željenim svostvom, ili čak egzotična germplazma. Generalno, elitni roditelji različitog porekla imaju veću verovatnoću stvaranja potomstva superiornog u odnosu na oba roditelja (i superiornog u odnosu na postojeće sorte) od roditelja u bliskom (Burton, 1987). Način na koji se vrši izbor roditelja zavisi od mnogo faktora, uključujući svojstvo(a) od značaja, svrhu ukrštanja, relativan značaj svojstva (osim prinosa), poreklo linija, kao i raspoložive resurse i vreme. Roditelji se mogu birati na osnovu komparativne ocene *per se*, ocenom test-ukrštanja, ili drugim metodima koji mogu identifikovati germplazmu sa dobrim kombinujućim svojstvima. U mnogim slučajevima, podaci sa ocenom *per se* su dostupni iz oglada u kojima se testira prinos bilo da ih izvodi oplemenjivač ili se izvode uslužno, ili iz oglada propisanim od strane države. Međutim, ukoliko je cilj da se identifikuje roditeljska germplazma sa poželjnim alelima koji nisu prisutni u postojećim sortama, ocena na bazi test ukrštanja može se pokazati kao bolji pristup. Metod za soju predložio je Kenworthy (1980). Drugi metod test-ukrštanja koji su razvili St. Martin i sar. (1996) opisuje proceduru za identifikaciju linija germplazme sa potencijalom da doprinesu poželjne alele za poboljšanje čistolinijskih sorti soje. Drugi metod za unapređenje prinosa koji je predložio Henderson (1975) i detaljno razradili Panter i Allen (1995) je korišćenje najbolje nepristrasne linearne procene.

Odabir roditelja ostaće veoma zahtevan ali izuzetno značajan aspekt koji određuje uspeh svih oplemenjivačkih procedura za genetsko poboljšanje. U mnogim programima u kojima su resursi limitirani, upotreba postojećih podataka i/ili najbolje nepristrasne linearne procene pokazuje se veoma korisnom. Ukoliko se raspolaže sa više vremena i resursa, za identifikaciju roditeljske germplazme sa poželjnim alelima koji nisu prisutni u postojećim sortama ili linijama, mogu se koristiti ocene test-ukrštanja. Sa povećanjem dostupnosti molekularnih i genomskih podataka individualnih sorti i genotipova, ovi podaci biće sve dragocenija pomoć oplemenjivačima/genetičarima u odabiru roditelja (Orf i sar., 2004).

Jednom kada su roditelji odabrani, ukrštanje ili ukrštanja se sprovode da bi se stvorile populacije. Populacije se mogu stvarati sa različitim brojem roditelja i različitim procentom svakog roditelja pre no što započnu inbreeding i selekcija. Većina sorti soje selektovana je iz populacija nastalih iz ukrštanja 2 ili 3 roditelja, postojećih sorti, linija ili druge germplazme (Fehr, 1987a). Populacije nastale ukrštanjem više roditelja nisu uobičajene; međutim, tri, četiri, pa čak i osam roditelja korišćeno je za stvaranje populacije. Populacije iz povratnih ukrštanja podrazumevaju jednog nerekurentnog roditelja i ponovljena ukrštanja sa rekurentnim roditeljem. Populacije iz povratnih ukrštanja se generalno koriste za transfer gena za otpornost prema štetočinama ili druga prosto nasledna svojstva iz agronomski neprihvatljivog roditelja u elitnu sortu ili liniju. Iako neki istraživači definišu ovo kao populacije rekurentne selekcije, pravilnije je definisanje kao populacije određenog ciklusa rekurentne selekcije. U rekurentnoj selekciji ima mnogo (ponekad i desetine) roditelja.

Nakon jednog ili više ukrštanja, populacije se razvijaju tokom nekoliko generacija samooplodnje. Tokom inbreedinga, potrebno je uzeti u obzir nekoliko faktora. Među njima je metod inbreedinga (uključujući i moguću selekciju) i broj generacija samooplodnje pre no što se izdvoje linije za ocenu potencijalnih sorti. Linije se mogu izvoditi iz populacije u F_2 ili neke od sledećih generacija inbreedinga. Selekcija se može vršiti među biljkama tokom ranih generacija inbreedinga pre testiranja prinosa, ili kasnije, između linija tokom testiranja prinosa. Intenzitet i efikasnost selekcije zavise od naslednosti svojstva ili osobine i uslova spoljašnje sredine u kojima se populacije ili linije gaje. Vizuelna ili lako determinisana selekcija se uglavnom izvodi tokom ranih generacija inbreedinga, dok se selekcija na osnovu podataka iz oglada sa ili bez ponavljanja izvodi u kasnijim generacijama. U nekoj od faza procesa inbreedinga od individualno požnjevenih biljaka izdvajaju se gotovo homozigotne linije. Te linije se potom ekstenzivno ocenjuju radi identifikacije onih sa superiornim performansama u odnosu na postojeće sorte. Metodi stvaranja inbred linije obuhvataju pedigre, bulk (selekciju u smeši), metod potomstva jednog zrna (SSD), i testiranje ranih generacija. Drugi metodi i procedure koji se koriste u oplemenjivanju soje su povratno ukrštanje i poboljšanje populacije rekurentnom selekcijom pri čemu može biti korišćena i muška sterilnost.

Metod čiste linije

Iako se selekcija poželjnih tipova biljaka koja je dovela do novih, boljih sorti odvija vekovima, naučnici su tek početkom XX veka razvili teorije i metode za rutinsko korišćenje u genetskom poboljšanju soje. Prva tehnika ili "metod" koji su koristili oplemenjivači i genetičari bila je metod čiste linije. U ovom metodu nema veštačke hibridizacije; oplemenjivač odabira individualne biljke iz postojeće sortne smeše (sorta sastavljena od nekoliko različitih fenotipova (a time i genotipova)). Kako je soja samooplodna biljna vrsta, pretpostavlja se da je svaki fenotip u biti homozigotan. Odabirom individualnih biljaka koje se potom seju u redove potomstva (red biljaka koje potiču od semena iste biljke), oplemenjivač može da posmatra i odabira one redove potomstva sa željenim svojstvom (svojstvima) ili osobinama za poboljšanje postojeće ili stvaranje nove sorte. Odabrani redovi (koji su obično dužine 2-3 metra) se žanju i seme koristi za setvu oglada sa više redova, na više lokalitata i ponavljanja u regionu u kojem oplemenjivač radi. Ogladi u kojima se testira prinos sadrže i sortu standard, odnosno kontrolu. Rezultat eksperimentalnih linija (odabranih redova potomstva) se poredi sa kontrolom i samo one superiorne u odnosu na kontrolu se dalje testiraju u narednim godinama. Pored prinosa, sa sortama standardima se mogu porediti i druga svojstva, kao što su dužina vegetacije, poleganje, hemijski sastav zrna, otpornost prema nepovoljnim uslovima proizvodnje, a koja mogu poslužiti kao kriterijum pri odlučivanju koje će linije biti odabrane za dalje ispitivanje. U prvoj godini oglada

u kojima se testira prinos obično se umesto identifikacije najboljih, eliminišu linije slabije od standarda. Odabrane linije iz prve godine se u drugoj godini testiraju u "lokalnim" ogledima za testiranje prinosa. U daljem procesu selekcije ponovo je prinos svojstvo od najvećeg značaja, ali se svaka linija u drugoj godini ogleda na prinos ocenjuje za ista svojstva kao i u prvoj, i poredi sa sortom standardom. Podaci iz prve dve godine se kombinuju, i samo linije superiorne u odnosu na sorte standarde se ostavljaju za dalja ispitivanja. Tako se, koristeći sve prikupljene podatke, rad usmerava prema identifikaciji i odabiranju onih linija koje su zaista superiorne u odnosu na kontrolu.

Nakon što su najbolje linije identifikovane putem lokalnog testiranja, pristupa se izvođenju regionalnih testova (ponegde i u više država ili zemalja). Regionalni testovi obuhvataju linije iz nekoliko oplemenjivačkih programa kao i kontrolne sorte ili linije. Regionalni testovi se uglavnom izvode u organizaciji državnih organa ili predstavljaju zvanične sortne ogleda. Procedure za izvođenje ovih ogleda se razlikuju, ali obično je potrebno dve ili tri godine testiranja pre no što se može registrovati kao sorta. Konačnu odluku o registraciji uglavnom donosi institucija u kojoj je oplemenjivač zaposlen, a donosi je odbor za registraciju sorti ili administrativna grupa.

Tokom ocene linije u regionalnim testovima, linija prolazi kroz proces čišćenja i umnožavanja semena, tako da se po registraciji raspolaže sa značajnom količinom semena. Proces čišćenja podrazumeva izbor jedne ili ograničenog broja biljaka (20-100) za uzgoj u redu (redovima) potomstva radi ispitivanja fenotipskih i/ili molekularnih osobina. Seme iz pojedinačnog ili smeša iz uniformnih redova se uvećava da bi se formiralo ishodno seme, koje se potom umnožava tokom nekoliko generacija kako bi se u vreme registracije nove sorte raspolagalo dovoljnim količinama komercijalnog semena. Kako je proces testiranja, umnožavanja semena i registracije detaljno opisan, u narednim poglavljima detaljnije će biti opisano samo nekoliko početnih godina drugih metoda oplemenjivanja. Treba reći i da se većina metoda sprovodi uz određene modifikacije od strane oplemenjivača, u zavisnosti od programa i svojstava na kojima se radi.

Pedigre

Korišćenje Pedigre metoda tokom inbreedinga odvija se na sledeći način:

Godina 1: ukrštanje; žetva F_1 semena.

Godina 2: setva F_1 biljaka na rastojanju i utvrđivanje da li je svaka biljka hibrid; žetva F_2 semena.

Godina 3: setva F_2 biljaka na rastojanju; odabir individualnih F_2 biljaka na osnovu ciljeva i svojstava za ukrštanje.

Godina 4: setva pojedinačnih F_3 redova od svake F_2 biljke ($F_{2:3}$ linija); najpre se biraju najbolje linije a potom najbolje biljke unutar linija (redova).

Godina 5: setva pojedinačnih F_4 redova od svake F_3 biljke ($F_{3:4}$ linija); najpre se biraju najbolje linije a potom najbolje biljke unutar linija (redova).

Godina 6 (ili kasnije): setva pojedinačnih F_5 redova od svake F_4 biljke ($F_{4:5}$); odabir najboljih linija i žetva čitavog reda.

Naredne godine: testiranje prinosa odabranih linija u ogledima sa ponavljanjima; samo superiorne linije u odnosu na standardne sorte se umnožavaju i registruju.

Pedigre metod koristi se od ponovnog otkrića Mendelovih zakona i doveo je do mnogih uspešnih sorti soje. U pedigre metodu beleži se poreklo svake linije sve do pojedinačne F_2 biljke. Stoga se mora voditi računa da se beleške vode tačno i redovno, kako bi se svaka selekcija mogla pratiti do početnog ukrštanja. Veličina F_2 generacije je predmet značajnih diskusija među oplemenjivačima i zavisi od resursa koji obuhvataju osoblje, opremu, površinu zemljišta, laboratorijski prostor, kao i shvaćanje oplemenjivača (da li oplemenjivač favorizuje više ukrštanja sa manje odabranih biljaka, ili manje ukrštanja sa više odabranih biljaka?). Literaturni podaci sugerišu 2.000 – 5.000 F_2 biljaka sa 5-10% odabranih biljaka. F_2 populaciju treba sejati na veće razmake kako bi se mogao posmatrati fenotip svake F_2 biljke. Mora se imati na umu da faktori kao što su kompeticija, interakcija $G \times E$, genetske komponente (preostali heterozis, epistaza, dominacija, itd.), kao i interakcija ovih faktora utiče na fenotip u F_2 populaciji. No, pedigre metod selekcije omogućava da se odabrane biljke (i njihovo potomstvo) posmatra u daljim generacijama (ukoliko se odaberu) te se rad sa fenotipski zaista poželjnim biljkama nastavlja do faze testiranja prinosa (Fehr, 1987a). Pitanje da li redove F_3 generacije treba sejati na većim ili "normalnim" gustinama je predmet diskusija. Kako je iz redova F_3 generacije potrebno odabrati individualne biljke, većina oplemenjivača koristi manje gustine u odnosu na široku proizvodnju (za oko 50% do 75%). Za svaku narednu generaciju inbreedinga, aditivna genetska varijansa unutar linija se smanjuje, a između linija povećava. Stoga je ideja pedigre metoda zadržavanje maksimalnog broja linija koje vode poreklo od različitih F_2 biljaka. To u praksi znači da se broj biljaka odabranih unutar linija smanjuje sa svakom generacijom inbreedinga (na primer, četiri biljke mogu biti odabrane iz $F_{2:3}$ linije dok samo dve biljke mogu biti odabrane iz $F_{4:5}$ linije). Broj generacija pedigre selekcije takođe zavisi od raspoloživih resursa ili dok linija ne postane uniformna za svojstvo (ili svojstva) na koje se vrši selekcija. Oplemenjivači najčešće žanju linije u smeši da bi započeli testiranja na prinos u ponavljanjima posle F_4 , F_5 ili F_6 generacije i odbacuju linije heterogene za svojstvo (ili svojstva) na koje se vrši selekcija.

Pedigre metodom stvorene su mnoge sorte soje. Ovaj metod omogućava oplemenjivaču da na osnovu fenotipa odbaci inferiorni materijal u ranim fazama inbreedinga, minimizuje srodstvo između odabranih linija i posmatra fenotipske karakteristike tokom nekoliko generacija u različitim uslovima spoljašnje sredine. No, ovaj metod zahteva značajne površine zemljišta, rad i druge resurse, kao i opsežno vođenje podataka; takođe, zahteva i iskusnog oplemenjivača koji vrši odabir, i nije efikasan u uslovima u kojima nema ekspresije genetske varijabilnosti za dato svojstvo (ili svojstva).

To znači da pedigre metod nije pogodan za rad u staklenicima ili zimskim uzgajalištima, odnosno da je moguće izvesti samo jednu generaciju godišnje, te je korišćenjem pedigre metoda potrebno duže vreme za stvaranje sorte u odnosu na neke druge metode. Stoga pedigre metod više nije široko rasprostranjen u oplemenjivanju soje, naročito u proizvodnim područjima gde se postojeće sorte često zamenjuju novim.

Metod selekcije u smeši (Balk metod)

Rad sa populacijama balk metodom odvija se na sledeći način:

Godina 1: ukrštanje; žetva F_1 semena.

Godina 2: setva F_1 biljaka na rastojanju i utvrđivanje da li je svaka biljka hibrid; žetva F_2 semena.

Godina 3: setva kompletnog F_2 semena na normalnu gustinu; žetva svog semena sa svih biljaka (obično kombajnom) u smeši.

Godina 4: setva reprezentativnog uzorka F_3 semena na normalnu gustinu; žetva svog semena sa svih biljaka u smeši.

Godina 5: setva reprezentativnog uzorka F_4 semena na normalnu (ili malo smanjenu) gustinu; odabir i žetva pojedinačnih biljaka sa željenim fenotipom.

Godina 6: setva pojedinačnih F_5 redova od svake odabrane F_4 biljke; odabir najboljih biljaka i žetva kompletnog reda.

Naredne godine: testiranje prinosa odabranih linija u ogledima sa ponavljanjima; samo superiorne linije u odnosu na standardne sorte se umnožavaju i registruju.

Balk metodom biljke u generacijama razdvajanja se žanju zajedno u svakoj generaciji inbreedinga a uzorak požnjevenog semena se koristi za setvu naredne generacije. Kada se dostigne željeni nivo inbreedinga, pojedinačne biljke se žanju i gaje u redovima odakle se biraju linije za testiranje na prinos. U klasičnoj primeni balk metoda, glavna snaga koja deluje na populaciju je prirodna selekcija. Prirodna selekcija favorizuje svojstva i osobine koje uvećavaju kompetitivnost (sposobnost biljke da proizvede više semena od druge) i podrazumeva svojstva kao što su povećana visina biljke, kasnostasnost, kao i otpornost prema bolestima i štetočinama. Generalno, balk populacije se seju na "normalne" gustine; neki oplemenjivači, međutim, koriste smanjene gustine kako bi do izražaja došli i genotipovi slabije kompetitivnosti.

Početne populacije u balk metodu stvaraju se ukrštanjem dva ili više roditelja; ukrštanjem adaptiranog sa neadaptiranim roditeljem; mešavinom više F_2 populacija tako da može biti jedna ili nekoliko balk populacija koje mogu sadržati veliki broj ukrštanja. Broj generacija žetve u smeši takođe značajno varira, od jedne do tri pa do čak osam do deset. Više generacija daje prirodnoj selekciji više vremena za dejstvo.

Iako je prirodna selekcija "klasičan" put izvođenja balk selekcije, mnogi oplemenjivači koriste određene kombinacije prirodne i antropogene selekcije. Balk metodom mogu se dobiti linije sa željenim svojstvima ukoliko uslovi spoljašnje sredine u kojima se metod obavlja favorizuju ta svojstva. Balk metodom se lako održavaju populacije tokom inbreedinga i povećava frekvencija željenih genotipova u populaciji. Kako balk metod zavisi od prirodne selekcije, svojstvo ili svojstva koja se "selekcionišu" mogu se menjati od godine do godine u zavisnosti od uslova spoljašnje sredine. Takođe, kako oplemenjivač zavisi od prirodne selekcije, može se izvesti samo jedna generacija godišnje što produžava vreme za stvaranje nove sorte (Sleper i Poehlman, 2006).

Masovna selekcija

Masovna selekcija u heterogenoj populaciji u kojoj deluje inbreeding (samooplodnja) je jedan od najstarijih metoda oplemenjivanja. Neki oplemenjivači smatraju masovnu selekciju varijantom balk metoda; samo što u slučaju masovne selekcije oplemenjivač vrši selekciju umesto prirode. Masovna selekcija može delovati pozitivno ili negativno. Pozitivna selekcija je odabir poželjnih, a negativna odbacivanje nepoželjnih fenotipova iz populacije. Generalno, masovna selekcija rezultira populacijom odabranom, odnosno poboljšanom za jedno ili više svojstava ili osobina. Svojstva koja mogu biti predmet masovne selekcije su dužina vegetacije, krupnoća i hemijski sastav zrna. Ukoliko se masovna selekcija primenjuje u klasičnom smislu, dobijena sorta biće heterogena za neka svojstva jer je relativno veliki broj biljaka smešan da bi stvorio sortu. Međutim, ukoliko se masovna selekcija primenjuje za više svojstava, dobijena sorta biće (bar fenotipski) uniformna. Masovna selekcija može se koristiti i za održavanje sortne čistoće uklanjanjem netipičnih biljaka i/ili semena (negativna selekcija). Masovna selekcija može se primeniti samo u uslovima spoljašnje sredine koji omogućavaju ekspresiju određenog svojstva ili osobine, a njena efikasnost zavisi od heritabilnosti tog svojstva – nije efikasna za svojstva sa niskom heritabilnošću. U većini programa oplemenjivanja soje se u određenoj fazi razvoja sorte koristi neka forma masovne selekcije.

Metod potomstva jednog zrna (SSD)

Metod potomstva jednog zrna je metod za brz inbreeding populacije pre početka ocenjivanja; predložio ga je Goulden (1941), a detaljnije razradio Brim (1966).

Godina 1: ukrštanje; žetva F_1 semena.

Godina 2: setva F_1 biljaka na rastojanju i utvrđivanje da li je svaka biljka hibrid; žetva F_2 semena.

Godina 3: setva kompletnog F_2 semena i razvoj biljaka do zrenja; žetva 1 semena sa svake F_2 biljke.

Godina 4: setva kompletnog F_3 semena i razvoj biljaka do zrenja; žetva 1 semena sa svake F_3 biljke.

Godina 5: setva kompletnog F_4 semena i razvoj biljaka do zrenja; žetva svih F_4 biljaka (ili odabir F_4 biljaka na određeno svojstvo (svojstva)).

Godina 6: setva pojedinačnih redova F_5 od svake F_4 biljke; odabir najboljih linija i žetva celog reda.

Naredne godine: testiranje prinosa odabranih linija u ogledima sa ponavljanjima; samo superiorne linije u odnosu na standardne sorte se umnožavaju i registruju.

Metod potomstva jednog zrna Brim (1961) opisuje kao modifikovani pedigre metod. Striktna primena SSD metoda podrazumeva žetvu i setvu samo jednog zrna sa svake biljke iz F_2 generacije do završetka selekcije. To znači da ukoliko seme nema klijavost, ili biljka ne dostigne zrenje i formira makar jedno zrno, na kraju procesa selekcije neće biti reprezentovane sve F_2 biljke. U praksi, većina oplemenjivača uzme jednu ili dve mahune i formira uzorak koji približno odgovara broju zrna prethodne generacije. Na ovaj način održava se veličina populacije i obezbeđuje rezerva semena. Time se postiže da nisu sve F_2 biljke reprezentovane jednako – neke nisu zastupljene uopšte, dok druge mogu biti zastupljene i više puta. Ovo se uglavnom opisuje kao modifikovani metod potomstva jednog zrna (dok ga neki opisuju i kao modifikovani balk). Generalna ideja ovog metoda je da se inbreedingom, što je pre moguće, uz upotrebu staklenika i vansezonskih uzgajališta, dođe do populacije sa željenim nivoom homozigotnosti i zatim počne sa ocenom redova potomstva.

Metod potomstva jednog zrna je trenutno najrasprostranjenija oplemenjivačka procedura. Njegova popularnost proizilazi iz činjenice da oplemenjivač može da dobije 2, 3, ili čak 4 generacije godišnje u stakleniku, komori, ili tropskim regionima. Tako se ukrštanje i stvaranje populacije može obaviti za dve godine (u poređenju sa 6 godina korišćenjem balk ili pedigre metoda). Ušteda ove tri ili četiri godine znači da se sorta može stvoriti za šest umesto za deset godina uz isto testiranje prinosa. Korišćenje ovog metoda, međutim, ne omogućava praćenje i ocenjivanje potomstva u ranim generacijama samooplodnje, niti bilo kakvu selekciju (prirodnu ili antropogenu). U svakom slučaju, metod potomstva jednog zrna doprineo je bržem obnavljanju sortimenta u poslednjoj deceniji, što se očekuje i u narednom periodu. Ovaj metod zahteva manje angažovanih resursa i posebno vremena (a kao što se zna "vreme je novac"), pa će se i dalje najčešće koristiti u programima oplemenjivanja soje čiji je glavni cilj stvaranje sorti.

Metod testiranja ranih generacija (EGT)

Metod testiranja ranih generacija namenjen je za identifikaciju smeše (balkova) hibridnih populacija koje imaju najveći potencijal za stvaranje superiornih linija. Za testiranje prinosa koriste se dva metoda: 1) testiranje balk populacija, ili 2) testiranje linija izvedenih iz F_2 koje reprezentuju populaciju. Prvim metodom testira se prinos populacije (u više ponavljanja i lokaliteta u zavisnosti od količine semena) u F_2 , F_3 i F_4 generacijama i biraju biljke iz populacija koje su bile superiorne u odnosu na sorte standarde ili određeni procenat svih testiranih populacija.

Drugi metod izvodi se na sledeći način:

Godina 1: ukrštanje; žetva F_1 semena.

Godina 2: setva F_1 biljaka na rastojanju i utvrđivanje da li je svaka biljka hibrid; žetva F_2 semena.

Godina 3: setva kompletnog F_2 semena; žetva svake F_2 biljke .

Godina 4: setva reprezentativnog uzorka (20-30 linija) $F_{2,3}$ linija u ogleda za testiranje prinosa (1 ponavljanje, 2 lokaliteta); žetva ogleda za testiranje prinosa.

Godina 5: setva $F_{2,4}$ linija u ogleda za testiranje prinosa (rubni redovi, više ponavljanja, više lokaliteta); žetva ogleda za testiranje prinosa, odabir najprinosnijih populacija, odabir biljaka iz rubnih redova linija iz najprinosnijih populacija.

Godina 6: setva pojedinačnih F_5 redova od svake odabrane $F_{2,4}$ biljke; odabir najboljih linija i žetva kompletnih redova.

Naredne godine: testiranje prinosa odabranih linija u ogledima sa ponavljanjima; samo superiorne linije u odnosu na standardne sorte se umnožavaju i registruju.

Opisani metod je samo jedan od mnogih za testiranje prinosa linija izvedenih iz F_2 generacije. Koncept testiranja u ranim generacijama opisao je Immer (1941). Određene varijante ovog metoda podrazumevaju odabir linija u različitim fazama (generacijama) unutar populacija, između populacija, ili pojedinačnih biljaka unutar populacija. Druge varijante koriste se za identifikaciju superiornih populacija iz kojih se biraju linije (dok se korišćenjem pedigre, balk ili SSD metoda razvijaju sve populacije). Ako se na prinos umesto celih populacija testiraju linije, glavno ograničenje je količina semena linija izvedenih iz F_2 za prvu godinu testiranja (neki oplemenjivači gaje redove potomstva izvedenih iz F_2 odlažući testiranje prinosa za jednu generaciju). Kao i kod drugih metoda (osim SSD), može se uzgajati samo jedna generacija godišnje budući da se ogledi za testiranje prinosa moraju postavljati u ciljnom regionu. Tokom izvođenja ogleda za testiranje prinosa, obično se obavlja ocenjivanje na druga svojstva. Ovaj metod je, osim što troši puno vremena, takođe i skup, budući da zahteva puno rada i površine za testiranje prinosa. Ovim metodom stvoreno je nekoliko uspešnih sorti soje.

Povratno ukrštanje

Metod povratnog ukrštanja koristi se kad se u sortu ili liniju (rekurentnog roditelja) unosi svojstvo (alel) visoke heritabilnosti koji joj nedostaje. Termin povratno ukrštanje, kako su ga originalno opisali Harlan i Pope (1922), podrazumeva ponovljeno ukrštanje hibridnog potomstva sa rekurentnim roditeljem. Najjednostavniji tip povratnog ukrštanja, dominantni alel koji se može uočiti na biljci pre cvetanja (korišćenjem otpornosti na bolest (označenog sa RR) u ovom primeru izgleda ovako:

Godina 1: ukrštanje osetljivog rekurentnog roditelja (rr) sa otpornim donatorom ili nereakurentnim roditeljem (RR); žetva F_1 semena (svi Rr).

Godina 2: F_1 biljke (Rr) ukrštene sa rekurentnim roditeljem (rr); žetva BC_1F_1 semena (50% Rr, 50% rr).

Godina 3: BC_1F_1 biljke genotipisane pre cvetanja, rr biljke eliminisane, BC_1F_1 Rr biljke ukrštene sa rekurentnim roditeljem (rr); žetva BC_2F_1 semena (50% Rr, 50% rr).

Godina 4: BC_2F_1 biljke genotipisane pre cvetanja, rr biljke eliminisane, BC_2F_1 Rr biljke ukrštene sa rekurentnim roditeljem (rr); žetva BC_3F_1 semena (50% Rr, 50% rr).

Godina 5: BC_3F_1 biljke genotipisane pre cvetanja, rr biljke eliminisane, BC_3F_1 Rr biljke ukrštene sa rekurentnim roditeljem (rr); žetva BC_4F_1 semena (50% Rr, 50% rr).

Godina 6: BC_4F_1 biljke genotipisane pre cvetanja, rr biljke eliminisane, BC_4F_1 Rr biljke ukrštene sa rekurentnim roditeljem (rr); žetva BC_5F_1 semena (50% Rr, 50% rr).

Godina 7: BC_5F_1 biljke genotipisane pre cvetanja, rr biljke eliminisane, BC_5F_1 Rr biljke u samooplodnji; žetva BC_5F_2 semena.

Godina 8: BC_5F_2 biljke genotipisane pre cvetanja, rr biljke (25%) eliminisane, otporne biljke 50% Rr i 25% RR u samooplodnji; seme svake BC_5F_2 otporne biljke požeto zasebno (BC_5F_3 seme).

Godina 9: Setva semena (BC_5F_3) sa svake požete BC_5F_2 biljke u poseban red, praćenje redova do cvetanja i eliminacija redova koji se cepaju (koji su bili Rr kao BC_5F_2 biljke); žetva BC_5F_4 semena iz preostalih redova (RR).

Godina 10: ocena fenotipske sličnosti BC_5F_4 biljaka sa rekurentnim roditeljem (osim za otpornost prema bolestima) uz testiranje prinosa.

Prikazani procenti predstavljaju prosečne vrednosti, pa se u svakoj generaciji ukršta nekoliko biljaka kako bi se osiguralo prisustvo otpornog alela u sledećem hibridu. Modifikacije date šeme su neophodne ukoliko se svojstvo ne može oceniti pre cvetanja (potrebna su dodatna ukrštanja) ili ako je alel recesivan (neophodna je samooplodnja ili testiranje potomstva i/ili nasumična povratna ukrštanja). Data šema prikazuje pet povratnih ukrštanja; međutim neki oplemenjivači rade manje ili više povratnih ukrštanja. Ako se koriste molekularni markeri, za ukrštanje se uzimaju F_1 ili $BC_n F_1$ biljke koje u genomu imaju procenat alela rekurentnog roditelja veći od proseka, pa se obnavljanje rekurentnog roditelja nastavlja brže i potrebno

je manje povratnih ukrštanja da bi se rekurentni roditelj obnovio na dati nivo. Geni blisko vezani za alel koji se transferuje mogu zaostati prilikom povratnog ukrštanja i time otežati potpunu fenotipsku obnovu rekurentnog roditelja. Izneti problemi opisani su u mnogim udžbenicima oplemenjivanja biljaka (Fehr, 1987b; Sleper i Poehlman, 2006).

Povratna ukrštanja se već godinama koriste u oplemenjivanju soje za različita svojstva koja se prosto nasleđuju, kao što su otpornost prema bolestima, oblik liske, i u skorije vreme otpornost prema Roundup-u. Moguća su i povratna ukrštanja za više od jednog svojstva, ali je potreban veći broj biljaka i dodatna ocenjivanja kako bi se održala sva željena svojstva. Kako je broj biljaka koji se koristi u povratnim ukrštanjima relativno mali, a fenotipska ocena svojstva u mnogim slučajevima jednostavna, oplemenjivači koriste staklenike, komore i/ili vansezonska uzgajališta da bi dobili nekoliko generacija godišnje (kako je opisano u SSD metodu). Na taj način, ceo posao oko povratnih ukrštanja može se obaviti za dve godine a ocenjivanje u naredne dve ili tri, pa se "nova" verzija sorte može stvoriti relativno brzo. Uprkos kratkom vremenu, veoma je važno odabrati rekurentnog roditelja koji je izuzetan za sva druga svojstva osim, naravno, onog koje se unosi povratnim ukrštanjem.

Rekurentna selekcija

Rekurentna selekcija je ciklusni metod poboljšanja populacije ali ne vodi direktno do stvaranja novih sorti. Osnovni koraci u ciklusu rekurentne selekcije su ukrštanje, ocena i selekcija. Glavni izazov u primeni rekurentne selekcije kod soje je ukrštanje. Kako se rekurentna selekcija koristi za povećanje frekvencije poželjnih alela (za dato svojstvo) u populaciji za kvantitativna svojstva, potrebni su dodatni napori kako bi se dobila sorta iz populacije rekurentne selekcije. Skorašnji podaci o istraživanjima koja se bave rekurentnom selekcijom soje (Lewers i Palmer 1997; Orf i sar., 2004) opisuju ispitivana svojstva i osobine, metode selekcije i metode ukrštanja, kao i rekurentnu selekciju uz upotrebu markera.

Primena muške sterilnosti u oplemenjivanju soje

Primena genetske muške sterilnosti kako bi se olakšalo ukrštanje, posebno u rekurentnoj selekciji se u manjoj meri koristi od sedamdesetih godina prošlog veka (Brim i Stuber, 1973; Lewers i sar., 1996). Specht i Graaf (1990) opisali su metod oplemenjivanja pod imenom muško-sterilno-olakšani ciklusni metod (MSFCB) za stvaranje sorti. Autori navode da je ovaj metod kombinacija najboljih strana konvencionalnog oplemenjivanja i dialelnog selektivnog ukrštanja koje je opisao Jensen (1970). Ukratko, MSFCB metod podrazumeva setvu elitnih roditelja, odabranih iste godine, po modelu šahovske table u redove izolovanog uzgajališta koje sadrži i redove muško sterilnih biljaka. Polen se od elitnih do muško sterilnih roditelja prenosi insektima.

Najmanje jedno F_1 zрно se žanje sa svake muško sterilne biljke. Predlaže se uzgoj F_1 biljaka u zimskim uzgajalištima i vršidba biljaka u smeši kako bi se dobilo F_2 seme. Najveći deo F_2 semena uzgaja se za stvaranje sorte koristeći metod potomstva jednog zrna (muško fertilne biljke). Ciklusni deo metoda nastavlja se upotrebom manjeg dela F_2 semena kao muško sterilnih biljaka u izolovanim uzgajalištima sledeće godine (muško fertilne biljke odbacuju se u cvetanju). Upotreba MSFCB šeme rezultirala je većim brojem priznatih sorti.

Mutacije

Mutacije se koriste za dobijanje poboljšanih sorti soje. Većina oplemenjivača slaže se da su mutacije najkorisnije u slučaju kad se željeno svojstvo ili osobina ne može naći u germplazmi upotrebljivoj za ukrštanje. Kako je frekvencija poželjne mutacije (genetske promene) obično veoma niska, oplemenjivač je prinuđen da prati velik broj biljaka (desetine i stotine hiljada) koristeći brze i jeftine procedure ili tehnike. Postoji mnogo aspekata koje treba razmotriti u programu oplemenjivanja koji koristi mutacije: svojstvo ili osobina, zatim procedura za praćenje, izbor linija za podvrgavanje mutagenzi, izbor mutagena, vrsta biljnog materijala i detalji tretmana (doza, stanje biljnog materijala, uslovi tretmana, itd.). Najčešće korišćeni biljni materijal je seme. Tretirano seme se obično seje u izolaciji (da bi se sprečilo nekontrolisano ukrštanje). Biljke koje se razvijaju iz tretiranog semena se označavaju kao M1 generacija i daju M2 seme. Metodi oplemenjivanja koji se koriste tokom generacija samooplodnje nakon mutageneze su isti oni koji se koriste za razvoj populacija nakon ukrštanja (pedigre, balk, SSD, EGT) sa manjim modifikacijama za praćenje željenog svojstva odnosno osobine. Mnogo više detalja o upotrebi mutacija u oplemenjivanju dao je Fehr (1987b).

Transformacije

Soja ima veći broj svojstava unešenih u genom putem transformacija. Jedino svojstvo koje je našlo komercijalnu primenu do danas je tolerantnost na glifosate. Ostali rezultati transformacija nalaze se u različitim fazama testiranja i/ili registracije. Sa stanovišta oplemenjivača, jednom kada je biljka stabilno transformisana i prenosi svojstvo na potomstvo, svojstvo se može smatrati kvalitetno naslednim i koristiti kao takvo u bilo kom metodu oplemenjivanja.

Upotreba genetskih markera u oplemenjivanju soje

Upotreba genetskih markera za stvaranje sorte u programima oplemenjivanja soje tek počinje. Najpre se moraju razviti metodi za široku primenu tehnika na bazi

markera u programu oplemenjivanja. Za sada, genetski markeri se u programima oplemenjivanja soje koriste kao dopuna, pre nego zamena tradicionalnih metoda. Aktuelna i potencijalna upotreba genetskih markera u programu stvaranja sorte obuhvata odabir roditelja na bazi genetskih markera, upotrebu markera u povratnim ukrštanjima (na primer za bržu obnovu rekurentnog roditelja (tj. smanjenje broja generacija povratnog ukrštanja) ili za eliminaciju nepoželjnih vezanih lokusa ili kao pomoć pri genotipisanju za svojstvo koje se unosi) i za marker asistiranu selekciju (Orf i sar., 2004). Što je više molekularnih markera i "oplemenjivački prilagođenih" markera (kao što su markeri bazirani na polimorfizmu pojedinačnih nukleotida) na raspolaganju, marker asistirana selekcija će se sve više koristiti kao dopuna ili dodatak tradicionalno dokazanim metodama za stvaranje sorti.

Hibridne sorte soje

Neki istraživači ukazuju da bi se upotrebom F_1 hibridnog semena mogla povećati produktivnost i druge osobine soje. Gajenje F_1 hibrida u širokoj proizvodnji nije moguće usled teškoća u proizvodnji većih količina hibridnog semena po prihvatljivoj ceni. Progres u pravcu komercijalne upotrebe F_1 hibrida se nazire, ali nema nikakvih rezultata istraživanja koji bi ukazivali na šire testiranje hibrida, čak i ako se zanemari proizvodnja komercijalnog hibridnog semena. U radu o hibridnoj soji Palmer i sar. (2001) nabrajaju pet komponenti kritičnih za razvoj hibridne soje na komercijalnom nivou. To su 1) roditeljske kombinacije koje daju heterozis superioran u odnosu na najbolje sorte, 2) stabilni muško-sterilni, žensko fertilni sistem sterilnosti, 3) sistem selekcije za dobijanje 100% ženskih (roditelja sa mahunom) biljaka koje normalno formiraju zрно i mogu se žeti mehanički, 4) efikasan mehanizam za transfer polena od roditelja sa polenom do roditelja sa mahunom i 5) ekonomski nivo umnožavanja semena za semenare i uzgajivače od kojeg u krajnjoj liniji korist ima potrošač. Za neke komponente je postignut izvestan progres, ali nije verovatno da će F_1 hibridi biti komercijalizovani u bliskoj budućnosti.

Zaključak

Metodi oplemenjivanja soje za stvaranje komercijalnih sorti nastavljaju da se razvijaju. Iako su oplemenjivači soje bili uspešni u stvaranju sorti korišćenjem tradicionalnih konvencionalnih metoda oplemenjivanja, u poslednjim decenijama najčešće korišćeni metod je potomstvo jednog zrna, a sa razvojem transformacija obnovljena je upotreba povratnog ukrštanja. Mnogi oplemenjivači danas koriste metode i tehnike oplemenjivanja na bazi markera (kao što je selekcija uz upotrebu markera) kao deo programa za stvaranje sorti. Izazov je uspešna i efikasna primena nove ili modifikovane konvencionalne ili molekularne tehnologije u postojećem programu razvoja sorte tako da se napredak u stvaranju sorti soje nastavi i u budućnosti.

IZVOD

Metodi oplemenjivanja soje za stvaranje komercijalnih sorti nastavljaju da se razvijaju. Iako su oplemenjivači soje bili uspešni u stvaranju sorti korišćenjem tradicionalnih konvencionalnih metoda oplemenjivanja, u poslednjim decenijama najčešće korišćeni metod je potomstvo jednog zrna, a sa razvojem transformacija obnovljena je upotreba povratnog ukrštanja. Mnogi oplemenjivači danas koriste metode i tehnike oplemenjivanja na bazi markera (kao što je selekcija uz upotrebu markera) kao deo programa za stvaranje sorti. Izazov je uspešna i efikasna primena nove ili modifikovane konvencionalne ili molekularne tehnologije u postojećem programu razvoja sorte tako da se napredak u stvaranju sorti soje nastavi i u budućnosti.

LITERATURA

- Brim, C.A. 1966. A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Sci.* 6:220.
- Brim, C.A. i C.W. Stuber. 1973. Application of genetic male sterility to recurrent selection schemes in soybeans. *Crop Sci.* 13:528-530.
- Burton, J.W. 1987. Quantitative genetics: results relevant to soybean breeding. p. 211-247. In J.R. Wilcox (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses.* 2nd ed. Agron. Monogr. 16. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Fehr, W.R. 1987a. Breeding methods for cultivar development. p. 249-293. In J.R. Wilcox (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses.* 2nd ed. Agron. Monogr. 16. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Fehr, W.R. 1987b. Principles of Cultivar Development. I. Theory and Technique. Macmillan Publishing Co., New York, NY.
- Goulden, C.H. 1941. Problems in plant selection. p. 132-133. In Proceedings of the 7th International Genetical Congress, Edinburgh, Scotland.
- Harlan, H.V i M.N. Pope. 1922. The use and value of backcrosses in small grain breeding. *J. Hered.* 13:319-322.
- Henderson, C.R. 1975. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics* 31:423-477.
- Immer, F.R. 1941. Relation between yielding ability and homozygosity in barley crosses. *J. Am. Soc. Agron.* 33:200-206.
- Jensen, N.F. 1970. A diallele selective mating system for cereal breeding. *Crop Sci.* 10:629-635.
- Kenworthy, W.J. 1980. Strategies for introgressing exotic germplasm in breeding programs. p. 217-233. In F.T. Corbin (ed.) *Proc. World Soybean Res. Conf. II.* Raleigh, NC, Westview Press, Boulder, CO.
- Lewers, K.S., S.K. St. Martin, B.R. Hedges, M.P. Widrlechner, i R.G. Palmer. 1996. Hybrid soybean seed production: Comparison of three methods. *Crop Sci.* 36:1560-1567.
- Lewers, K.S. i R.G. Palmer. 1997. Recurrent selection in soybean. *Plant Breed. Rev.* 15:275-313.
- Orf, J.H., B.W. Diers, i H.R. Boerma. 2004. Genetic improvement: Conventional and molecular-based strategies. p. 417-450. In H.R. Boerma and J.E. Specht (ed.) *Soybeans: Improvement, production, and uses.* 3rd ed. Agron. Monogr. 16. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Palmer, R.G. i T.C. Kilen. 1987. Quantitative genetics and cytogenetics. p. 135-209. In J.R. Wilcox (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses.* 2nd ed. Agron. Monogr. 16. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Palmer, R.G., J. Gai, H. Sun, i J.W. Burton. 2001. Production and evaluation of hybrid soybean. *Plant Breed. Rev.* 21:263-307.
- Palmer, R.G., T.W. Pfeiffer, G.R. Buss i T.C. Kilen. 2004. Qualitative genetics. p. 137-233. In H.R. Boerma and J.E. Specht (ed.) *Soybeans: Improvement, production and uses.* 3rd ed. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Panter, D.M. i F.L. Allen. 1995. Using best linear unbiased predictions to enhance breeding for yield in soybean. I. Choosing parents. *Crop Sci.* 35:397-405.
- Sleper, D.A. i J.M. Poehlman. 2006. *Breeding Field Crops.* Blackwell Publishing, Ames, IA.

Specht, J.E. i G.L. Graef. 1990. Breeding methodologies for chickpea: New avenues to greater productivity. p. 217-223. In B.J. Walby and S.D. Hall (ed.) Chickpea in the nineties. Proc. 2nd Int. Workshop on Chickpea Improvement ICRISAT Center, India.

Specht, J.E., D.E. Hume, i S.V. Kumundini. 1999. Soybean yield potential - A genetic and physiological perspective. Crop Sci. 39:1560-1570.

St. Martin, S.K., K.S. Lewers, R.G. Palmer, i B.R. Hedges. 1996. A testcross procedure for selecting exotic strains to improve pure-line cultivars in predominately self-fertilizing species. Theor. Appl. Genet. 92:78-82.

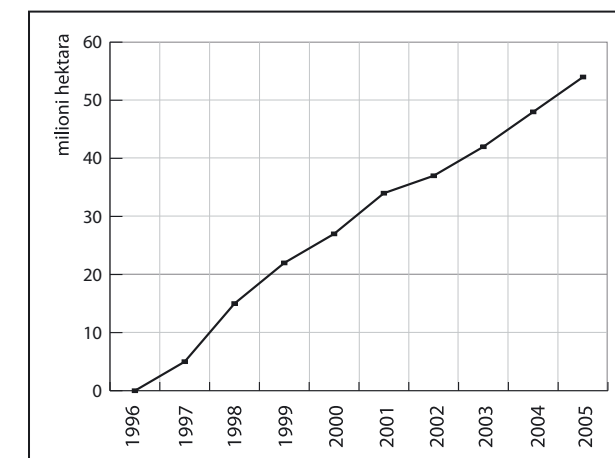
GENETIČKE MODIFIKACIJE BILJNOG GENOMA

Miodrag Dimitrijević, Sofija Petrović

Moderna biotehnologija, čiji osnov predstavlja molekularna genetika, a realizacija genetički inženjering (kontrolisano i ciljno genetički izmenjeni organizmi) će, kako je nagovešteno u drugoj polovini prošlog veka, verovatno da obeleži prvi vek novog milenijuma. Sigurno je i već sada neizbežno, da su genetički modifikovani organizmi (GMO) postali deo našeg svakodnevnog života. Dostignuti nivo saznanja omogućava i potiranje, ili pomeranje prirodnih zakona i postavljenih granica u horizontalnom prenosu gena, odnosno razmeni genetičkih informacija između vrsta.

Grafikon 6.1

Ukupne površine GM soje u svetu 1996-2005. god.



Izvor: <http://www.gmo-compass.org>

Upotreba GMO u biljnoj poljoprivrednoj proizvodnji je već uhodana praksa. Krompir, pamuk, kukuruz i druge biljne kulture, koji sadrže gene bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt), sami proizvode prirodni pesticid (insekticidni protein) koji

na insekte deluje toksično i dovodi do smanjenja oštećenja od insekata. Ugrađeni geni iz zemljišnih bakterija kao što su *Agrobacterium tumefaciens*, *Streptomyces viridochromogenes*, *Streptomyces hygroscopicus*, *Klebsiella pneumoniae*, ili *Achromobacter sp.* obezbeđuju poljoprivrednim kulturama (soja, kukuruz, šećerna repa, uljana repica, pamuk itd.) otpornost na totalne herbicide. Ovi genetički modifikovani biljni organizmi olakšavaju gajenje u monokulturi, smanjuju interakciju biljke (genotipa) i spoljne sredine i poljoprivreda se približava industrijskoj proizvodnji. Preko 3000 genetički modifikovanih biljaka, životinja i mikroorganizama je razvijeno u laboratorijama pretežno u SAD. U ovoj zemlji je preko 40 vrsta GM biljnih kultura odobreno za stavljanje u promet. Prema podacima ISAAA (International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications) iz januara 2006. godine, u 2005. godini farmeri su sejali genetički modifikovane (GM) useve na oko 90 miliona hektara, što je 11% više nego prethodne godine. Preko 8,5 miliona proizvođača iz 21 zemlje seje GM kulture. Od ovog broja 90% ih je u zemljama u razvoju. Uglavnom se radi o gajenim biljkama gde je genetička modifikacija išla u pravcu otpornosti na totalne herbicide, ili se radilo o otpornosti na insekte. U ovoj strukturi GM soja je zabeležila najveći porast i u 2005. godini je gajena na 54,4 miliona hektara, što čini više od 60% svetske proizvodnje soje (Grafikon 6.1). U SAD u 2004. godini je oko 85% od ukupno zasejane soje, bila GM soja.

Genetičke modifikacije soje

Soja (*Glycine max*) je ekonomski najvažnija leguminoza (*Fabaceae*) i jedna od najvažnijih poljoprivrednih kultura u svetu. Za milione ljudi je izvor kvalitetnih proteina i sastojak velikog broja namirnica. Ova kultura se široko koristi i u ishrani životinja. Poreklom od *Glycine nosuriensis*, iz regiona Mandžurije blizu granice sa Korejom, soja je u Kini korišćena u rotaciji useva, za ishranu i u medicini još pre 5000 godina. Kao izvor ulja i proteina, Evropa i zapadni svet uopšte su upoznali soju u XVIII veku, dok je komercijalni uzgoj u Sjedinjenim Američkim Državama počeo na samom početku XIX veka. Poslednje tri decenije značile su veliku ekspanziju višestrukog korišćenja soje. U savremenom svetu produkti soje se koriste na oko 125 načina, ne samo u prehrambenoj industriji, već i u medicini, kozmetici, hemijskoj industriji, itd. Svetska proizvodnja ove kulture je početkom ovog milenijuma dostigla oko 180 miliona tona. S obzirom na svetsku produkciju, kao i širok spektar upotrebe, soja može da se svrsta u red strateških kultura. Najveći deo proizvodnje soje nose SAD (oko 45%), ostalih 45% pokriva proizvodnja u Brazilu, Argentini i Kini. Preostalih 10% proizvode ostale zemlje u svetu (Evropa, Indija i Južna Afrika).

Kada govorimo o upotrebi i komercijalizaciji transgenih organizama, soja kao objekt modifikacija genoma zauzima prvo mesto ne samo među poljoprivrednim kulturama, već organizmima uopšte. Zašto je to tako? Intenzifikacija poljoprivredne proizvodnje, odnosno "poljoprivredna revolucija", kako je nazvana od strane Vilijama Gauda direktora Američke agencije za međunarodni razvoj, marta 1968. godine, je imala

za cilj da reši "problem gladi u svetu". To je bio planski poduhvat velikih američkih fondacija (Rokafeler, Ford) i vlada zemalja u razvoju. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja je dovela do povećanja prinosa, ali je tražila nove intenzivnije sorte i hibride. Ove biljke su bile sve više "otuđene" od prirode i sve dalje od svojih "divljih" srodnika, a sve više zavisne od intervencija čoveka. Poljoprivredna revolucija je tražila navodnjavanje, više đubriva, upotrebu pesticida i intenzivnije korišćenje mehanizacije. Ovakva ulaganja su sve manje "trpela" plodored, smenu useva i radi ekonomske isplativosti se sve više sejalo u monokulturi na velikim površinama. Pojava genetički modifikovanih organizama je trebalo da znači početak efikasnijeg biološkog puta rešavanja mnogih problema se kojima se čovek suočava.

Pre svega to je pitanje gladi u svetu i u tom svetlu povećanje kvaliteta i rodnosti poljoprivrednih kultura, poboljšanje kvaliteta prehrambenih proizvoda (duža trajnost i bolja otpornost na transport plodova), kao i bolja otpornost useva na bolesti, insekte i korove. GM tehnologijom bi se postigao širi areal gajenja useva, poboljšanjem tolerantnosti na niske temperature, sušu i boljim iskorišćavanjem trenutno neproduktivnih degradiranih zemljišta gajenjem bolje prilagođenih poljoprivrednih kultura. Sastav hrane bi bio kvalitetniji, obogaćen esencijalnim amino-kiselinama, mineralnim materijama, vitaminima i beskaloričnim zaslađivačima. Na polju zdravstvene zaštite, transgeni organizmi treba da obezbede proizvodnju vakcina, jeftinijih lekova, organa za transplantaciju. Upotrebom ove nove biotehnologije, zaštita okoline bi bila podignuta na viši nivo mikrobiološkim čišćenjem zagađenih vodotoka i otpadnih voda i manjim korišćenjem hemijskih sredstava u poljoprivredi (herbicida i pesticida). I pored velikih obećanja i nadanja sredinom 90-tih godina prošlog veka, početkom ovog veka plodovi transgene tehnologije, u većim razmerama i punoj ekonomskoj eksploataciji, ogledaju najviše u poljoprivredi, a u tom okviru u genetičkim modifikacijama genoma soje. Tako da su, prema podacima međunarodnih organizacija, površine pod GM kulturama u periodu od desetak godina od polovine 90-tih do polovine prve decenije novog veka porasle za oko 35 puta i iznose oko 60 miliona hektara. U toj strukturi, oko 40 miliona hektara je u SAD, ili 66%. Od površina pod GM kulturama u svetu transgena soja je ubedljivo vodeća kultura sa 62% površina (oko 37 miliona hektara), dok je najraširenija genska modifikacija tolerantnost na herbicide (75%, ili oko 44 miliona hektara).

Kada govorimo o transgenoj soji najčešća modifikacija genoma primenom metoda genetskih transformacija je tolerantnost na herbicide (glifosat i fosfinotricin herbicid tolerantnost), ali je zastupljena transformacija i u pogledu promena sadržaja masnih kiselina u zrnu, naročito visok sadržaj oleinske kiseline i nizak sadržaj linolne kiseline. Sadržaj oleinske kiseline u transgenoj soji je i do 80% u odnosu na 23% u konvencionalnoj soji.

Zbog svega navedenog za oplemenjivače i uzgajivače soje je posebno važno poznavanje prednosti, ali i potencijalnih rizika koje nose transgene transformacije.

Genetičke modifikacije

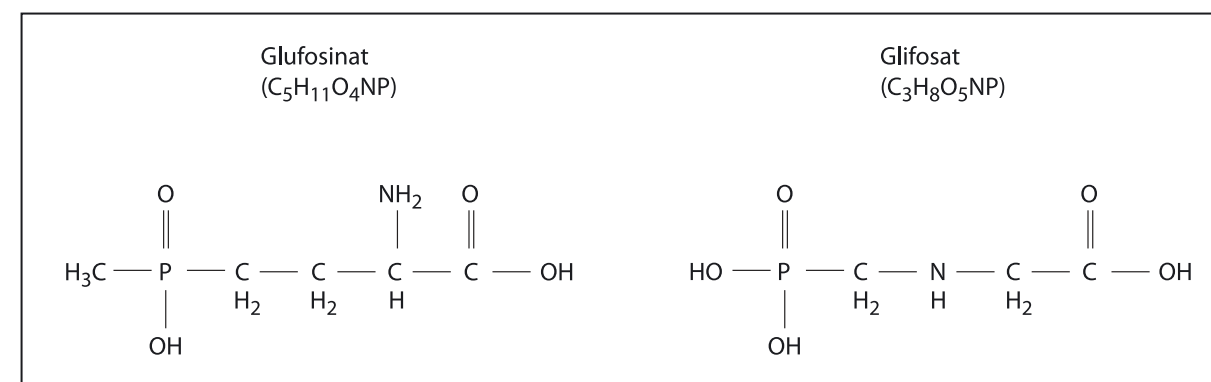
Pod genetičkom modifikacijom u najširem smislu može da se smatra svaka promena u genomu. Promene genoma mogu da budu posledica rekombinacije roditeljskih gena u potomku i kao takve se dobijaju ukrštanjem roditeljskih parova – hibridizacijom u postupku oplemenjivanja i selekcije organizama. Promene genoma mogu da budu i promene u broju hromozoma, ili krupnije promene u njihovoj strukturi, što se dobija tehnikama citogenetike. Genetička modifikacija može da bude na nivou gena, ili manje grupe gena, tehnikama molekularne genetike, odnosno genetičkog inženjeringa. Svi organizmi dobijeni na navedene načine mogu da se smatraju genetički modifikovanim. Ovim može da se ilustruje da nazivi koji se koriste da opišu organizme sa genskim promenama o kojima je ovde reč i nisu možda najsrećnije odabrani. Ne ulazeći u šira razmatranja, može da se kaže da se pod genetički modifikovanim organizmima (GMO) podrazumevaju oni, kojima je genski sastav izmenjen na način koji se nikada ne bi desio klasičnim razmnožavanjem, ili prirodnom rekombinacijom postojećih gena vrste. Ovim genetički modifikovanim, ili transgenim organizmima je genetička struktura izmenjena na način koji se nikada ne bi desio u prirodi. Genske konstrukcije kojima je izmenjen genom domaćina najčešće potiču od sasvim nesrodnih vrsta, čime se poništavaju sve granice u prirodnom genskom toku izmena naslednih informacija. Mesto kreacije GMO je laboratorija. Oni su tako genetički transformisani da u svojoj DNK sadrže strani gen, ili gene koji su uneti laboratorijskim metodima i tehnikama. Izvori gena kojima se manipuliše u DNK domaćina se nalaze u biljnom svetu, kao i u svetu mikroorganizama, insekata i životinja, uključujući i ljude.

Iako su genetičke modifikacije primenjene na većem broju gajenih biljnih vrsta, broj GM kultura koje su odobrene za proizvodnju i koje se komercijalno gaje, je prilično mali. Najzastupljenije transgene biljne vrste u proizvodnji su one kojima je genom izmenjen insertovanjem genskih konstrukcija za otpornost prema herbicidima širokog spektra delovanja, odnosno totalnim herbicidima. To su, po pravilu, specifični herbicidi proizvedeni i patentirani od strane iste kompanije koja je proizvela i patentirala odgovarajuću transgenu kulturu, kao i gensku konstrukciju. Totalni herbicidi, prema kojima GM biljke ispoljavaju tolerantnost, su najčešće iz reda glifosata, ili glufosinata (Slika 6.1).

Izvori strukturalnih gena u genskim konstrukcijama su pronađeni u svetu zemljišnih bakterija i gljiva, najčešće *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium thaliana*, *Streptomyces viridochromogenes*, *Streptomyces hygrosopicus*. Ovi geni su neosetljivi na delovanje herbicida, degradiraju herbicide (glifosate) do kiselina i oksalata, čime se deaktiviraju njihovo delovanje, ili pretvaraju aktivnu komponentu herbicida (glufosinat) u neaktivnu. Na ovaj način se ne blokira proizvodnja esencijalnih amino-kiselina, biljka preživljava i nastavlja da se normalno razvija, za razliku od okolnih korova. Način insertovanja rekombinantne DNK u genom domaćina je najčešće putem posrednika (*A. tumefaciens*), ili bombardovanjem kulture ćelija (tkiva) domaćina mikročesticama koje na sebi nose rekombinovanu DNK. GM kulture izmenjene na ovaj način su najčešće soja, pirinač, šećerna repa i kukuruz.

Slika 6.1

Aktivne materije nekih totalnih herbicida



Glufosinat je amonijumova so, glufosinat-amonijum. Prvi put je izdvojen kao prirodni sastojak iz dve vrste gljiva *Streptomyces*. Glufosinat inhibiše enzim glutamin sintetazu, koji je uključen u sintezu esencijalne amino-kiseline – glutamina. Kao herbicid se koristi od 1984.

Glifosat je herbicid širokog spektra delovanja. Kod biljaka blokira delovanje enzima 5-enolpiruvilšikimat-3-fosfat sintetaze, koji igra ključnu ulogu u sintezi aromatičnih esencijalnih amino-kiselina – fenilalanina, tirozina i triptofana. Nedostatak ovih amino-kiselina dovodi do uginuća biljaka u roku od nekoliko dana.

Otpornost na insekte, koja se postiže insercijom gena koji proizvode Bt-toksine, čini najveći deo preostalih GM kultura u poljoprivredi. Insekti su uglavnom iz reda leptira (*Lepidoptera*), krompirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say.), ili kukuruzni plamenac (*Ostrinia nubilalis*), a ciljne kulture za genetičku modifikaciju pamuk, paradajz, krompir, kukuruz. Transfer transgene, odnosno rakombinantne DNK, u genom domaćina je i u ovom slučaju putem posrednika (*A. tumefaciens*), ili unošenjem putem mikročestica.

Izvor strukturalnog gena su različite rase zemljišne bakterije *Bacillus thuringiensis*, koje same proizvode prirodni pesticid (insekticidni protein). Ovi insekticidni proteini (delta-endotoksini) deluju selektivno na pojedine vrste lepidoptera, ili koleoptera. Vezuju se za stomahni epitel insekta ometajući protok jona i izazivajući paralizu, bakterijske infekcije i smrt.

Pored samog strukturalnog gena, u gensku konstrukciju, odnosno himerni gen, ulaze i regulatorni genski delovi koji regulišu rad gena, ili translokaciju genskog produkta. I ovi geni, kao i sam strukturalni gen, potiču iz različitih često taksonomski veoma udaljenih organizama, tako da genetički modifikovani organizmi sadrže ne samo, u prirodi, teško ponovljivu genetičku modifikaciju, već i kombinaciju genskih delova himernog gena koja je u prirodi teško stvoriva.

Genetičke modifikacije koje su karakteristične za soju (*Glycine max*) su pre svega vezane za tolerantnost na herbicide (fosfotricin i glifosat herbicid tolerantnost), kao i za promenu sadržaja masnih kiselina u zrnu, naročito visok sadržaj oleinske kiseline, te nizak sadržaj linolne kiseline. Najveći deo preostalih genetičkih modifikacija u poljoprivredi je upotrebljen u povrtarstvu i hortikulturi za postizanje

otpornosti na pojedine viruse (krastavac, krompir, lubenica, dinja), ili za produženu trajnost proizvoda, što omogućava sigurniji transport na veće udaljenosti i dugotrajniju tržišnu upotrebljivost (paradajz, karanfil, dinja).

Metodi kreiranja GM soje i RoundUp Ready himerni gen

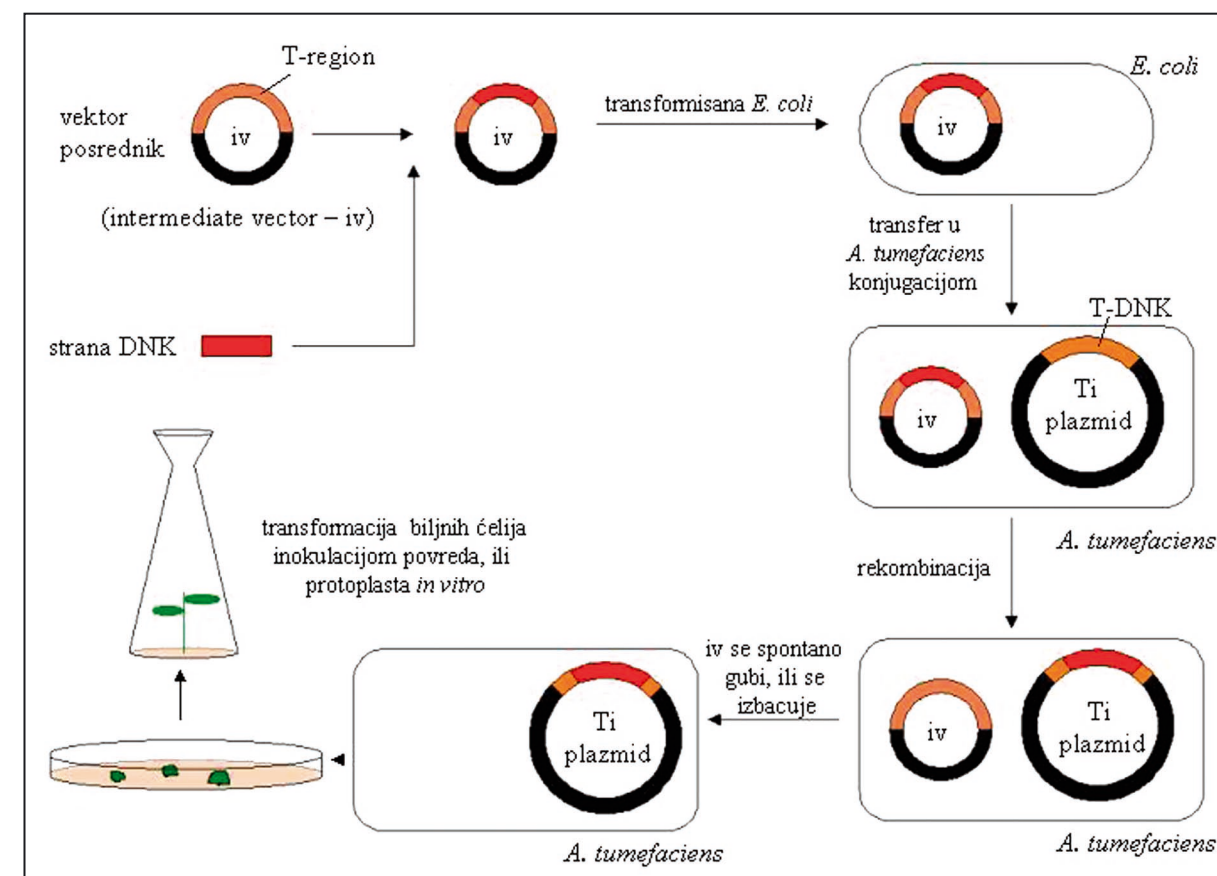
Osnovu postupka unošenja stranog gena u genom domaćina čine prirodni "genski inženjeri" onkogene (kancerogene) bakterije i virusi. Ako se ne koriste mikroorganizmi, kao prenosioci, onda se strani gen direktno "upucava", pomoću teflonskih mikro-čestica, u ćeliju domaćina mikrobombardovanjem biljnih ćelija, ili tkiva (biolistički metod). Pozabavimo se za trenutak jednim od postupaka kojim se dobijaju GM organizmi. Primećeno je da se nabujalo neizdiferencirano tkivo biljnog tumora golosemenica i dikotiledonih skrivenosemenica stvara ako povredu na biljci tretiramo gram-negativnom zemljišnom bakterijom *Agrobacterium tumefaciens*. Ovo tkivo se sasvim kancerogeno ponašalo i nastavljalo da raste i bez prisustva bakterija. Ćelije tumornog tkiva su sintetisale *opine*, neuobičajene amino-kiselinske produkte za normalno biljno tkivo. Najčešći opini su bili *oktopin* i *nopalina*. Dakle važno je da se zapazi da su biljne ćelije, tretirane *A. tumefaciens*-om, nastavljale proizvodnju opina i u odsustvu bakterija. Vrsta opina koju su proizvodili nije zavisila od biljke domaćina, već od rase bakterije. To znači da je bakterija transformisala genetičku osnovu biljne ćelije i "primorala" je da proizvodi, za zdravu biljku, atipični produkt – opine. Pokazalo se da *A. tumefaciens* sadrži veći kružni DNK segment, nezavisan od ostale genetičke osnove bakterije, koji od svoje ukupne veličine (140-235 kb), u genom biljke domaćina ubacuje segment od svega 20 kb. Kružni segment je nazvan Ti-plazmid (Tumor inducing), a segment koji se ugrađuje u domaćina T-DNK (transferred DNA). Bakterije lišene ovog plazmida, gube virulentnost.

Ideja je, dakle, da se T-DNK Ti-plazmida zameni "našom" stranom DNK (stranim genom, ili genima) i da se tako posredstvom *A. tumefaciens*-a, unese u biljku domaćina. Međutim, Ti-plazmid *A. tumefaciens*-a je nepogodan za direktnu manipulaciju, pa se javlja posrednik (intermediate vector) u vidu manje bakterije *Escherichia coli*.

Da bi postupak ugradnje stranog gena u nesrodnog domaćina (biljku) bio uspešan, potrebno je da se osigura da ugrađeni gen ispolji svoj efekat, ili jednostavnije rečeno da gen "radi". Važno je da se ugrade i geni "obeleživači", koji će da nam pomognu da izdvojimo ćelije gde je ugrađivanje stranog gena uspešno izvršeno, od onih gde to nije. Ovi obeležavajući geni mogu da budu geni otpornosti na određen antibiotik, ili na neku drugu supstancu (herbicid). Biljne ćelije koje prežive tretman antibiotikom, herbicidom itd., imaju ugrađen "naš" segment strane DNK (Slika 6.2).

Slika 6.2

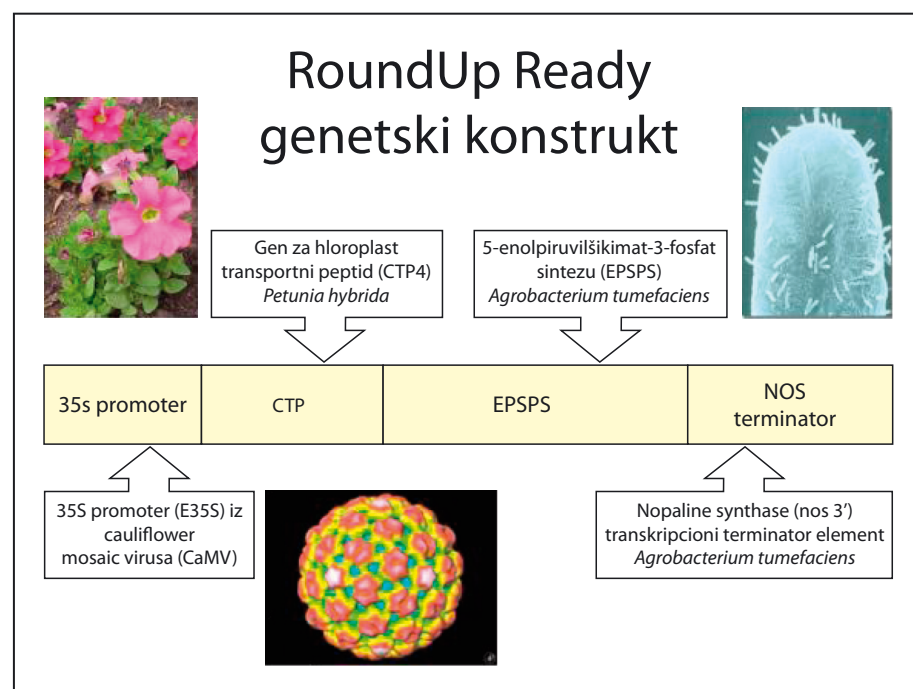
Unošenje stranog gena u biljku putem Ti-plazmida *A. tumefaciens*-a i posredstvom *E. coli*



Vratimo se samom stranom genu, koji se ugrađuje i obezbeđivanju njegovog uspešnog efekta u novom domaćinu. Ugrađivanje samog gena ne garantuje da će biti prevaziđeni problemi njegove ekspresije. Potreban je i "dobar" promotor, koji će biti dovoljno agresivan da obezbedi funkcionisanje ubačenog gena i dovoljno širokog spektra da može da se univerzalno koristi. Tako dolazimo do genskog konstrukta (konstrukcije), odnosno himernog gena, koji osim promotera može da sadrži i neke druge gene koji regulišu sintezu proteina. Himerni gen (genska konstrukcija) koja je karakteristična za RoundUp Ready soju, sadrži genske delove taksonomski sasvim nesrodnih organizama (Slika. 6.3).

U ovoj genskoj konstrukciji mesto su našli DNK iz biljke (petunije), virusa (mozaik virusa karfiola) i bakterije (*Agrobacterium tumefaciens*). Svako ima svoje zaduženje. Promoter širokog spektra i dovoljno agresivan (efikasan) obezbeđuje ekspresiju inkorporisanih gena CTP4 (tranzit peptid, koji omogućava prenos EPSPS produkta u hloroplaste) i novostvorenog proizvoda gena EPSPS, koji nosi otpornost na glifosat RoundUp. NOS terminacioni element, terminše transkripciju (prepisanje unetog gena na iRNK). Kompletna ova DNK konstrukcija je "upucana" u ćelije soje mikročesticama, kao nosačima.

Genska konstrukcija koja je ugrađena u genetičku osnovu RoundUp Ready soje, čineći je otpornom na totalni herbicid, glifosat, RoundUp



Pri današnjem nivou GM tehnologije, nije moguće da se predvidi ni odredi stalno mesto ubacivanja transgena u genom domaćina. Gen se "upucava", ili rekombinuje sa vektora na sasvim slučajne pozicije u domaćinovom genomu. Poznato je da pozicija gena u genomu igra značajnu ulogu ne samo u njegovom delovanju, već i u delovanju okolnih gena. Promene koje potencijalno mogu da nastanu u dužem vremenskom periodu ne samo na transgenu, već i na okolnim genima i okolnoj DNK uopšte su sasvim van kontrole i domena predvidljivog.

Preciznost kojom se mikroprojektilima upucava ova genska konstrukcija se ne odnosi samo na sasvim neizvesnu poziciju himernog gena u genomu domaćina, već i na mogućnost rasprskavanja, delecija, ili duplikacija pojedinih delova genske konstrukcije. U slučaju RoundUp Ready soje, pored kompletne konstrukcije veličine 1365 bp, koja se pokazala funkcionalnom, na susednim pozicijama u genomu su se pojavila još dva nekompletna dela osnovnog gena genske konstrukcije veličine 250 bp i 72 bp. Promoter E35S, poreklom iz mozaik virusa karfiola, je tokom unošenja izgubio jedan svoj deo (delecija). I pored toga što je "utešno" da dva nepredviđena delića gena nisu imala nikakav efekat, a oštećeni promotor je bio funkcionalan (radio je), ipak ovaj primer ostaje kao svedočanstvo o preciznosti unošenja transgena i genskim promenama koje mogu da se dese, a da se navedena transgena soja, koja se pokazala funkcionalna na polju, širi u proizvodnji kao stabilan usev.

Stabilnost transgene transformacije i genoma

Prateći dokumenti koji idu uz transgene organizme, pre svega poljoprivredne kulture, deklarišu ove produkte kao stabilne u višegodišnjim ogledima. Ta stabilnost se odnosi kako na ponašanje insertovanog gena, tako i na genski produkt. Međutim, postoji i suprotno mišljenje naučnika, koji smatraju da ne postoje dokazi o stabilnosti, dobijeni u dugoročnijim ogledima i laboratorijskim analizama. Nestabilnost GM kultura se ogleda u blokiranju rada transgena, kao i gubitku dela, ili cele unešene genske konstrukcije čak u kasnijim generacijama umnožavanja. Nestabilnost se, takođe, ogleda u povećanim koncentracijama genskog produkta, preko predviđenih, što može da ima toksičan efekat, ili u produkciji toksičnog, ili alergenskog genskog produkta, različitog od onoga za koji je transgen početno insertovan. Primera tokom prošle decenije je bilo i za jedno i za drugo (duvan, pamuk, kvasac, brazilski oraščić).

Po insertovanju stranog gena u genom ćelije domaćina, potrebno je da se u laboratorijskim uslovima razvije organizam. Pojava somaklonalne varijacije je poznata u tehnikama razvijanja organizma kulturom ćelija, ili tkiva, koje se inače koriste i za dobijanje GMO iz inženjerovanih ćelija. Somaklonalna varijacija je vezana za retrotranspozone, aktivaciju pokretnih DNK elemenata, koji se ubacuju u strukturne gene izazivajući mutacije, ili prestrukturisanje gena. Ovaj tip genetičke nestabilnosti se javlja kada nisu u pitanju genetički inženjerovane ćelije, ali u slučaju genetičkih modifikacija somaklonalna varijacija se često javlja u većoj frekvenciji. Prema istraživanjima iz 2001., GM ječam se pokazao slabiji od konvencionalnog ječma u različitim ekološkim uslovima, kao posledica somaklonalne varijacije, pojačane genetičkom modifikacijom. Transpozoni, kao pokretni elementi u genomu, zavisno od pozicije menjaju efekat okolnih gena, čime direktno utiču na stabilnost genetičkog materijala. Njihov efekat u dobroj meri nije ispitan i njihova aktivacija eventualnim remećenjem genomske stabilnosti putem unošenja transgene konstrukcije može da ima nepredvidive posledice, uključujući i "extinction mutagenesis" tj. istrebljivačke mutacije koje mogu da dovedu do nestajanja organizama, odnosno vrsta pogotovu u svetu mikroorganizama, ali i šire od toga, uključujući i GM kulture.

O preciznosti kojom se mikroprojektilima upucava pojedina genska konstrukcija govori i to da je takva konstrukcija za otpornost na glifosate (herbicide) imala dve pozicije integracije u genomu domaćina – soje. Pored kompletne konstrukcije veličine 1365 bp, koja se pokazala funkcionalnom (šema konstrukcije je data u delu: "Kako se unose strani geni i šta je genski blok?"), na susednim pozicijama u genomu su se pojavila još dva nekompletna dela osnovnog gena genske konstrukcije veličine 250 bp i 72 bp. Promoter E35S, poreklom iz mozaik virusa karfiola, je tokom unošenja izgubio jedan svoj deo (delecija).

Odbrambeni mehanizmi ćelije kao faktori stabilnosti

Svaka ćelija, a time i organizam, nagle promene ustaljene genske strukture doživljava kao agresiju. U sasvim slobodnom poređenju, unošenje stranih genskih konstrukcija, koji naglo menjaju segment DNK domaćina možemo da uporedimo sa naglim, trenutnim mutacijama. Mutacije su nasledne promene koje se dešavaju u prirodi, bilo kao mikromutacije, tihe i postupne dugotrajne promene, ili kao makromutacije kada dolazi do krupnih promena na hromozomima (lomljenje, primera radi), što najčešće ima nepovoljne efekte na organizam.

Prva reakcija ćelije na promene genetičkog materijala je pokušaj isecanja tog dela DNK i obnavljanja stare DNK strukture enzimski visoko regulisanim procesima. Drugi nivo odbrane je blokiranje rada gena "uljeza" (metilacija). Ako gen nije isečen, onda se sprečava da proizvede svoj protein. Treći nivo odbrane je da se efekat gena, odnosno sam gen lagano i sporo menja.

Genetički inženjering je uspeo da prevaziđe prva dva "nivoa odbrane", tako da na sadašnjem nivou razvoja GM tehnologije, geni se manje-više uspešno ugrađuju u genom domaćina. Ugrađeni geni imaju i svoj efekat. Međutim, postavlja se pitanje stabilnosti tog materijala na duže staze. Takođe, može da se očekuje da vremenom dođe do menjanja insertovane genske konstrukcije. Ova promena, obzirom na poreklo i prirodu genske konstrukcije, je teško predvidljivog pravca.

Pri današnjem nivou GM tehnologije, nije moguće da se predvidi ni odredi stalno mesto ubacivanja transgena u genom domaćina. Gen se "upucava", ili rekombinuje sa vektora na sasvim slučajne pozicije u domaćinovom genomu. Poznato je da pozicija gena u genomu igra značajnu ulogu ne samo u njegovom delovanju, već i u delovanju okolnih gena. Promene koje potencijalno mogu da nastanu u dužem vremenskom periodu ne samo na transgenu, već i na okolnim genima i okolnoj DNK uopšte su sasvim van kontrole i domena predvidljivog.

Regulatorni regioni himernog gena - mogući izvor nestabilnosti

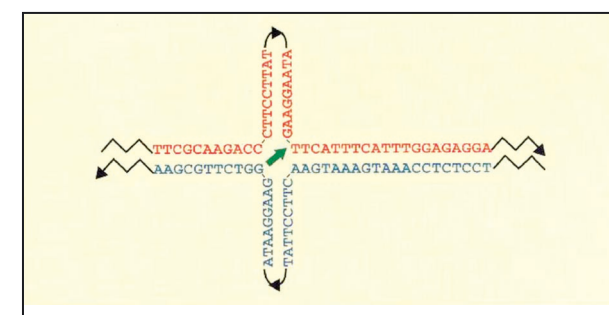
U većini slučajeva transgenih transformacija, za obezbeđenje rada unetog stranog gena korišćen promotor CaMV 35S iz mozaičnog virusa karfiola. Ovaj promotor je često korišćen u genetičkim modifikacijama, odnosno tehnologiji GMO uopšte. Deo naučne javnosti ima ozbiljne zamerke na njegovu upotrebu.

Mozaik-virus karfiola spada u grupu kolimovirusa. Ovi virusi se karakterišu ograničenim spektrom domaćina familije *Solanaceae* (*Cruciferae*). Međutim promotor koji je izolovan iz ovog virusa ima daleko veću agresivnost i funkcioniše u širokom spektru domaćina. Pitanje sigurnosti ovog promotora postavljeno je još po kreiranju prvog komercijalnog transgenog useva – paradajza FlavrSavr.

Postoji niz faktora koji utiču na ponašanje strane DNK, insertovane u biljni genom: pozicija u genomu, gde je inkorporacija izvršena, moguće promene genskog materijala putem rekombinacija, kao i aktiviranje odbrambenih mehanizama domaćina u cilju zaustavljanja aktivnosti DNK "uljeza". Promene DNK materijala obično nastaju u regionima sa takozvanim sekundarnim strukturama, kao što je CAMV 35S promotor, koji može da formira krstastu strukturu, koja dalje omogućava nekontrolisane rekombinacije genskog materijala (Slika 6.4).

Slika 6.4

Krstasta struktura koju može da formira CAMV 35S promotor (*John Innes Centre and Sainsbury Laboratory Annual Report, 1998/99*)



Prema rezultatima John Innes Centra (Engleska), CaMV promotor poseduje rekombinacionu "vruću tačku", mesto koje podložno lomljenju i ponovnom spajanju sa drugom DNK u genomu domaćina. Analogno takozvanom pleiotropnom efektu gena, gde jedan gen može da utiče na više osobina i jedan promotor može da pokreće rad više gena. Slično genomu čoveka i genom biljaka pored gena, sadrži i genetičko opterećenje, deo DNK koji nisu geni. Jedan deo tog materijala čine provirusi, virusi koji su inaktivni, retrotranspozoni – pokretni genski elementi, koji su tokom hiljada godina dospeli u biljni genom i tu izgubili mobilnost. Postoji mogućnost da genska konstrukcija koja se koristi za genetičku modifikaciju, a sadrži CaMV promotor uključi neke "uspavane" viruse, ili vrati mobilnost transpozonomima. Druga mogućnost na koju naučnici ukazuju je da CaMV promotor može da dovede do "utišavanja" gena, odnosno do njihovog isključivanja. Upotreba ovako moćnog promotera, koji dovodi do toga da je ekspresija transgena 2-3 puta jača od sopstvenih gena organizma, izaziva zabrinutost jer je autoniman od prirodno stabilizovanih regulatornih gena domaćina i može da deluje, sa neizvesnim ishodom, ne samo na gene na hromozomu gde je unešen, već i na gene na drugim hromozomima. CaMV promotor je aktivan u svim biljkama, delu mikroorganizama, pa i ekstraktima humanih ćelija. Na ovaj način se otvara mogućnost nekontrolisanog horizontalnog prenosa gena. Nukleinske kiseline, njihovi fragmenti, čine sastavni deo svakodnevne kontaminacije sredine, zato je potreban oprez, jer kontaminacija agresivnim DNK-polutantima može da dovede do ireverzibilnih promena (mutacija, rekombinacija).

Prethodno navedeno je u tesnoj vezi sa tokom gena u prirodi, gde se geni prenose *vertikalno*, sa generacije na generaciju, ukrštanjem roditelja, ali i *horizontalno* sa ćelije na ćeliju, odnosno genoma na genom ponekad nesrodnih vrsta. Horizontalni prenos gena omogućava da razmenu genetičkog materijala nesrodnih vrsta i obuhvata: konjugaciju (razmena genetičkog materijala ćelija koje su u kontaktu – priljubljene); transdukciju (genetički materijal se prenosi, iz organizma u organizam, putem infektivnih virusa); transformacija (ćelija direktno usvaja genetički materijal iz okolne sredine). Do pre desetak godina se mislilo da se horizontalni transfer gena odvija uglavnom u svetu mikroorganizama. Danas se zna da je ovaj put gena zastupljen u svom živom svetu uključujući i više organizme (biljke i životinje). Horizontalni prenos gena se smatra evolucionom kategorijom. U ovaj prirodan tok gena, se uključuju i transgene konstrukcije onog momenta kada izađu iz laboratorije u prirodnu sredinu.

DNK kontaminacija

Gola (slobodna) DNK je DNK koja je oslobođena proteinskog omotača laboratorijskim putem, ili izložena dejstvu prirodnih deterdženata, ili fenola u prirodi. Ova DNK može da bude transgene prirode, ili netransformisana. Delići DNK koji se nalaze u prirodnoj okolini su oslobođeni sekretima ili uginućem organizama, kao i iz raznog biološkog otpada. Veće koncentracije gole DNK se nalaze u zemljištu, sedimentima u vodi, u dodiru vode i vazduha, gde još uvek poseduje sposobnost transformisanja mikroorganizama. Sistem organa za varenje i usne šupljine sisara su sredine u kojima, takođe, mogu da se nađu fragmenti slobodne DNK. Mikroorganizmi u ovim organima, kao i ćelije samih sisara, mogu da preuzmu ovakve slobodne DNK segmente. Dugo se smatralo da DNK van svog proteinskog omotača i u uslovima prirodne sredine podleže brzom raspadanju. Na ovoj pretpostavci je građena i zakonska regulativa EU. Međutim, istraživanja su pokazala upravo suprotno. Gola virusna DNK je daleko virulentnija, nego u svom virusnom omotaču i ima mnogo veći spektar domaćina sa čijom DNK je u stanju da se rekombinuje. Istraživanja ukazuju da poluvreme degradacije DNK vezane za zemljišne čestice traje i do 28 časova, a u morskim sedimentima i do 10 dana. Genetički inženjerovan plazmid (DNK kružnog oblika), preživljava u rasponu od 6 do 25%, jedan čas posle izlaganja ljudskoj pljuvački. Prema rezultatima istraživanja naučnika, delimično razgrađen plazmid je još uvek sposoban da transformiše bakteriju *Streptococcus gordonii*, koja normalno živi u ustima i ždrelu ljudi. Šta više, ljudska pljuvačka podstiče sposobnost sopstvene mikroflore za transformaciju, odnosno genetičku promenu.

Slično kao i sa rekombinacijama DNK u digestivnom traktu sisara, dugo se smatralo da slobodna DNK ne može da se rekombinuje sa neoštećenom kožom i površinskim ranama. Međutim, od 1990., je poznato da gola DNK može da prodre kroz kožu. Naučnici su otkrili da već u periodu od nekoliko nedelja, DNK koja je klonirana iz humanih onkogeni i nanešena na netaknutu kožu leđa miša, izaziva pojavu

tumora u ćelijama endoteliuma oko krvnih sudova i limfnih čvorova. Virusna DNK, kojom su hranjeni miševi, je nađena u ćelijama leukocita, jetre i žuči inkorporisana u genom miša. Virusna DNK, kojom su hranjene skotne mišice, pronađena je u fetusima i mladim miševima, ukazujući da je ova DNK prošla i kroz placentu. Novija istraživanja u oblasti genske terapije pokazuju da gola DNK može da prodre skoro u svaku humanu ćeliju. Gola DNK može "uspešno" da bude usvojena čista, ili na lipozomima i drugim nosačima u aerosolu preko organa za disanje.

Navodeći dobijene eksperimentalne rezultate, treba da se ima u vidu da se svi mi u svakodnevnom životu susrećemo sa DNK kontaminacijom bez vidljivih posledica. U stvari pitanje je da li smo posledice u stanju da povežemo sa uzrokom, odnosno u kojoj meri nam današnja saznanja dozvoljavaju da neke bolesti, kao na primer pojedine oblike kancerogenih oboljenja, u nekim slučajevima povežemo sa DNK kontaminacijom. Takođe se postavlja pitanje kako bi se u genomu domaćina ponašale transgene konstrukcije, ako bi se kojim slučajem kao DNK fragmenti našle ugrađene u domaćinove hromosome. Ovakve DNK kontaminacije transgenima se do sada nisu pojavljivale, a sada su realnost. Realno je da se očekuje da se DNK iz GM organizama, koji se nalaze u slobodnom prostoru, oslobađa kako u zemlju, tako i u vodu i vazduh. Gola, slobodna, DNK iz GM organizama potencijalno može da bude veoma opasan zagađivač čovekove okoline. Ovakvi zagađivači se ne raspadaju, oni se ugrađuju u ćelije domaćina i tu se umnožavaju, menjaju i rekombinuju. Ovaj proces je sasvim nepovratan. Možemo da se složimo sa navodima autora, koji su se bavili ovim proučavanjima, da "posledice usvajanja strane slobodne, gole, DNK na mutagenezu i onkogenazu još nisu istražene."

Utvrđivanje prisustva himernog gena

Utvrđivanje prisustva introdukovanog stranog gena u genom domaćina je potreba, kako za proveru uspešnog transfera gena u samom postupku stvaranja funkcionalne transgene ćelije, a kasnije i organizma, tako i za ispitivanje radi razdvajanja GMO od ne-GMO organizama i proizvoda koji sadrže GM sastojke. Danas je moguće da se ustanovi većina poznatih i uobičajenih genetičkih modifikacija osnovnih poljoprivrednih kultura (kukuruz, soja, pamuk, paradajz, uljana repica itd.). Metodi praćenja promena genoma se zasnivaju na direktnom ispitivanju DNK, ili na otkrivanju proteinskog produkta specifičnog gena (Slika 6.5).

Kada se radi o metodima direktnog ispitivanja promena DNK najčešće se koristi PCR (Polymeraze Chain Reaction), odnosno lančana reakcija polimeraze. Ovim metodom je moguće da se utvrdi, zavisno od pristupa, prisustvo/odsustvo genske modifikacije (kvalitativni pristup), kao i udeo modifikovane DNK u ukupnoj DNK uzorka (kvantitativni pristup). Prednost direktnog ispitivanja DNK u odnosu na imunološke postupke (praćenje proteinskog produkta gena) je u većoj preciznosti i u mogućnosti ustanovljenja DNK modifikacije i u proizvodima koji su u tehnološkom postupku bili termički, ili hemijski obrađivani.

Slika 6.5

Direktno ispitivanje genske modifikacije DNK primenom PCR (levo) i elektroforeze (desno) (foto: B. Đukanović)



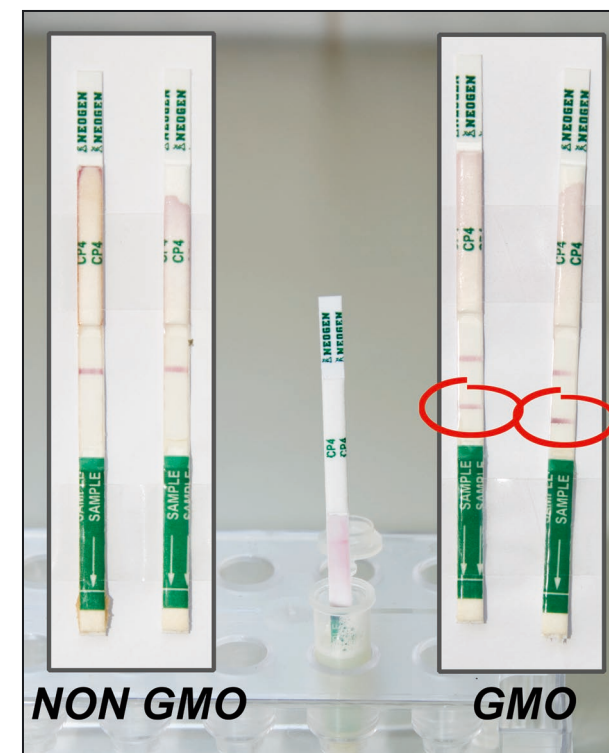
Pri utvrđivanju prisustva genske modifikacije metodom PCR, obično se utvrđuje prisustvo određenih DNK sekvenci (segmenata) koji su deo genske konstrukcije koja je inkorporisana u genom domaćina. Najčešće se radi o delovima najčešće korišćenog regulatornog gena u genskim transgenim konstrukcijama – CaMV 35S promotora, kao i NOS terminatora koji je, takođe, često korišćen u kreiranju GMO.

Molekularni genetičar Džon Fagan je 1996., razvio i razradio osetljive i precizne metode za utvrđivanje i kvantifikovanje GM. Genetička identifikacija (Genetic ID), koju je Fagan razvio je omogućila prehrambenoj industriji da razdvoji GM od ne-GM proizvoda i da odgovori na zahteve potrošača o pravu na izbor. Ovaj metod nudi trostruku PCR proveru i po licenci se koristi u mnogim zemljama sveta.

Pored laboratorijskih analiza koje koštaju 250-400\$ dostupni su i brzi testovi koji mogu da se primene i na licu mesta, van laboratorije uz manje troškova (5,75\$). Najčešće genske modifikacije, kao što su RoundUp Ready soja, ili Bt 11 kukuruz se utvrđuju u uzorku na osnovu proteinskog testa, tehnikom traka, za 3-5 minuta (Slika 6.6).

Slika 6.6

Brzo utvrđivanje prisustva genetičke modifikacije u poljoprivrednim kulturama metodom test traka (foto: B. Đukanović)



Zaokružena tračica ukazuje da je ispitivani uzorak sojinog zrna poreklom iz genetički modifikovane RoundUp Ready soje tolerantne na glifosat RoundUp.

Treba da se naglasi da brzi testovi pomoću traka nemaju onu specifičnu težinu i pouzdanost laboratorijskih PCR metoda. Test trake mogu da budu korišćene za grublje procene i svakako kombinovane sa testiranjem uzoraka u laboratoriji preciznijim metodima, ako je pouzdanost rezultata važna, ili se koriste za zvaničnu upotrebu. Mogućnost kvalitativnog i kvantitativnog utvrđivanja prisustva genetičkih modifikacija u poljoprivrednim proizvodima i hrani je višestruko značajna, jer stavlja tržište hrane i poljoprivrednih proizvoda pod kontrolu vladinih ustanova, nevladinih organizacija i pojedinaca. Ovim se omogućava obeležavanje i izbor proizvoda što je osnovno pravo kupca, odnosno potrošača.

Genetički determinizam i transgena tehnologija

Kada se razmatraju dostignuća, pa i samo postojanje moderne biotehnologije, neizbežno se pokreće niz pitanja, ne samo o tehnikama ove tehnologije, već i o potrebi njenog korišćenja, pa i mogućim opasnostima koje nosi. Ipak, ostaje osnovno pitanje: Šta je to što je delu ljudske rase dalo hrabrost da se umeša i menja najtananije kosmičke informacije, kao što je ishodna memorija postojanja?

Transgena tehnologija, ili tehnologija direktnog transfera gena iz organizma u organizam se razvila iz akumulisanog saznanja o nosiocima i mehanizmima nasleđivanja. Ovo se posebno odnosi na poslednjih pedesetak godina prošlog veka. Ovaj period je obeležilo snažno okretanje sveta nauke, u svom biološkom delu, u pravcu mikrosvemira ćelija, hromozoma i gena. Posledica su genetički modifikovani organizmi (GMO), koji su izašli iz laboratorije i od polovine prošle decenije krupnim koracima zakoračili na svetsko tržište, posebno proizvodnju i tržište poljoprivrednih proizvoda. Mnoga dotadašnja pravila etike, poljoprivredne proizvodnje, tržišta prehrambenih i nekih drugih proizvoda, kao i globalnog odnosa snaga u proizvodnji hrane su nepovratno počela da se menjaju. Međutim, GMO su doneli i sumnju ne samo u dostatnost kvantiteta naučnog saznanja koje bi omogućilo slobodnu manipulaciju genetičkim materijalom, već i sumnju u samu suštinu, u kvalitet tog saznanja. U pitanje je došla osnova shvatanja poruka koje nam donose saznanja o tokovima nasleđivanja. Shvatanje poruka spoznavanja nasleđivanja bioloških informacija se direktno odražava na slobodu manipulacije genima, formiranje tehnika koje se koriste za kreiranje rekombinantne DNK, kao i projektovanje posledica korišćenja tehnologije transgenih organizama. Projektovanje ovih posledica je veoma važno, jer promene koje donose GMO su nepovratne.

Kada se posmatra kumulacija shvatanja genetičkih procesa u poslednjih dve stotine godina može da se uoči svojevrstan genetički determinizam. Pre svega radi se o stavu da su geni predominantno nepromenljivi, odnosno da se menjaju manje-više slučajnim mutacijama, koje zatim kroz diplotensku i haplotensku selekciju bivaju priznate od strane prirode. To priznanje se ogleda u sposobnosti preživljavanja. One jedinice koje su igrom slučaja bolje adaptirane se favorizovanjem kroz reprodukciju šire, dok one koje nemaju prednosti se brže, ili sporije eliminišu iz populacije. Pri tome se geni tretiraju kao skoro sasvim pasivni objekti dešavanja promena (mutacija). Ovo je osnov darvinističkog shvatanja evolucije. Mendel je svojim učenjem, ne sporeći značaj tog učenja, znatno doprineo shvatanju da su geni statične kategorije sa malim i slučajnim udelom promena. Mendelovski odnosi razdvajanja u monohibridnom nasleđivanju, kao i drugim tipovima nasleđivanja, su zasnovani na shvatanju gena kao pojedinačnih (autonomnih) kategorija koje međusobno stupaju u ograničen broj odnosa, odnosno različite tipove jednostavnih intraalelnih i interalelnih interakcija (dominantno-recesivno, kodominantno itd.). Ovo znači da će isti geni (dominantni, recesivni, ili parcijalno dominantni) imati isti efekat bez obzira na različitu genetičku osnovu u kojoj mogu da se nađu tokovima prenosa nasledne informaciju.

Ovo učenje u dobrom delu razdvaja uticaj spoljne sredine od genske varijacije. Po tom učenju, akcija gena i efekat sredine se objedinjuju na nivou fenotipa, što se zasniva na stavu da geni i genomi ne mogu da se direktno menjaju, kao odgovor na efekte spoljne sredine. Da su se shvatanja u genetičkoj nauci menjala sporije od onoga što su rezultati eksperimenata nudili klasičan primer je otkriće transpozona, pokretnih genskih elemenata, čije je postojanje Barbara MekKlintok (Barbara McClintock) utvrdila i iznela genetičkoj naučnoj javnosti krajem 40-tih godina prošlog veka, tačnije 1950. Ne samo da njeno otkriće tada nije uvaženo, već je i sama bila izložena nepoverenju najvećeg dela naučne javnosti. Decenijama kasnije postojanje transpozona je potvrđeno i MekKlintok je dobila Nobelovu nagradu. Bilo je to 1983. Simptomatično je da se radilo upravo o otkriću koje je nagovestilo da je genski mikrokosmos veoma složen, sofisticovan, dinamičan i interaktivan sistem.

Ponašanje arhitekti i začetnika transgene tehnologije je najčešće direktna posledica genetičkog determinizma, koji određuje gene kao esenciju organizma. Podrazumevanje da je gen autonomna jedinica koja predominantno deluje samostalno i konstantno bez obzira ostalu genetičku osnovu, daje slobodu da se geni horizontalno prenose preko svih prirodnih barijera. Daje slobodu i da se transgeni inseruju u genom domaćina na mestima koja su sasvim van kontrole, odnosno slučajna. Štaviše, i da se sasvim neprecizno inseruju vektorskom bakterijskom DNK, ili čak „upucavaju” biolostičkim metodom koji rasprskava gen po genomu često oštećujući i sam himerni gen koji se inseruje (Palevitz, 2000). Prihvatanje dogme o genskoj individualnosti je osnov kreiranja himernih gena, odnosno genskih konstrukcija u kojima su kombinovani strukturni i regulatorni geni, takođe, sasvim taksonomski udaljenih organizama (Dimitrijević i Petrović, 2004). Sve ovo se prihvata ako eksperimenti pokažu da transgen u GMO funkcioniše i da se negativne posledice ne vide (USFDA, 2000).

Genomska DNK kao objekt genetičke manipulacije i eko-kontaminacija

Genomska (jedarna) DNK je od početka bila predmet genetičkih istraživanja i interesovanja. Razlog je svakako to što se najveći deo genetičke informacije ćelije, odnosno DNK nalazi u jedru. Jedarna DNK je najuočljivija i najdostupnija. Radovi Mendela su zasnovani na fenotipskim promenama koje su pripisivane akciji jedarnih gena. U skladu sa genetičkim determinizmom, shvatanjima procesa nasleđivanja, istraživanja nDNK (nuklearne DNK) su daleko kvantitativno i kvalitativno nadmašila istraživanja ostalih faktora nasleđivanja. Posledično, transgena tehnologija se zasniva na transformacijama u strukturi nDNK. Svi do sada kreirani GM organizmi su dobijeni insertovanjem himernih gena u jedro, odnosno u jedarnu DNK. Ovo se odnosi i na komercijalno korišćene GM poljoprivredne kulture. Jednom integrisane u genom domaćina, transgene konstrukcije se nalaze u svim ćelijama GM organizma, dele sa domaćinovom nDNK u gametogenezi i vertikalno prenose sa roditelja na potomstvo.

Ne ulazeći u detaljnija razmatranja svih pitanja koja su pokrenuta u globalnoj diskusiji o mestu i svrsishodnosti tehnologije rekombinantne DNK, osvrnućemo se samo na mogućnost eko-kontaminacije u domenu poljoprivredne proizvodnje. Polinacija daje šansu da se transgeni prenesu i na vrste koje nisu ciljane, odnosno da dođe do nekontrolisane genetičke modifikacije biljaka koje pripadaju istoj, ili srodnoj vrsti, one kulture koja je genetički modifikovana i gajena u polju. Ovaj rizik je posebno veliki u ishodnim centrima GM poljoprivrednih kultura koje obiluju lokalnim populacijama i spontanima srodnicima kultivisane vrste. Ireverzne promene koje bi se desile bi značajno uticale na biodiverzitet i na gubljenje važne konvencionalne genetičke varijabilnosti. Jednom oslobođene u prirodnu sredinu GM kulture postaju potencijalni eko-kontaminanti. Stranooplodne GM kulture su svakako rizičnija kategorija od samooplodnih, ali treba imati u vidu da se po definiciji samooplodnim kulturama smatraju one koje imaju manje od 4% stranooplodnje (Borojević, 1981). I najmanji procenat stranooplodnje čini samooplodne GM kulture rizičnom kategorijom sa aspekta ugrožavanja eko-sredine. Čak i prostorna izolacija GM kulture u polju ne mora da bude garant pune bezbednosti, imajući u vidu sve načine kojima polen može da se širi. Pored ugrožavanja konvencionalnog biodiverziteta, nekontrolisano oslobađanje himernog gena u životni prostor bi dovelo do promena selekcionih pritisaka u prirodnoj sredini i kreiranja „super patogena”, ili „super korova”, koji bi ne samo promenili ravnotežu u prirodnoj sredini, već stavili poljoprivrednu proizvodnju u nova iskušenja. Kontaminacija lokalnih populacija kukuruza u udaljenim predelima Meksika, transgenim kukuruzom je utvrđena probama CaMV 35S promotera (Quist i Chapela, 2001). Ovaj viralni promoter je najčešće korišćen u himernim transgenim konstrukcijama kao pokretač strukturnog transgena.

Vannuklearni nasledni elementi kao cilj transgene tehnologije

Vanjedarni geni, odnosno geni u citoplazmi spadaju u izuzetke, koji potvrđuju pravilo da se sve osobine ne nasleđuju jedarnim genima. Genetički determinizam ih je dugo držao van fokusa istraživanja naslednih procesa. Ovi izuzeci hromozomske teorije nasleđivanja ne podležu mendelovskim zakonima naslednosti. Kada se govori o ukupnom naslednom potencijalu ćelije, u ovom razmatranju pre svega biljne ćelije, onda se mora imati u vidu da je genetička informacija pored jedra organizovana i u organelama citoplazme – plastidima (hloroplastima) i mitohondrijama. Zajedničko za ove organele je da su odgovorne za konverziju energije u ćeliji pristupačne oblike i samostalno se umnožavaju. Zajedničko im je i pretpostavljeno poreklo od individualnih bakterija koje su se u simbiotskom odnosu inkorporisale u citoplazmu primitivnih ćelija i nastavile da žive kao deo njih. Svoj prvobitni genski fond su delimično integrisale u genom (nDNK) domaćina, a delom zadržale. Otuda pored autonomnog nasleđivanja, gde se ispoljava upadljiv materinski efekat, neki proteini se dobijaju zajedničkim delovanjem nuklearnih i vannuklearnih gena, dok je nasleđivanje pojed-

inih proteina citoplazmatičnih organela vezano isključivo za jedro. DNK mitohondrija (mtDNK) i hloroplasta (ctDNK) su u čistoj formi, odnosno ne pojavljuju se u asocijaciji sa proteinima kao nDNK, tako da nemaju nikakve sličnosti sa hromozomima. Količina ctDNK i mtDNK je znatno manja nego nDNK, međutim imajući u vidu da se mitohondrije i hloroplasti pojavljuju u ćeliji u većem broju, broj kopija ovih DNK se znatno uvećava. U zreloom plastidu ćelije ctDNK se javlja u oko 300 kopija. U ćelijama mezofila zrelog lista pšenice se prosečno nalazi oko 160 hloroplasta. Ovo znači da može da bude oko 48000 „hromozoma” hloroplasta po ćeliji mezofila. Primera radi, „hromozom hloroplasta” biljne ćelije ima i do 155000bp (Jones i Karp, 1986). Mitohondrijalna DNK čoveka ima 5-10 DNK prstena, koji nose 16500bp sa 37 gena. Haploidna ćelija kvasca ima i do 50 malih kružnih „hromozoma” u svakoj mitohondriji. U ćelijama eukariota, ribozomi hloroplasta i mitohondrija su manji od citoplazmatičnih ribozoma i više odgovaraju tipu ribozoma prokariota, odnosno bakterija. Po prirodi razmnožavanja plastidi i mitohondrije ctDNK i mtDNK se malo menjaju iz generacije u generaciju, za razliku od nDNK koja se 50% menja po ciklusu vertikalnog prenosa gena.

Problemi koje nose tradicionalni metodi transformacije nDNK, kao i proširenje saznanja o naslednim procesima koje je donelo iskustvo istraživanja vezanih za transgeni tehnologiju u izvesnoj meri je promenilo mnoga načela genetičkog determinizma. Pre svega, shvatanje o složenosti puteva nasleđivanja i posledično povećano interesovanje za DNK citoplazme. Povećana plodnost usled većeg broja hloroplasta u ćeliji, kao i odsustvo pozicionog efekta i mehanizama „utišavanja gena”, dovodi do neočekivano visokog nivoa ekspresije transgena (Vantini i sar., 2003). Transformacija ctDNK se smatra perspektivnim postupkom, posebno u kreiranju GM poljoprivrednih kultura, kao što su paradajz, krompir, duvan, kukuruz, pšenica, pirinač, *Solanaceae* itd. Ciljne osobine transgene transformacije i ovde su otpornost na insekte i totalne herbicide, koje su se pokazale komercijalno najisplativijim u dosadašnjem plasmanu tradicionalno dobijenih GMO. Postupak inženjeringa ctDNK, prema preliminarnim rezultatima, pruža mogućnost i za dobijanja biljaka sa izuzetno velikim sadržajem rastvorljivih proteina (Askari, 2004). Ono na čemu, međutim, pobornici korišćenja plastida u transgenim insercijama najviše insistiraju je povećana ekološka bezbednost. Prilikom dvostruke oplodnje angiosperma, u embrionalnu kesu prodiru generativna jedra, tako da je, po oplodnji, citoplazma embriona isključivo majčina (jajne ćelije). Isto važi i za oplodnju sekundarnog jedra iz čega proizilazi endosperm. Tako su hloroplasti ćelija oca isključeni iz vertikalnog prenosa gena. Na ovaj način se onemogućava prenošenje transgena na kultivisane, ili spontane srodnike i u ovom delu se smanjuje opasnost ugrožavanja biodiverziteta nekontrolisanim širenjem transgena iz GM kulture. Pri ovome treba napomenuti i da humane ćelije nemaju plastide. Iz sličnih razloga se ispituju i mogućnosti genskih transformacija mtDNK. Smatra se da bi genske promene u mtDNA pomogle u dobijanju muški sterilnih linija i kod onih poljoprivrednih kultura gde muška sterilnost nije nađena u srodnim spontanima populacijama. Ovim bi se u mnogome olakšalo i pojeftinilo dobijanje hibrida kod stranooplodnih biljaka, gde ne postoji konvencionalan način dobijanja muški

sterilnih linija. Iako se mogućnost transgenih transformacija mitohondrija razmatra u poslednjih nekoliko godina, do realizacije ovog koncepta kod biljaka postoji put koji treba da prevaziđe kompleksne procese transkripcije i translacije mitohondrijalnih gena, razvijanje laboratorijskih tehnika i dobijanje pogodnih obeleživača uspele transformacije (Araya i sar., 1998; Farré i Araya, 2001).

Mnogi stavovi su se poslednjih decenija promenili. Neki od stavova su bili na nivou dogme, kao centralna dogma DNK ---> RNK ---> protein. Reverznom transkripcijom ovaj tok dobija i suprotan smer te genetička informacija može da putuje sa RNK na DNK. Sinteza pojedinih proteina, takođe, odstupa od ovako pojednostavljene dogme. Dovođenjem u pitanje genetičkog determinizma na kome se zasniva komercijalna transgena tehnologija, menja se sam osnov moderne biotehnologije u svom vulgarizovanom obliku. Hiljadugodišnja bioinformacija povezuje organizam sa univerzumom i komplikovana je i dinamična kao i on sam. Hiljade gena se javljaju u sistemu, gde svaki gen može da ima veliki broj varijanti, koje mogu u sadejstvu sa genetičkom osnovom i interakcijom sa širom sredinom da daju iste, ili različite efekte. Isti gen može različito da se ponaša od individue do individue zavisno od genetičke osnove i varijacije sredine. Epistaza, uticaj gena na druge nesrodne gene, ili pleiotropni efekat, gde proteinski produkt gena utiče na različite osobine, transpozoni koji menjaju poziciju, menjajući svoj efekt, kao i efekt okolnih gena upućuju da nijedan gen ne radi samostalno i u izolaciji. Hiljade enzima koje genski sistem produkuje učestvuje u hiljadama metaboličkih procesa koji podržavaju i čine život. Ovo su samo nagoveštaji komplikovanosti sistema u koji transgena tehnologija, za sada grubo, ulazi. Genetička istraživanja koja su prethodila, ili idu uz transgenu tehnologiju, napreduju pokušavajući da usavrše proces manipulacije genima. Prekasno je i pitanje je da li je potrebno da se Pandorina kutija genske manipulacije tehnikama rekombinantne DNK zatvori. Ova tehnologija je tu da ostane. Manipulacija ekstranuklearnom DNK je pokušaj da se tehnologija učini prihvatljivijom za tržište, ali i put saznanja o tokovima naslednosti, koji utire put Novoj genetici.

Degeneracija sorte – moguć problem u korišćenju transgenih biljaka u proizvodnji

Konvencionalno oplemenjivanje biljaka je suočeno sa problemom „degeneracije sorte”. Ovaj problem proizilazi iz neumitnih promena genotipa biljke, promena u okolnoj sredini, što podrazumeva ne samo abiotičke, već i biotičke faktore. Poznato je da po dobijanju konvencionalno genetički otpornih sorti na patogene, ovi vremenom reaguju mutirajući u nove rase na koje sorte nema otpornost. Posledica degeneracije je da sorta ima „rok trajanja” i da oplemenjivački programi moraju stalno da obnavljaju sortiment ponuđen proizvođaču.

Transgene sorte obično nisu najnovije i najproduktivnije sorte. Transgena sorta predstavlja zapravo konvencionalno dobijenu sortu na kojoj je izvršena intervencija

i insertovan željeni gen. S obzirom na to da postupak insercije, regeneracija biljaka, a zatim testiranja transgene biljke i umnožavanje semena do količina potrebnih na tržištu traži određeno vreme, jasno je da će klasični programi oplemenjivanja u međuvremenu da izbace na tržište nove, kvalitetnije i prinosnije sorte. Time se razbija mit da su *a priori* GM sorte prinosnije od konvencionalnih. Takođe, GM sorte, kao i konvencionalne imaju svoj period komercijalizacije, jer dolazi do degeneracije ostalih gena u genomu van transgena (pod pretpostavkom da ostane postojan).

Transgeni genotipovi, dakle, dodatno komplikuju ionako složen postupak oplemenjivanja. Dobitak u povećanoj otpornosti na patogene, ili rezistentnosti na totalne herbicide postignut genskom modifikacijom u jednom, ili manjem broju lokusa, može da dovede do pojave drugih problema, utičući na ukupan genom. Ovi problemi mogu da proisteknu iz supresovane aktivnosti, ili hiper aktivacije neciljnih gena, promena nivoa proteinskih produkata neciljnih gena i posledično metaboličkih promena, što može da dovede do ponašanja GM kulture u širokoj proizvodnji na način koji inicijalno nije projektovan (povećana potreba za hranivima, drastično oslabljena otpornost na sušu i druge stresne i limitirajuće uslove poljoprivredne proizvodnje). Ovo može da kompromituje i modele za projektovanje i procenu prinosa useva, jer otežava mogućnost procene interakcije genotipa i spoljne sredine, kao i sam realizovan prinos GMO kultra.

Umesto zaključka

Nepodeljeno je mišljenje da je u razvoju genetičkog inženjeringa čovek prevazišao nivo moći i mogućnosti i dosegao nivo htenja i moralne odgovornosti. Iako se učesnici debate ne slažu o jačini i vrsti uticaja GMO, nesporno je da je transgena tehnologija unela promenu i nov "kvalitet" u živote ljudi. U nekim sredinama ovaj uticaj se više oseća i postao je deo svakodnevnog života, u drugim je za sada neprimetan i ljudi ga još uvek nisu svesni.

Bilo kako bilo, tehnologija transgenih organizama je tu i nije moguće da se ignoriše, niti eliminiše. Za genetičare je to novi izazov u izučavanju mehanizama nasleđivanja i pomeranja granica u manipulaciji genima. Za oplemenjivače, mogućnost unošenja poželjnih gena bez opterećenja drugim nepoželjnim genima, što je teško izbeći klasičnom hibridizacijom, ili hromozomskim inženjeringom. Za manji broj multinacionalnih kompanija je to izvor velike zarade. Za pojedine zemlje, sredstvo stavljanja pod kontrolu strateški važne proizvodnje hrane na svetskom nivou. Za ekologe i potrošače, izvor zabrinutosti za našu životnu sredinu i zdravlje ljudi. Treba reći da se radi o tehnologiji koja je, ipak, još u povoju. To znači da je sama tehnologija još nedorađena, ili kako se to često kaže "prljava". Sasvim je sigurno da će biotehnologija u modernom smislu vremenom da se usavršava i da postaje sve sofisticovanija. Drugo je pitanje upotrebe, ili zloupotrebe, čime su opterećena sva dostignuća ljudskog uma. Pitanje je, takođe, da li proizvodi ovako nesavršene tehnologije treba tako agresivno i u masi da se plasiraju na tržište.

Na kraju ostaju pitanja: Da li je transgena tehnologija u poljoprivredi u ovom trenutku potrebna? Da li su mogućnosti korišćenja prirodne genetičke varijabilnosti iscrpljene? Da li rizici opravdavaju upotrebu GMO? Da li se radi o još jednom mitu multinacionalnih kompanija, geo-politike pojedinih centara moći i Novog svetskog poretka u cilju ostvarenja dugoročnih ekonomskih i strateških ciljeva? Da li možemo bez GMO?

IZVOD

Genetičke modifikacije (GM), su posledica svesnog, ciljnog i delimično kontrolisanog postupka insercije gena. Za razliku od hibridizacije koja se zasniva na vertikalnom transferu gena i rekombinaciji ukupnih roditeljskih genoma, genski inženjering se zasniva na horizontalnom transferu gena i inserciji jednog, ili par himernih gena. Donor gena i organizam domaćin, pri tom, mogu da budu sasvim taksonomski nesrodni. Soja je, kako se pokazalo, poljoprivredna kultura gde su GM našle najširu primenu, ne toliko kvalitativno, već pre svega kvantitativno. Uglavnom je u pitanju GM na otpornost na totalne herbicide. U tekstu je razmatrana osnova genskog inženjeringa, tehnike i posledice kod soje, ali i šire.

Araya, A., Zabaleta, E., Blanc, Valérie., Bégu, Dominique, Hernould, M., Mouras, A., Litvak, S. (1998): RNA editing in plant mitochondria, cytoplasmic male sterility and plant breeding. *EJB Electronic Journal of Biotechnology*. <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol1/issue1/full/4/bip/>

Askari, F. (2004): Faith in chloroplast transformation. <http://www.biospectrumindia.com/>

Borojević, S (1981): Principi i metodi oplemenjivanja bilja. Izd. R.U. „Radivoj Ćirpanov“, Novi Sad.

Dimitrijević, M., Petrović, Sofija (2004): Genetički modifikovani organizmi – Pitanja i dileme. Izd. Zelena mreža Vojvodine, Novi Sad.

Farré, J-C., Araya, A. (2001): Gene expression in isolated plant mitochondria: high fidelity of transcription, splicing and editing of a transgene product in electroporated organelles. <http://nar.oupjournals.org/cgi/content/full/29/12/>

Ho, Mae-Wan (1998): Genetic Engineering

AGBIOS Inc., Essential Biosafety, vol. 1., no. 1, nov. 2001.

Borojević, S., Borojević, Katarina: Genetika. Izd. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1976.

Borojević, S.: Principi i metodi oplemenjivanja bilja. Izd. R.U. „Radivoj Ćirpanov“, Novi Sad, 1981.

Dimitrijević, M.: Genetički modifikovane biljke u povrtarstvu. Savremeni povrtar, br. 1, str. 54-55, 2002.

CITIRANA LITERATURA

Drean or Nightmare? The Brave New World of Bad Science and Big Business. Publ. Gateway Books, The Hollies, Wellow, Bath BA2 8QJ, UK.

Jones, R. N., and Karp, A. (1986): *Introducing Genetics*. Pub. John Murray, 122-125.

Palevitz, B. A. (2000): DNA Surprise: Monsanto discovers extra sequences in its Roundup Ready soybeans. *The Scientist*, Vol. 14[15]:20.

Quist, D., and Chapela, I.H. (2001): Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature*, 414, 541-3.

USFDA (2000): Biotechnology Consultation Note to the File BNF No. 000071. October 9, <http://vm.cfsan.fda.gov/>

Vantini, F., Govoni, C., Cattivelli, L., Gastaldelli, M., Tacconi, G., Bassi, R. (2003): Vector Family for Efficient Targeting of Foreign Genes to Tomato Chloroplasts DNA. *Proceedings of the XLVII Italian Society of Agricultural Genetics - SIGA Annual Congress 24/27 September Verona, Italy*.

KORIŠĆENA LITERATURA

Dimitrijević, M.: Još malo o GMO. *Savremeni povrtar*, br. 5, str. 52-53, 2003.

Gustafson, J. P., Appels, R.: *Chromosome Structure and Function*. *Stadler Genetics Symposia Series*. Pub. Plenum Press, New York, 1988.

Gustafson, J.P.: *Gene Manipulation in Plant Improvement II*. 19 *Stadler Genetic Symposium*. Plenum Press, New York, 1990.

Gustafson, J. P., Appels, R., and Raven, P.: Gene Conservation and Exploitation. 20th Stadler Genetic Symposium. Plenum Press, New York, 1993.

Ho, Mae-Wan, Steinbrecher, A. Ricarda: Fatal Flaws in Food Safety Assessment: Critique of the Joint FAO/WHO Biotechnology & Food Safety Report. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 1, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 1999.

Ho, Mae-Wan: Horizontal Gene Transfer – The Hidden Hazards of Genetic Engineering. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 4, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 2001.

Ho, Mae-Wan, Ryan, Angela, Cummings, J., Traavik, T.: Slipping Through the Regulatory Net: 'Naked' and 'free' nucleic acids. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 5, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 2001.

Jošt, M.: Genetičko inženjerstvo – nade i promašaji. Agronomski glasnik, 5-6, 1999. (štampano srpnja 2000.)

Jošt, M.: Globalizacija i ekonomski problemi: globalizacija i patent na život. Okrugli stol Globalizacija i nacionalna država, Inst. Društvenih znanosti Ivo Pilar, 8. ožujka 2000.

Jošt, M.: Zašto je genetičko inženjerstvo opasno po čovjeka i okoliš. Simpozij povodom 40. obljetnice djelovanja Akademije medicinskih znanosti Hrvatske. Genetički preinačena hrana – zdravstveni rizik Da ili NE, Zagreb, 28. studeni 2001.

Jošt, M.: Znanost i poljoprivreda. Bioetika i znanost u novoj epohi, Mali Lošinj, 24-26. rujna 2001.

Kellyn S. Bett: Growing Evidence of widespread GMO contamination. Environmental News, vol. 33, iss. 23, pp. 484A-485A, 1999.

Kellyn S. Bett: Mounting Evidence of Genetic Pollution from GE Crops Growing Evidence of Widespread Contamination. Journal of Environmental Science and Technology, <http://www.organicconsumers.org/ge/gepollution.cfm>, 1999.

Kosuge, T., Meredith, P. Carole, and Hollander, A.: Genetic Engineering of Plants. An Agricultural Perspective. Pub. Plenum Press, New York, 1983.

Kruszewska, Iza: Is the Market driving GMOs out of the region? The Situation with Genetically Modified Organisms in Slovenia, Croatia and Serbia & Montenegro. Publ. Zelena akcija/FoE Croatia, October, 2003.

Maksimović, Vesna, Brkljačić, Jelena: Primena metode PCR u detekciji, identifikaciji i kvantifikaciji genetičke modifikacije u biljnom materijalu i hrani biljnog porekla. Teorijski i praktičan kurs. IMGGI, Beograd, 20-24. maj 2002.

Noss, R.: Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. Conservation Biology 4(4), pp. 355-364. 1990.

Old, R.W., Primrose, S.B.: Principles of Gene Manipulation (an introduction to genetic engineering) 3rd edition. Blackwell Scientific Publications Ltd., London, U.K., University Press, Cambridge, Great Britain, 1985.

Orton, Liz: GM crops – going against the grain. <http://www.actionaid.org>, May 2003.

Primrose, S.B., and Twyman, R.M.: Principles of Gene Manipulation and Genomics/7th Ed., Blackwell Publ., 2006.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity. Montreal, 2000. <http://www.biodiv.org>

Smith, J: "New Study Finds 'Strip' Test Unreliable for Genetically Modified Crops". Consumer Choice, http://www.biotech-info.net/strip_tests.html, 2001.

Stent, G.S., Calendar, R.: Molecular Genetics (an introductory narrative) 2nd edition, W.H. Freeman and Company, San Francisco, U.S.A., 1978.

Tappeser, Beatrix, Jäger, Manuela, Eckelkamp, Claudia: Survival, Persistence, Transfer, An update on current knowledge on GMOs and the fate of their recombinant DNA. TWN Biotechnology & Biosafety Series, 3, Publ. Third World Network, Penang, Malaysia, 1999.

Watson, J.D.: Molecular Biology of the Gene, 3rd edition, W.A. Benjamin Inc., Menlo Park, California, U.S.A., 1977.

ODNOS SOJE PREMA ELEMENTIMA SPOLJAŠNJE SREDINE

Petar Sekulić, Igor Kurjački

ODNOS SOJE PREMA ELEMENTIMA KLIME

Soja je poreklom iz istočne Azije, tj. severoistočne Kine gde se gajila još pre 5000 godina (Jevtić, 1992). U toku XV-XVI veka soja je uneta u Indoneziju, Filipine, Vijetnam, Tajland, Maleziju, Burmu, Nepal i severnu Indiju (Hymowitz, 1988). Prema istom autoru tu su se razvile lokalne populacije, te taj region predstavlja sekundarni gen centar porekla soje. U sekundarnom gen centru vlada monsunska klima koja se karakteriše velikom količinom padavina i visokom temperaturom.

Van postojbine soja je relativno mlada kultura. Na većim površinama u Evropi, SAD i Južnoj Americi proširila se tek početkom dvadesetog veka. Iz tih razloga soja koja je gajena u monsunskoj klimi prilagođena je većoj količini padavina i nešto višoj temperaturi i uslovima kratkog dana.

Intenzivnijim gajenjem počela je selekcija soje tako da danas postoji veliki broj sorti koje su prilagođene na različite klimatske i zemljišne uslove.

Život na Zemlji se održava zahvaljujući Sunčevom zračenju. Sunčevi zraci koji stignu do biosfere transformišu se u njoj u hemijsku energiju. Biljke koje imaju hlorofil sposobne su da energiju iz elektromagnetnih talasa pretoče u latentnu hemijsku energiju organskih jedinjenja.

Sunčevo zračenje koje dospe do Zemlje omogućava kruženje energije, reguliše toplotni i vodni bilans, utiče na formiranje toplotnih pojaseva, odnosno klime na Zemlji. Klima ima veliki uticaj na rast i razvoj biljaka. Na klimu čovek najmanje može da utiče, pa se elementi klime (vazduh, svetlost, toplota, voda) zato vrlo često javljaju kao ograničavajući faktor u biljnoj proizvodnji.

Svetlost i toplota su uglavnom kosmičkog porekla, a voda i vazduh atmosferskog porekla.

Vazduh

Vazduh kao ekološki činilac deluje na biljke svojim sastavom i kretanjem. Vazduh je mešavina različitih gasova, prilično ujednačenog sastava nezavisno od geografske širine. Apsolutno suv vazduh izraženo u volumnim procentima sadrži:

Azota	78,08%
Kiseonika	20,95%
Argona	0,93%
Ugljen dioksida	0,03%

U preostalih 0,01% nalaze se svi ostali gasovi (vodonik, neon, ksenon, radon, kripton, helijum, ozon, metan, amonijak, i dr.), razna strana tela (prah, pepeo, spore, bakterije, polen), i uvek određena količina vodene pare.

Najvažniji sastojci vazduha za biljnu proizvodnju su kiseonik, azot i ugljen-dioksid.

Azot u elementarnom stanju je inertan gas i biljke u tom obliku ne mogu da ga koriste. Elementarni azot postaje pristupačan biljkama kada usled električnih pražnjenja u atmosferi dolazi do stvaranja azotnih oksida koji padavinama dospevaju na zemlju. Količine tako unetog azota u zemljište su u umerenom pojasu 8-15 kg/ha, a u žarkom toplotnom pojasu i do 100 kg/ha.

Soja je veliki potrošač azota, u nadzemnim delovima soja sadrži 1,5-1,6% azota, a u zrnu 6,5-7%.

Leguminozne biljke, među kojima je i soja, su sposobne da u zajednici sa bakterijama iz rodova *Rhizobium* i *Bradyrhizobium*, formiraju kvržice na korenu i u simbiozi elementarni azot (N_2) prevedu u amonijum jon (NH_4^+). Ovo je veoma važan proces ne samo za leguminozne biljke već i za sva ostala živa bića na zemlji.

U ostvarenom simbiotskom odnosu soje i bakterija, biljka soje obezbeđuje neophodne ugljene hidrate kao izvor energije, kojom bakterije prevode inertni N_2 u NH_4^+ jon, koji se zatim neutralizuje karbonskim kiselinama iz krebsovog ciklusa i stvaraju se amino kiseline. Na taj način ustvari bakterija obezbeđuje biljku soje potrebnim količinama azota za biljnu sintezu amino kiselina, odnosno proteina.

Soja je sposobna da simbiotskom azotofiksacijom veže velike količine azota. Enkina 2005. godine navodi da je soja u višegodišnjem ogledu (1985-1987) u različitim varijantama đubrenja u proseku fiksirala 137,7-167,6 kg/ha azota. Do sličnih rezultata došli su i Vera Milić i sar. (1998) koji navode da je soja azotofiksacijom na černozeu u Vojvodini fiksirala 151,3 kg/ha azota. Količine azota koje dospevaju u zemljište putem slobodne azotofiksacije su znatno manje i kreću se 5-20 kg/ha.

Kiseonik je elemenat neophodan biljkama i životinjama u procesu disanja. Potreban je i aerobnim mikroorganizmima za njihov razvoj.

Sadržaj kiseonika u vazduhu u prizemnim slojevima atmosfere je stabilan i nadzemni delovi biljaka uvek imaju dovoljne količine kiseonika za disanje.

Do nedostatka kiseonika može doći u zemljištu. Biljkama je kiseonik potreban za disanje korena. Usled vodoleža, kada je zemljište jako sabijeno, može doći u zemljišnom vazduhu do smanjenja sadržaja kiseonika, što može izazvati uginuće biljaka usled gušenja korena.

Soja traži aerisano zemljište. Najniži sadržaj vazduha u zemljištu koji soja može da podnese je 9% vol., a optimalna obezbeđenost vazduhom korena soje je kad je 15-22% vol. (Konova i Hristov, 1975). Po istim autorima najbolji vodnovazdušni režim imaju zemljišta sa ukupnom poroznošću 55-60%, kada su kapilarne pore ispunjene vodom, a nekapilarne vazduhom. Vazduh nije potreban toliko za disanje korena već za život simbiotskih bakterija, koje vezuju atmosferski azot iz vazduha.

Soja kao biljka može izdržati i niski sadržaj kiseonika u zemljištu (1,5% vol.). Tu sposobnost soja ima zahvaljujući mogućnosti da uzima kiseonik iz nitratnog jona u korenu (Norman i sar., 1970. citirano po Baranovu, 2005). Isti autori navode da je zahvaljujući toj osobini soja sposobna da preživi i nekoliko dana bez vazduha u zemljištu u vreme ležanja vode na površini.

Ugljen-dioksid je biljkama neophodan u procesu fotosinteze. On se u vazduhu nalazi u srazmerno malim količinama, svega 0,03%, ali je njegov značaj ogroman jer je to glavni izvor biljkama za stvaranje organske materije.

U poslednjih dva i po veka, zbog sagorevanja fosilnih goriva, drveta, smanjenja površina pod šumama i obrade zemljišta dolazi do stalnog povećavanja sadržaja ugljen-dioksida. Prema Keeling-u i sar. (1995) od industrijske revolucije (1750) do 1980. god. sadržaj ugljen-dioksida se povećao sa 0,028% na 0,034%. Time je ugljen-dioksid postao zagađivač atmosfere, jer je doprineo pojačanju efekta „staklene bašte”, a istovremeno povećanjem sadržaja ugljen-dioksida moguća je intenzivnija fotosinteza i veći prinosi.

Pored ugljen-dioksida jedan od značajnih zagađivača je sumpor-dioksid. Sagorevanjem fosilnih goriva, topljenjem ruda, loženjem u domaćinstvima, spaljivanjem šuma, dolazi do otpuštanja velike količine sumpordioksida koji se u atmosferi vezuje sa vodom i putem kiselih kiša dospeva na zemljište. Kisele kiše izazivaju promene pH vrednosti zemljišta i direktno vrše ožegotine na manje otpornim biljkama kao što su četinari, lišajevi i izazivaju propadanje šuma u okolini industrijskih centara gde ima značajnih količina sumpor-dioksida.

Pored navedenih gasova, u atmosferi ima puno drugih više ili manje štetnih gasova, čestica prašine, teških metala i dr., koji takođe mogu da imaju uticaj na biljke.

Vazduh se stalno kreće. Kretanje vazduha naziva se vetar. Vetar je posledica

različitog vazdušnog pritiska, koji nastaje zbog različitiog zagrevanja pojedinih delova zemljine lopte. Najviše se zagrevaju mesta oko ekvatora, a najmanje oko polova. Iz tog razloga vazduh koji je topao oko ekvatora diže se i kroz gornje slojeve atmosfere se kreće ka polovima, dok hladan i teži vazduh od polova u donjim slojevima atmosfere struji ka ekvatoru. Takvo ujednačeno i stalno kretanje vazduha remete rotacija zemljine kugle, i različito zagrevanje i hlađenje kopna i mora, kao i raspored kopnenih i vodenih masa na Zemlji.

Vetar na biljke može da deluje direktno i indirektno. Direktnim delovanjem vetra meša se sloj vazduha oko lista što omogućava bolju razmenu gasova i povećava fotosintezu i disanje. Kretanje vazduha izaziva i povećanje transpiracije, a time i hlađenje biljke. Vetar potpomaže oprašivanje stranooplodnih biljaka, raznošenje semena i plodova.

Slab vetar brzine do pet metara u sekundi je koristan za poljoprivredu i naziva se povetarac. Vetar jači od pet metara u sekundi je obično štetan za poljoprivredu.

Soja je biljka koja je osetljiva na jače vetrove, naročito ako se seje u gušćem sklopu. Jači vetar izaziva lomljenje listova, opadanje cvetova i mladih mahuna i može izazvati poleganje useva što u velikoj meri može smanjiti prinos.

Od nepovoljnog dejstva vetra može se u umerenom pojasu uspešno braniti poljozaštitnim šumskim pojasevima. Oni smanjuju udarnu snagu vetra, sprečavaju eolsku eroziju i povećavaju relativnu vlažnost vazduha što pozitivno deluje na kulturne biljke.

Svetlost

Svetlost je deo elektromagnetnog zračenja koje od Sunca dopire do Zemlje. Ona spada u primarne vegetacione činioce jer utiče i na rast i na razviće kod biljaka.

Na suncu se usled nuklearnih reakcija oslobađa velika količina energije. Deo te energije putem elektromagnetnih talasa dopire do Zemlje. Na slici br. 7.1. je prikazano elektromagnetno zračenje Sunca.

List soje najbolje absorbuje svetlost plavo-ljubičastih zraka talasne dužine 400-500 nm (oko 95%), zatim crveno-narandžaste talasne dužine 600-700 nm (oko 90%), a svetlost ostalih talasnih dužina oko 60% (Vratarić i Sudarić, 2007).

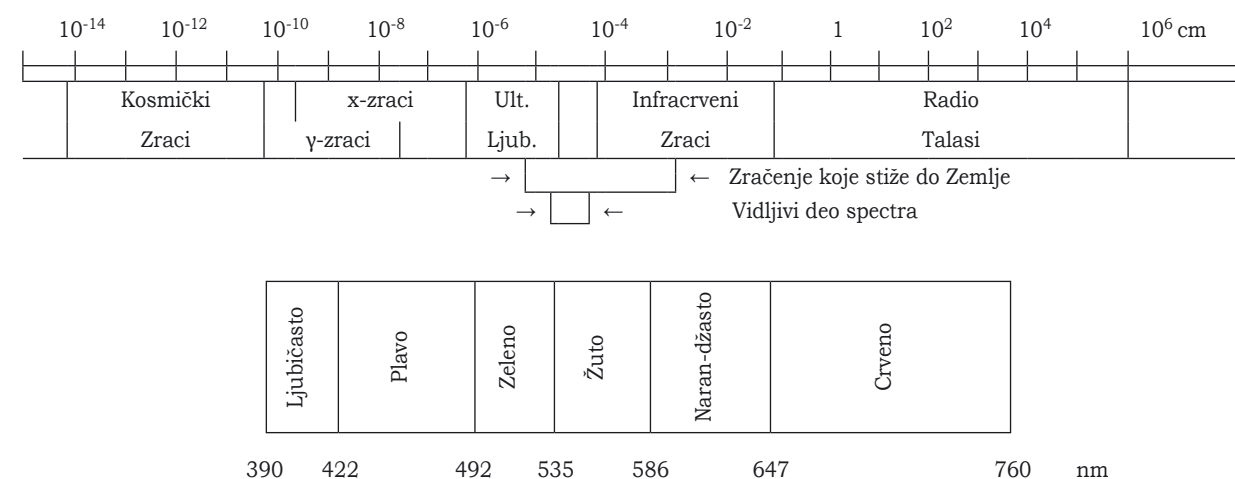
Soja je biljka C₃ tipa fotosinteze, kod koje se maksimalno zasićenje svetlom dostigne pri relativno niskim vrednostima svetlosti, zavisno od sadržaja CO₂ u vazduhu i uslovima osvetljenosti u fazama rasta (Planchon, 1986). Do sličnih podataka su došli i Bohning i Burnside (1956) koji su izmerili maksimum fotosinteze pri svetlosti 23672 luxa.

Prema Molnaru (1987) soja zahteva obilje svetlosti. Pri slabom osvetljenju (20000 luxa) u fitotronu, internodije se izdužuju, stablo ostaje tanko, polegljivo, a

može da izostane i cvetanje. Tek kod jačeg intenziteta svetlosti (30000 luxa) biljke soje su imale približno isti habitus kao u prirodnim uslovima.

Slika 7.1.

Spektar elektromagnetnog zračenja Sunca, sa detaljnije označenim područjem svetlosti tj. vidljivog dela spektra (Stevanović i Janković, 2001)



Pri smanjenju intenziteta sunčeve svetlosti za 50% biljke soje obrazuju znatno manji broj nodija, grana i mahuna (Mjakuško i Baranova, 1984). Zbog toga se mora voditi računa o gustini sklopa kako u pregustom sklopu ne bi došlo do ove pojave.

Pored intenziteta i kvaliteta svetlosti biljke reaguju i na dužinu trajanja svetlosti. Na Zemlji nije svugde ista dužina dana i ona se menja prema astronomskim zakonima. Dužina dana predstavlja period od izlaska do zalaska Sunca. Na ekvatoru u toku cele godine dan traje 12 sati i isto toliko traje noć. Idući od ekvatora ka polovima u toku leta dan je duži od noći, a u toku zime je noć duža. Na geografskoj širini od 45° (u Rumi) najduži dan je u junu i dužina dana je nešto veća od 15 sati i 34 minuta, a najkraći dan je u decembru i traje 8 sati i pedeset minuta. Reakcija biljaka na dužinu trajanja dana naziva se fotoperiodizam. Na osnovu fotoperiodske reakcije biljke se mogu svrstati u tri grupe:

- biljke dugog dana (pšenica, ječam, raž, ovas, tritikale, šećerna repa, lucerka, crvena detelina, uljana repica, većina trava, lan, bob, luk, grašak, spanać, salata, kupus, mrkva, mak...)
- biljke kratkog dana (soja, kukuruz, konoplja, pirinač, pamuk, proso, paprika, kafa, ananas...)
- neutralne (indiferentne) biljke (suncokret, heljda, grahorica, malina, paradajz, krastavac, pasulj...)

Biljkama dugog dana za prelazak iz vegetativne u generativnu fazu potreban je

dan duži od kritične dužine dana. Kritična dužina dana zavisi od vrste biljke i sorte, a najčešće je 12-14 časova. Vegetativna faza je kada biljke obrazuju vegetativne organe (koren, stablo i list), a generativna faza u porastu biljaka je kada biljke obrazuju organe za razmnožavanje (cvet, plod i seme).

Biljkama kratkog dana je za prelazak iz vegetativne u generativnu fazu potreban dan kraći od kritične dužine dana, dok neutralne biljke ne reaguju na dužinu dana.

Postoje dva tipa fotoperiodske reakcije. Kvalitativan ili induktivni tip fotoperiodske reakcije imaju biljke koje ne mogu da pređu iz vegetativne u generativnu fazu u uslovima neodgovarajuće dužine dana. Kvantitativan ili neinduktivni tip fotoperiodske reakcije imaju biljke koje reaguju na dužinu dana. One mogu da pređu iz vegetativne u generativnu fazu i u uslovima neodgovarajuće dužine dana ali im se vegetacija u uslovima neodgovarajuće dužine dana produžava.

Soja reaguje na dužinu dana. Ona je biljka kratkog dana i za prelazak iz vegetativne u generativnu fazu traži uslove duge noći. Za prelazak iz vegetativne u generativnu fazu soji je dovoljno 2-6 kratkih dana u fazi 1-3 trolista (Baranov, 2005). Za prelazak iz vegetativne u generativnu fazu većini sorti soje je potrebno da je dan kraći od 13-15 časova (Adamenj i sar., 2006). Isti autori navode da je zavisnost od dužine dana obrnuto proporcionalna dužini vegetacije. Sorte duže vegetacije osetljivije su na izostanak kratkog dana, tj. imaju kvalitativan tip fotoperiodske reakcije. Sorte kraće vegetacije koje su poreklom iz severnijih krajeva (grupa zrenja 0-III) mogu da formiraju generativne organe i bez noći (osvetljene 24 sata dnevno), tj. imaju kvantitativan tip fotoperiodske reakcije. To je omogućilo da se soja proširi od 40° južne geografske širine do 60° severne geografske širine. Najbolji rezultati u proizvodnji soje ipak se postižu na severnoj polulopti između 35 i 45° geografske širine.

Toplota

Toplota utiče i na rast i na razviće biljaka pa se smatra primarnim vegetacionim činiocem. Sva mesta na zemlji ne primaju istu količinu toplote. Razlikujemo horizontalni i vertikalni raspored toplote na Zemlji.

Horizontalni raspored toplote na Zemlji zavisi od ugla pod kojim sunčevi zraci padaju na zemljinu površinu. Prema Haberlandu (1878) razlikuju se sledeće biljne zone: ledeni pojas, umereni pojas i žarki pojas (Tabela 7.1).

U vertikalnom pravcu na svakih sto metara nadmorske visine temperatura u proseku opada za 0,6°C. Ova pojava je rezultat činjenice da se vazduh pretežno zagreva od zemljine površine, a minimalno prolaskom sunčevih zraka kroz atmosferu.

Jedan od najčešće korišćenih pokazatelja potrebe biljaka za toplotom je temperaturna suma. Temperaturna suma je broj koji pokazuje zbir svih srednjih dnevnih temperatura u toku vegetacije jedne biljke. Pošto se 0°C ne poklapa sa biološkim minimumom odnos neke biljne vrste prema toploti je precizniji kada se koristi zbir

svih srednjih dnevnih temperatura iznad biološkog minimuma za tu biljnu vrstu. Takva suma naziva se suma efektivnih temperatura. Za soju se najčešće kao biološki minimum koristi 10°C.

Tabela 7.1

Biljne zone prema Haberlandu

Biljna zona	Geografska širina	Vegetacija
I Ledeni pojas 9% zemljine površine		
Polarna Arktička Subarktička	72°-90° 66°-72° 58°-66°	Planinsko zelje, lišaji, mahovina Planinsko zelje, žbunje, pašnjaci, breza Četinari, breze, pašnjaci
II Umereni pojas 49% zemljine površine		
Hladnija umerena Toplija umerena	45°-58° 34°-45°	Lišćari, bukva, hrast, livade, strna žita Zimzelena lišćari, kukuruz, vinova loza, proso
III Žarki pojas 42% zemljine površine		
Suptropska Tropska Ekvatorijalna	23°-34° 15°-23° 0°-15°	Mirta, lovor, limun, pamuk, čaj, šećerna trska Smokva, drvolike paprati, trave, palme Palme, banane

Soja je biljka koja ima potrebe za relativno visokim temperaturama. Zahtevi za temperaturom rastu sa produženjem vegetacije pa su prema Enkenu (1959) za različite grupe zrelosti potrebne sledeće efektivne temperature:

- vrlo rane sorte	1700-1900°C
- rane sorte	2000-2200°C
- srednje kasne sorte	2600-2750°C
- vrlo kasne sorte	3000-3200°C

Za nicanje je soji potrebno 6-7 dana pri optimalnoj temperaturi zemljišta (20-22°C), a pri nedovoljnoj temperaturi (8-10°C) potrebno je 20-25 dana (Tabela 7.2). Zato bi trebalo obaviti setvu kad se temperatura zemljišta na dubini setve podigne na 12-14°C (Baranov, 2005).

Kada se izračuna suma temperatura po metodi koju je uveo Soldati (1985) citirano po (Rajičić, 1988) dobija se da je za nicanje soje potrebna suma efektivnih temperatura (iznad 8°C) 80°C.

Ukoliko soja nikne može da izdrži kratkotrajne mrazeve od -3 do -4°C (Gutschy, 1950). Kurnik (1976) navodi da mlade biljke soje podnose kratkotrajne mrazeve od -6 do -7°C bez većih oštećenja, ako se temperatura vazduha nakon toga postepeno povećava. Iz tih razloga soja se kod nas može sejati pre kukuruza, jer je otpornija na niske temperature.

Tabela. 7.2

Odnos soje prema temperaturi u različitim fazama razvića u °C (Enken, 1959)

Faza porasta i razvića biljke	Biološki minimum	Dovoljna temperatura	Optimalna temperatura
Klijanje i nicanje	6-7	12-14	20-22
Faza ponika	8-10	15-18	20-22
Grananje	16-17	18-19	21-23
Cvetanje	17-18	19-20	22-25
Formiranje zrna	13-14	18-19	21-23
Sazrevanje	8-9	14-16	19-20

Za cvetanje soja traži temperature iznad 19°C. Rane sorte mogu izgubiti cvetove već pri temperaturi 16-17°C (Zalotnickij, 1962). To je vrlo često ograničavajući faktor za proizvodnju soje na većim nadmorskim visinama i geografskim širinama.

Za formiranje zrna soji je potrebna temperatura minimum 14°C.

Soja najbolje sazreva pri temperaturama 19-20°C. Minimalna temperatura u fazi sazrevanja je 8-9°C, a za vreme kratkotrajnih mrazeva na temperaturi od -2 do -2,5°C soja ne smanjuje prinose u ovoj fazi (Enken, 1959).

Soju na osnovu njenih zahteva možemo svrstati u biljke koje zahtevaju više temperature i pri visokim temperaturama se dobro razvijaju, ali je soja istovremeno i otporna na kratkotrajne periode niskih temperatura i kratkotrajne mrazeve.

Voda

Biljkama je voda neophodna za rast i razvoj. Najviše vode soja sadrži u mladim listovima i do 90%, a najmanje vode ima u zrnu minimalno do 10%. Potrebne količine vode za soju u uslovima Vojvodine ispitivali su Vučić i Bošnjak 1980. godine i ustanovili su da je potecijalna evapotranspiracija soje nulte grupe zrenja 460 mm (399-491), za sorte prve grupe zrenja 480 mm (449-534), a za sorte druge grupe zrenja 500 mm (461-550).

Različiti tipovi zemljišta mogu da zadrže različite količine vode. Voda se u zavisnosti od njene količine u zemljištu drži različitim silama, pa razlikujemo sledeće vodne konstante u zemljištu:

- Poljski vodni kapacitet (PVK) predstavlja najveću količinu vode, koju zemljište može da sadrži u sebi u poljskim uslovima, posle proceđivanja gravitacione vode. Pri ovoj vlažnosti zemljišta voda se za zemljište drži silom 0,33 do 0,50 bara.
- Lentokapilarna vlažnost predstavlja granicu između lakopristupačne i težepristupačne vode za biljke. To je istovremeno i prelazna granica između lakopokretne kapilarne vode i spore opnene vode. Pri ovoj vlažnosti zemljišta voda se za čestice zemljišta drži silom od 6,25 bara.

- Vlažnost venjenja, može biti početna vlažnost venjenja kada se na biljkama primećuju prvi znaci svenjavanja i to je momenat koji odvaja težepristupačnu od teškopristupačne vode za biljke u zemljištu. Voda se u zemljištu pri početnoj vlažnosti venjenja drži silama od 11 do 19 bara, pa je postignut dogovor da se kao početna vlažnost venjenja koristi vlažnost koja se dobija retencijom vlage na pritisku od 15 bara.

Pored početne vlažnosti venjenja razlikujemo i vlažnost trajnog venjenja. Kod ove vlažnosti zemljišta biljke nepovratno venu. Ova vodna konstanta odvaja teško pristupačnu vodu za biljke od nepristupačne vode za biljke.

U prosečnoj godini, u Vojvodini, u kojoj se gaji najviše soje u našoj državi u proseku za vegetacioni period padne oko 400 mm padavina. U zavisnosti od tipa zemljišta, useva koji je gajen u prethodnoj godini, količine padavina u prethodnoj vegetaciji i količine padavina u toku zime u zemljištu pre setve mogu biti različite količine rezervi pristupačne vode za biljke. Pre setve trebalo bi izmeriti vlažnost zemljišta do 1 metar dubine i ukoliko su rezerve pristupačne vode za biljke male trebalo bi smanjiti broj biljaka po hektaru. Na taj način može se u znatnoj meri ublažiti efekat suše, ukoliko do nje dođe u toku vegetacije.

Rezerve pristupačne vode u zemljištu tipa černozem mogu biti i do 120 l/m² (mm) do dubine od jednog metra. To znači da kada vodimo računa o predusevu, u normalno vlažnoj zimi i u prosečnoj godini sa padavinama u toku vegetacije za soju voda ne bi trebalo da bude ograničavajući faktor za ostvarivanje visokih prinosa, ukoliko su padavine dobro raspoređene. Ipak vrlo često se događa da je voda limitirajući faktor za ostvarivanje visokih prinosa soje. Do toga najčešće dolazi kada se soja gaji iza preduseva koji u velikoj meri isušuju zemljište i troše velike količine vode (lucerka, šećerna repa, kukuruz), kada je sušna zima pa se u toku zime ne nadoknade rezerve pristupačne vode za biljke, a naročito kad u toku vegetacije ne padne dovoljna količina padavina. Za stabilan i siguran prinos soje u uslovima semiaridne klime kakva je u Vojvodini neophodno je navodnjavanje, o čemu će biti reči u posebnom poglavlju.

Čak i kada vode u zemljištu ima u dovoljnim količinama može doći do kratkotrajnog vodnog deficita u toku toplih i vetrovitih dana. Od kratkotrajnog vodnog deficita biljke se brane zatvaranjem stoma. To se negativno odražava na prinos jer se veoma brzo posle zatvaranja stominih otvora zaustavlja proces fotosinteze.

Soja je osetljiva na nisku relativnu vlažnost vazduha, pogotovo ako je to istovremeno sa visokim temperaturama i zemljišnom sušom. U takvim uslovima veoma je otežana oplodnja i može doći do odbacivanja mladih mahuna.

Biljkama soje voda nije potrebna stalno u istim količinama. U vreme klijanja i nicanja soji je neophodna dovoljna količina vode da bi seme moglo da nabubri i isklja, ali je potrošnja vode u tom periodu relativno mala, svega 0,5 mm na dan (Reicosky i Heatherly, 1990).

U kasnijim fazama od nicanja do cvetanja biljke soje su otporne na nedostatak vode. U proizvodnim uslovima nedostatak vode u ovom periodu može se pozitivno odraziti na prinos jer biljke u uslovima suše formiraju manje nadzemne mase, a relativno jači korenov sistem u potrazi za vodom. Ukoliko u ovoj fazi ima vode u izobilju biljke formiraju veliku nadzemnu biomasu i relativno plići korenov sistem, što umanjuje otpornost biljaka na sušu. Ako nakon kišnog perioda u ranijim fazama nastupi suša u fazi cvetanja i nalivanja zrna to se drastično odražava na smanjenje prinosa.

U fazi cvetanja soja je osetljiva na nedostatak zemljišne vlage, ali i na malu relativnu vlažnost vazduha, naročito ako je suša u tom periodu istovremeno sa visokim temperaturama. U tom periodu biljke odbacuju cvetove i smanjuje se oplodnja. Ukoliko kasnije dođe do kišnog perioda soja može da formira osrednji prinos. Najveća potrošnja vode je u periodu formiranja mahuna i nalivanja zrna. Tada biljke soje troše velike količine vode koje po Reicosky-u i Heatherly-u 1990. može iznositi i 8 mm vode na dan.

U fazi sazrevanja soja ne traži velike količine vode i duži kišni periodi mogu se negativno odraziti na kvalitet i prinos zrna, a naročito na klijavost semenskih useva. Pored dugotrajnih kiša, na prinos se negativno može odraziti i više uzastopnih smenjivanja kišnih i toplih dana za redom u ovoj fazi što kod neotpornih sorti može izazvati pucanje mahuna i osipanje semena.

ODNOS SOJE PREMA ZEMLJIŠTU

Zemljište je površinski deo litosfere, koji je pod uticajem biosfere, hidrosfere i atmosfere stekao novo kvalitativno svojstvo – plodnost, tj. sposobnost da snabdeva biljke vodom, mineralnim supstancama i kiseonikom (Ćirić, 1986).

Zemljište je nastalo delovanjem pedogenetskih faktora (geološka podloga, klima, reljef, vegetacija, fauna i vreme) na površinu litosfere. Taj rastresit sloj se naziva pedosfera ili zemljište (Molnar i sar., 2003).

Ovaj površinski sloj zemljine kore svojim fizičkim, hemijskim i biološkim osobinama omogućava život višim biljkama. To je njihovo prirodno stanište. U zemljištu se biljke ukorenjavaju, iz njega uzimaju hranljive materije, vodu i deo ugljendioksida i kiseonika.

Danas je moguća proizvodnja i bez zemljišta. Bez zemljišta se biljke najčešće gaje u zaštićenom prostoru, u staklenicama i plastenicima. Korenov sistem tih biljaka nalazi se u inertnoj materiji kroz koju teče hranljivi rastvor koji u sebi sadrži sve potrebne elemente za ishranu biljaka. Broj biljaka koje se gaje bez zemljišta iz dana u dan je sve veći, ali se na zemljištu još uvek odvija najveći deo proizvodnje, preko 98%, pa ono iz tog razloga ima veliki značaj.

Zemljište je otvoren sistem gde se matični supstrat, koji je u jednom momentu bio homogen, pod uticajem klime, biljnog i životinjskog sveta, u određenom vremenskom periodu menja. Te promene su slojevite pa se kroz određeni period, koji može biti i nekoliko hiljada godina, pojavljuju određene slojevite promene koje se nazivaju horizonti. Slojevi se međusobno razlikuju po fizičkim i hemijskim osobinama, a njihove razlike odražavaju pravac i intenzitet pedogenetskih procesa i služe kao osnova za klasifikaciju zemljišta.

Klasifikacija zemljišta

U Srbiji je u primeni Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985); (Tabela 7.3). U okviru ove klasifikacije zemljišta se dele na osnovu načina vlaženja i sastava vode kojima se zemljište vlaži. U okviru ove klasifikacije postoje četiri reda zemljišta:

1. Red automorfnih zemljišta

Ovaj red karakteriše se vlaženjem isključivo atmosferskim padavinama. Za ovaj red je karakteristično da su zemljišta propustljiva za vodu, da nema nepropusnih horizonata i da nema dužeg zadržavanja vode na nepropusnom horizontu.

2. Red hidromorfnih zemljišta

Ovaj red se karakteriše povremenim ili stalnim prevlaživanjem i redukcionim procesima u delu profila ili čitavom profilu. Prevlaživanje je stanje u kome su sve pore ispunjene vodom, a može biti prouzrokovano zadržavanjem atmosferskih padavina i akumulacijom površinskih ili podzemnih voda koje nisu zaslanjene niti alkalizovane.

3. Red halomorfnih zemljišta

Karakteristika ovog reda je dopunsko vlaženje podzemnim, a ređe površinskim slanim i alkalnim vodama. Zemljišta ovog reda imaju jednu ili više sledećih karakteristika: do dubine 125 cm u jednom delu profila sadrže najmanje 1% soli (kod hloridno-sulfatnog zasoljavanja) i najmanje 0,7% (kod sodnog zasoljavanja), jasnu teksturnu i drugu diferenciranost profila na A i B horizonte, pri čemu je B argiluvlično-natrični horizont, tj. sadrži više od 15% adsorbovanih Na-jona od „T” i ima stubastu ili prizmatičnu strukturu.

4. Red subakvalnih zemljišta

Ovo su zemljišta koja nastaju u podvodnim uslovima plićih stajaćih voda (jezera, bare i morska priobalna područja). Procesi pedogeneze često se mešaju s procesima sedimentacije.

Zemljišni fond u Srbiji je vrlo raznovrstan u pogledu zemljišnih tipova, podtipova, varijeteta i formi. To je rezultat različitih stena kao matičnih podloga na kojima

su se ta zemljišta razvila. Najveći poljoprivredni proizvodni potencijali nalaze se u Vojvodini. Najplodniji tipovi zemljišta su černoze, ritske crnice (humoglej), smonice (vertisoli), gajnjače (eutrični kambisoli) i aluvijalna zemljišta (fluvisoli).

Glavni činioci koji utiču na vrednost zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju su: tip zemljišta, reljef, geološka podloga, dubina humusnoakumulativnog sloja, mehanički sastav, reakcija zemljišta, sadržaj makro i mikroelemenata, položaj, sklonost ka eroziji i mogućnost za navodnjavanje (Kovačević, 2003).

Tabela 7.3.

Tabelarni pregled klasifikacije zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985)

Red automorfnih zemljišta

Klasa i građa profila	Tip zemljišta
I Nerazvijena ili slabo razvijena zemljišta (A)-C profil	1. Litosol (Kamenjar) 2. Regosol (Sirozem) 3. Arenosol (Eolski pijesak) 4. Koluvijum (Koluvijalni nanos)
II Humusno-akumulativna zemljišta A-C profil	1. Kalkomelanosol (Krečnjačko-dolomitna crnica) 2. Rendzina 3. Ranker (Humusno-silikatno zemljište) 4. Černozem 5. Smonica (Vertisol)
III Kambična zemljišta A-(B)-C profil	1. Eutrični kambisol (Eutrično smeđe zemljište) 2. Distrični kambisol (Kiselo-smeđe zemljište) 3. Kalko kambisol (Smeđe zemljište na krečnjaku i dolomitu) 4. Terra rossa (crvenica)
IV Eluvijalno-iluvijalna zemljišta A-E-B-C profil	1. Luvisol (Ilimerizovana zemljišta) 2. Podzol 3. Brunipodzol (Smeđe podzolasto zemljište)
V Antropogena automorfna zemljišta P-C profil	1. Rigosol (rigolovana zemljišta) 2. Hortisol (vrtne zemljišta)
VI Tehnogeni zemljišta P-C profil	1. Deposol (zemljišta deponija) 2. Flotisol 3. Aeroprecipitat

Red hidromorfnih zemljišta

Klasa i građa profila	Tip zemljišta
I Pseudoglejna zemljišta A-E/g-B/g-C profil	1. Pseudoglej
II Nerazvijena zemljišta (A)-G ili (A)-C profil	1. Fluvisol (Recentni rečni nanos)
III Semiglejna zemljišta A-C-G profil	1. Humofluvisol
IV Glejna zemljišta A-G profil	1. Glejno zemljište 2. Humoglej-euglej

V Tresetna zemljišta T-G profil	1. Izdignuto tresetno 2. Prelazno tresetno 3. Nisko tresetno zemljište
VI Antropogena hidromorfna zemljišta P-G ili Ap-G profil	1. Rigolano tresetno 2. Tla rižišta 3. Hidromeliorisano zemljište

Red halomorfnih zemljišta

Klasa i građa profila	Tip zemljišta
I Akutno zaslanjena zemljišta A _{sa} -G ili A _{sa} -CG	1. Solončak
II Solonjec A-B _{t,na} -C ili A/E-B _{t,na} -C	1. Solonjec

Red subakvalnih zemljišta

Klasa i građa profila	Tip zemljišta
I Nerazvijena subhidrična zemljišta (A)-C ili (A)-G profil	1. Protopedon
II Subhidrična zemljišta A-C ili A-G profil	1. Gytija 2. Dy 3. Sapropel
III Odvodnjena subhidrična zemljišta P-C ili P-G profil	

Zastupljenost pojedinih tipova zemljišta u Srbiji i njihov značaj za proizvodnju soje

Srbija ima ukupnu površinu od 8.836.100 ha od čega je poljoprivredno zemljište 5.701.173 ha. Obradivog poljoprivrednog zemljišta u celoj Srbiji ima 4.653.415 ha od čega u centralnoj Srbiji 2.608.375 ha, u Vojvodini 1.646.294 ha, u Kosovu i Metohiji 398.746 ha (SG RS 1998).

Najveći značaj u Srbiji i najzastupljenija su automorfna i hidromorfna zemljišta. Najveći značaj za proizvodnju soje imaju zemljišta u ravninama, u dolinama reka i na brežuljkastim terenima.

Soja ima čvrst i jak koren i za njegov pravilan razvoj, a posebno za razvoj kvržičnih bakterija (azotofiksatora) na korenu, potrebno je da zemljište nije kiselo ni slano, da su dobre vodnovazdušne osobine, a hraniva dovoljna u pristupačnom obliku (Vratarić i Sudarić, 2007).

Soja traži aerisano zemljište. Najniži sadržaj vazduha u zemljištu koji soja može da podnese je 9% vol., a optimalna obezbeđenost vazduhom korena soje je kad je 15-22% (Konova i Hristov, 1975). Po istim autorima najbolji vodnovazdušni režim imaju zemljišta sa ukupnom poroznošću 55-60%, kada su kapilarne pore ispunjene vodom, a nekapilarne vazduhom. Vazduh nije potreban toliko za disanje korena već

za život simbiotskih bakterija (*Rhizobium japonicum*), koje vezuju atmosferski azot iz vazduha.

Na osnovu podataka Instituta za zemljište u Topčideru citirano po Kovačeviću 2003. godine (Tabela 7.4) u centralnoj Srbiji razlikujemo sledeće tipove poljoprivrednog zemljišta:

Tabela 7.4

Zastupljenost pojedinih tipova zemljišta (poljoprivredno zemljište) u centralnoj Srbiji (ha)

Tip zemljišta	Centralna Srbija
Litosol	76.500
Arenosol	36.000
Ranker	123.000
Černozem	35.300
Vertisol	624.500
Eutrični kambisol	642.000
Distrični kambisol	907.000
Pseudoglej	500.000
Fluvisol	250.000
Humoglej i euglej	193.000
Ukupno	3.387.300

U Srbiji bez pokrajina za intenzivnu ratarsku proizvodnju može se koristiti samo oko 500.000 ha bez većih ograničenja. Poseban problem za biljnu proizvodnju predstavljaju stalno prevlažena zemljišta (81.000 ha), sezonski prevlažena (161.000 ha) i plavne površine (250.000 ha). Pored toga 80.000 ha je zbog erozije pretvoreno u goleti, a velike površine su obuhvaćene različitim stepenima erozije (Kovačević, 2003).

U Srbiji bez pokrajina soja se sa uspehom može gajiti na černozemu, smonici (vertisolu), rankeru, aluvijumu (fluvisolu) i livadskim crnicama (semigleju). Veoma je značajan kvalitet i vreme obrade zemljišta, a naročito smonice jer je za uspešno gajenje soje i normalan razvoj kvržičnih bakterija neophodna dobra aeracija zemljišta. Na aluvijalnim zemljištima i livadskim crnicama je moguće gajiti soju samo ako zemljišta nisu prevlažena i ako nisu previše peskovita. Na lakim i peskovitim zemljištima nije moguće ostvariti stabilne prinose soje zbog njenih velikih zahteva prema vodi u kritičnim periodima za vodom. Laka zemljišta slabo zadržavaju vodu, pa iz tog razloga nisu pogodna za gajenje soje, ako nema mogućnosti za navodnjavanje.

Prema podacima o zemljištima Kosova i Metohije (Stevanović i sar., 1992) na Kosovu i Metohiji (Tabela 7.5) razlikuju se sledeći tipovi obradivog poljoprivrednog zemljišta:

Tabela 7.5

Zastupljenost pojedinih tipova zemljišta na Kosovu i Metohiji (obradivo poljoprivredno zemljište)

Tip zemljišta	Obradivo poljoprivredno zemljište (ha)
Koluvijum	60.800
Rendzina	10.000
Ranker	1.100
Vertisol	76.300
Eutrični kambisol	81.200
Distrični kambisol	34.500
Kalko kambisol	16.200
Terra rossa	3.500
Pseudoglej	32.000
Fluvisol	69.800
Humoglej	3.800
Euglej	10.800
Ukupno:	400.000

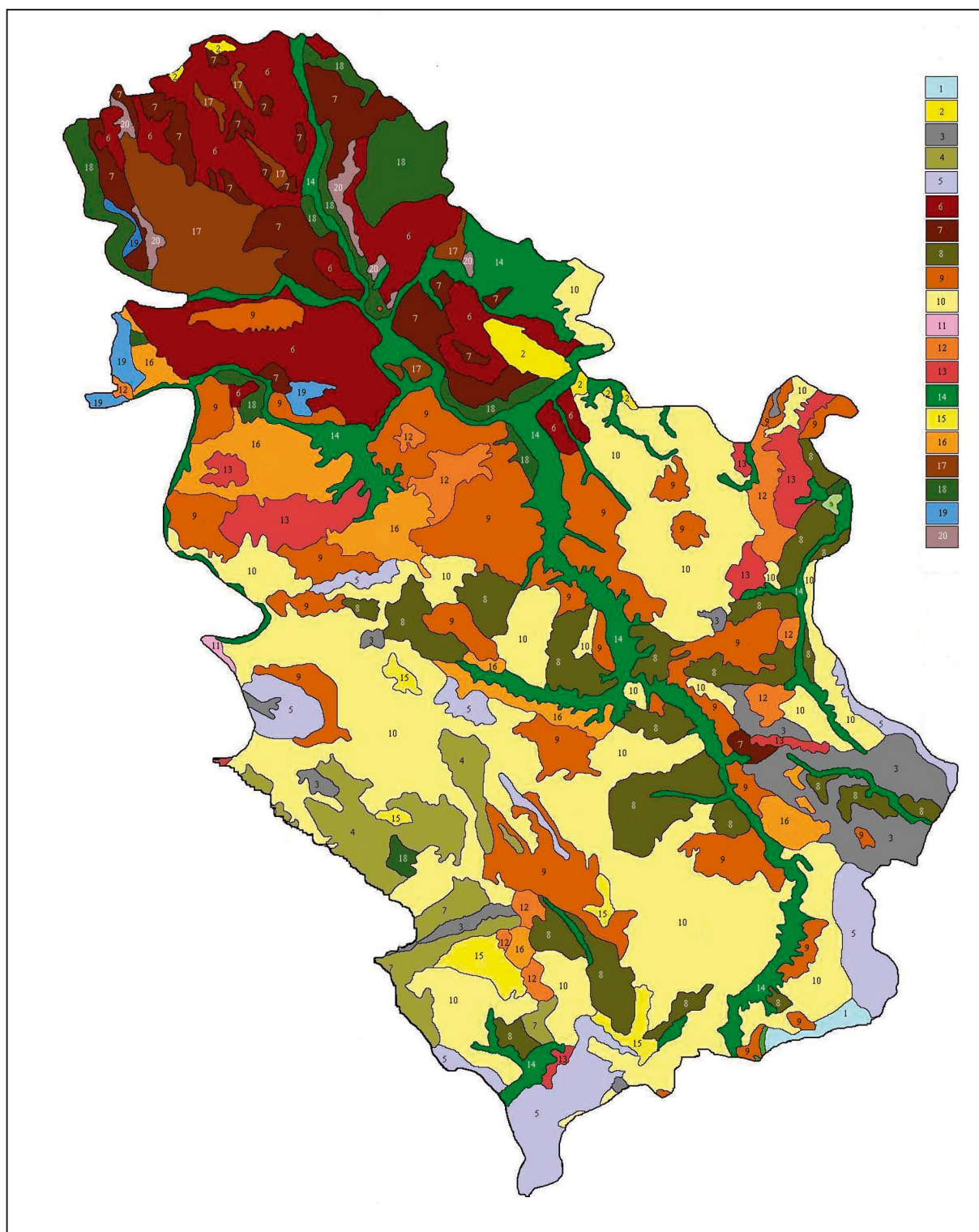
Preko 40% zemljišta na Kosovu i Metohiji su prirodno jako kisela ili kisela (pseudoglej, eutrični kambisol, distrični kambisol). Stevanović i sar. 1992. navode da pored tih prirodno kiselih zemljišta postoji i sekundarno zakišeljavanje prouzrokovano intenzivnim korišćenjem zemljišta, nepravilnim đubrenjem i kiselim kišama.

Soja može da se gaji i na kiselim zemljištima na kojima je na devet varijanti đubrenja u proseku dala prinos 1,22 t/ha pri kiselosti pH u KCl 4,2 (Nenadić i sar. 1986). Ipak soji najviše odgovara neutralna pH 6-8, a na kiselim zemljištima bi bilo potrebno raditi hemijske popravke zemljišta (kalcizaciju) kako bi se mogao ostvariti ekonomski opravdan prinos.

Srbija nema veliku površinu, ali je zahvaljujući reljefu i promenljivom pedo-geografskom sastavu veoma raznolika i karakteriše je veliki broj sitemskih jedinica zemljišta što se može videti iz pedološke karte (Slika 7.2).

Slika 7.2

Pedološka karta Srbije, izrađena na osnovu pedološke karte Jugoslavije (Škorić i sar., 1985)



1. Litosoli na kiselim stenama i Rankeri / Lithosol on acid rocks and Rankers
2. Arenosol i Eutrično smeđe zemljište na pesku / Arenosol and Euteric brown soil on sand
3. Krečnjačko dolomitne crnice, Litosoli i Rendzine / Crenic acid, Lithosol and rendzina
4. Krečnjačko dolomitne crnice, Smeđa zemljišta na krečnjaku i Crvenice / Cenic acid, Euteric soil on limestone and Terra rossa
5. Rankeri i Distrično smeđa zemljišta / Rankers and Distric brown soil
6. Černozem na lesu / Chernozem on loess plateau
7. Černozem i Černozemno – semiglejno zemljište / Chernozem and Chernozem semigleyic soil
8. Smonice / Smonitza
9. Eutrično – smeđe zemljište / Euteric – brown soil
10. Distrčno smeđe zemljište – Lesivirana i Smeđa zem. Na krečnjaku i dolomitu / Distric – brown soil – leached and brown soil on limestone and dolomite
11. Smeđe zemljište Lesivirano i Crnica na krečnjaku i dolomitu / Brown soil leached and Black soil on limestone and dolomite
12. Lesivirana i Eutrična smeđa zemljišta / Leached and Euteric brown soil
13. Lesivirana zemljišta / Leached soil
14. Fluvijativna i Euglejna zemljišta / Fluvisol and Eugley soil
15. Pseudogleji / Pseudogley
16. Pseudoglej i Lesivirana pseudoglejna zemljišta / Pseudogley and Leached pseudogley soil
17. Černozemno semiglejno zemljište / Chernozem semigley soil
18. Ritske crnice / Black soil
19. Glejna i Semiglejna zemljišta / Gley and Semigley
20. Halomorfna zemljišta (solončak i solonjec) / Solonchack and Solonetz

Na osnovu podataka sa pedološke karte Vojvodine citirano po Kovačeviću 2003. napravljen je pregled najvažnijih tipova zemljišta u Vojvodini (Tabela 7.6). U staroj klasifikaciji tip zemljišta koji se nazivao livadska crnica danas po novoj klasifikaciji najčešće se smatra da je černozem.

Tabela 7.6

Zastupljenost pojedinih tipova zemljišta u Vojvodini (ukupna površina) (ha)

Tip zemljišta	Ukupna površina zemljišta (ha)
Regosol	17.054
Rendzina	14.481
Ranker	10
Černozem	1.323.278
Vertisol	36.159
Eutrični kambisol	56.164
Distrični kambisol	1.412
Rigosol	10.510
Pseudoglej	20.176
Fluvisol	198.328
Humoglej	347.816
Euglej	15.269
Nisko tresetno zemljište	420
Solončak	19.865
Solonjec	80.333
Protopedon	8.564
Gyttja	
Dy	
Sapropel	
Ukupno:	2.149.839

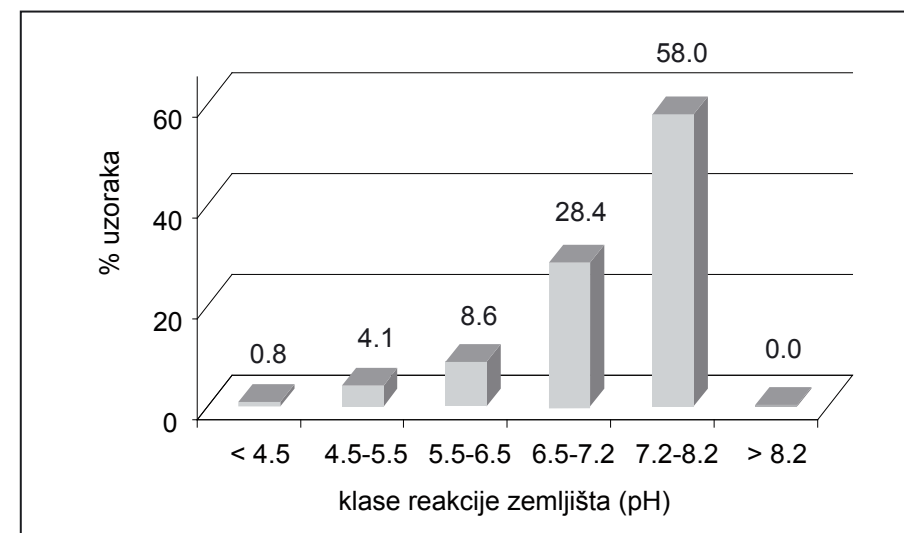
Vojvodina je najbolji region za gajenje soje. Većina tipova zemljišta je plodna (černozem, smonice (vertisol), livadska crnica (semiglej), aluvijalna zemljišta (fluvisol), ritska crnica (humoglej)) i to su zemljišta na kojima se uspešno može gajiti soja.

Na černozemu i njemu sličnim zemljištima kojih u Vojvodini ima preko 1300000 ha su optimalni zemljišni uslovi za gajenje soje.

pH vrednost na oranicama u Vojvodini na osnovu više od 90000 uzoraka kreće se u širokim granicama, ali je najveći procenat površina (86,4%) u granicama 6,5 do 8,2 (Sekulić i sar., 2007), što je optimalno za gajenje soje (Grafikon 7.1). Prema Damenju i sar. (2006) optimum za gajenje soje je kada je pH 6,5-7, a soja se uspešno može gajiti i pri pH vrednosti 5,5-8,5. Prema istim autorima soja se uopšte ne može gajiti na manjoj pH od 3,9 niti većoj pH od 9,6.

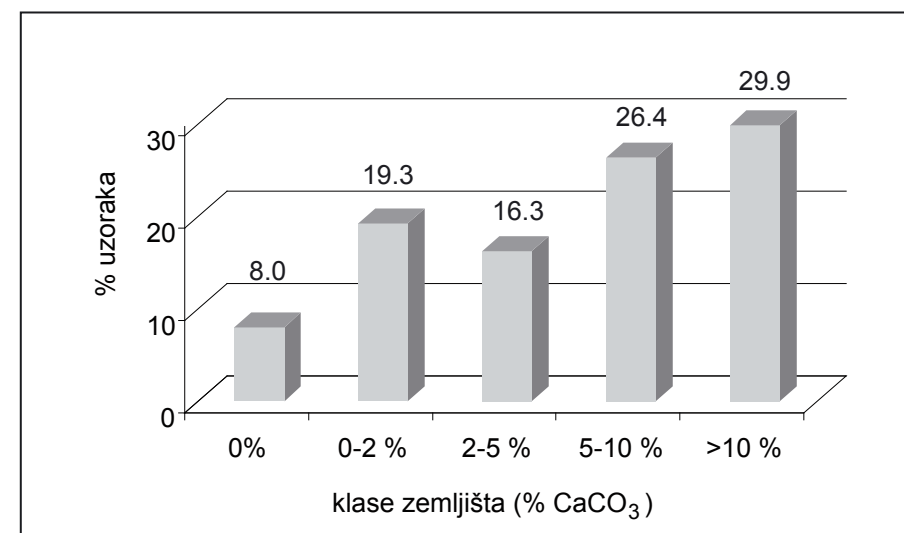
Ako se samo pH vrednost uzme u obzir soja ne bi trebalo da se gaji samo na 4,9% oranica u Vojvodini, na kojima je pH vrednost ispod 5,5.

Grafikon. 7.1

pH Vrednost na oranicama u Vojvodini (Sekulić i sar., 2007)

Soja je biljka koja zahteva strukturalna i rastresita zemljišta koja istovremeno mogu da zadrže dovoljnu količinu vode da bi je biljke imale dovoljno u periodu intenzivnog porasta, cvetanja, oplodnje i nalivanja zrna. Na stabilnost strukturalnih agregata u zemljištu u značajnoj meri pozitivno utiče sadržaj CaCO_3 (Grafikon 7.2).

Grafikon 7.2

Sadržaj CaCO_3 u zemljištima Vojvodine (Sekulić i sar., 2007)

Biljka soje kalcijum usvaja u obliku Ca^{2+} jona. Na 92% vojvođanskih oranica ima dovoljno kalcijuma, a svega na 8% ga treba unositi đubrivima.

Soja se obično gaji na plodnim i humusom bogatim zemljištima. Humus povoljno utiče na strukturu zemljišta i na zadržavanje vode u zemljištu pa ima uticaj na povećanje prinosa kod soje. Sadržaj humusa u zemljištima Vojvodine prikazan je u grafikonu 7.3.

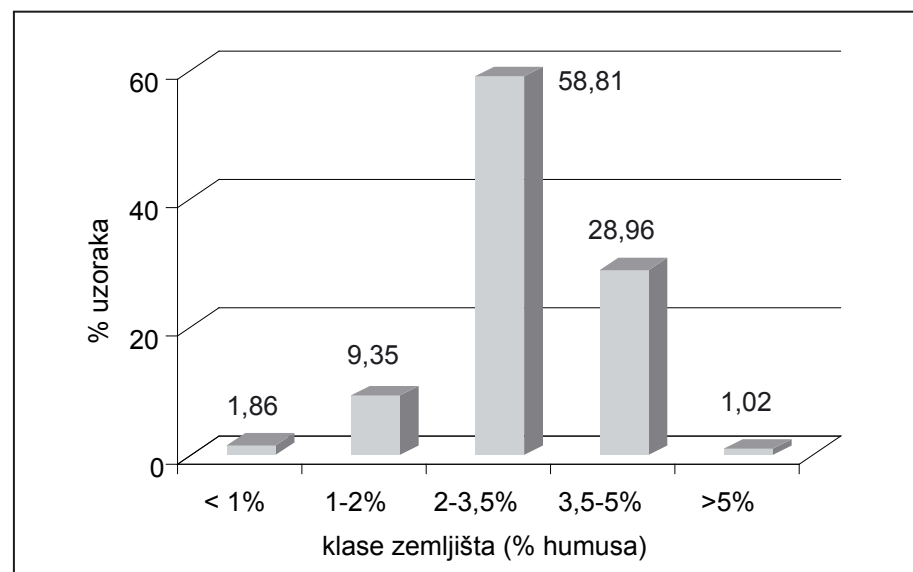
Samo 1,86% površina u Vojvodini ima manje od 1% humusa. Na svim ostalim površinama humus nije ograničavajući faktor u proizvodnji soje. Iz podataka prikazanih u grafikonu 7.3 vidi se da nešto više od 10% površina u Vojvodini imaju manje od 2% humusa, a 59% površina nalazi se u intervalu od 2,5 do 3,5%. Na takvim zemljištima mora se strogo voditi računa o zaoravanju žetvenih ostataka i unošenju organskih đubriva, kako ne bi došlo do daljeg pada u sadržaju humusa i do značajnijeg umanjavanja plodnosti zemljišta (Grafikon 7.3).

Nejgebauer 1951. godine navodi da je vojvođanski černoze od vremena razoravanja izgubio preko 50% humusa te da umesto 7-8% ima 3-5%.

Spaljivanje žetvenih ostataka je zakonom zabranjeno. Na našu veliku žalost ovaj zakon se ne primenjuje u dovoljnoj meri pa nije retka pojava da se posle žetve pšenice i kukuruza noću mogu videti vetre širom Vojvodine. Ta praksa dovela je do smanjenja sadržaja humusa u vojvođanskim zemljištima u poslednjih 50 godina. Danas je u najvećem broju uzoraka zemljišta u Vojvodini sadržaj humusa 2,0-3,5%, a još je gora činjenica da je trend sadržaja humusa u Vojvodini i dalje negativan.

Grafikon 7.3

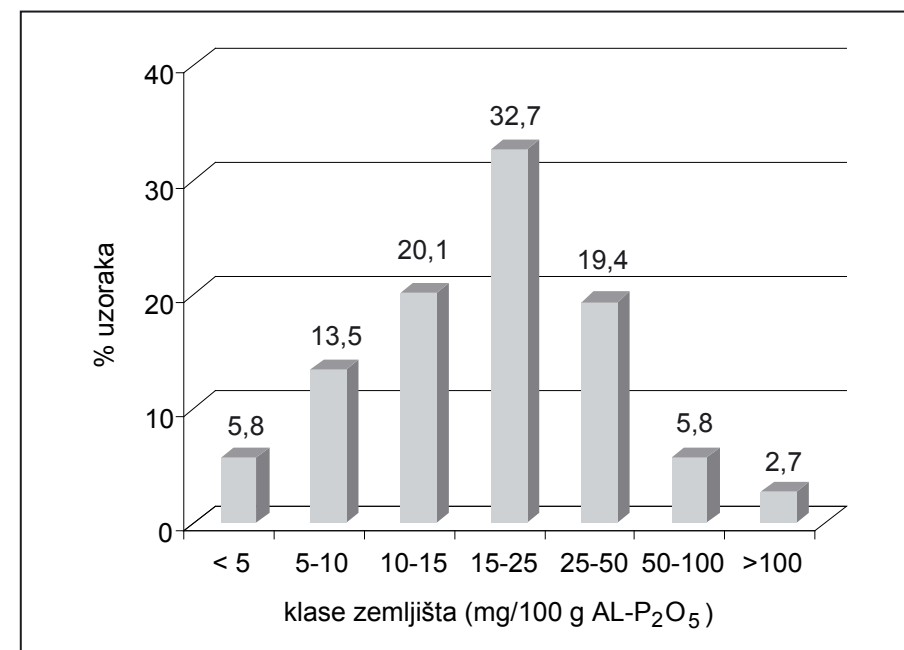
Sadržaj humusa na oranicama u zemljištima Vojvodine (Sekulić i sar., 2007)



U grafikonu 7.4 prikazan je sadržaj lakopristupačnog fosfora u zemljištima Vojvodine.

Grafikon 7.4

Sadržaj lakopristupačnog fosfora u zemljištima Vojvodine (Sekulić i sar., 2007)

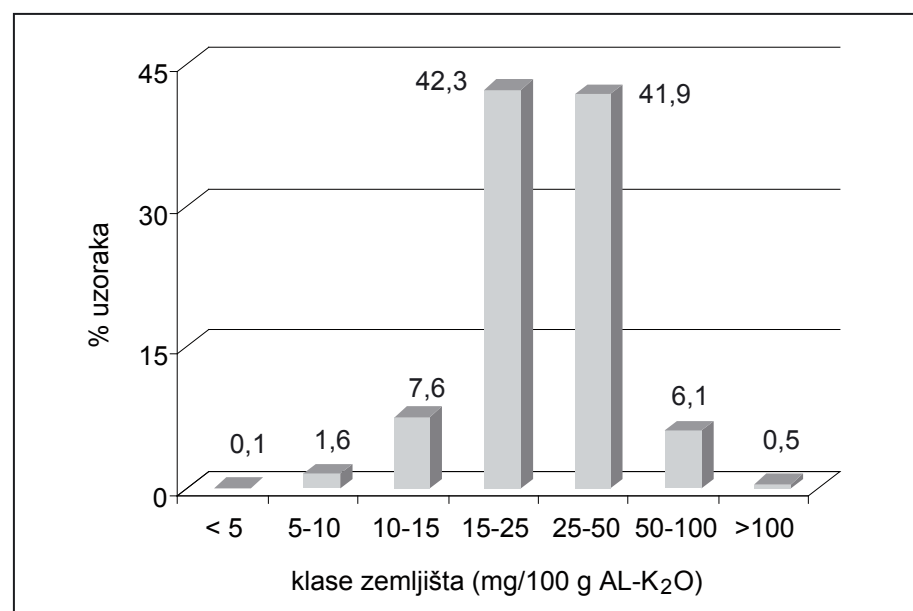


Sadržaj lakopristupačnog fosfora je direktno zavisano od uticaja čoveka. Iz grafikona 7.4 se jasno vidi da je sadržaj fosfora na vojvođanskim oranicama raspoređen u obliku normalne krive. Rezultati analiza pokazuju da sadržaj fosfora jako varira i da se đubrenje mora organizovati tek nakon uzimanja uzoraka zemljišta i dobijanja rezultata i preporuka na osnovu hemijske analize.

Soja u zrnu sadrži oko 0,65% fosfora (Loomis i Connor, 1992) ili 0,75% fosfora izraženog u P₂O₅. Sa jednom tonom prinosa i odgovarajućom masom žetvenih ostataka soja iznese 23 do 25 kg P₂O₅.

Na 32,7% (15-25 mg P₂O₅/100g zem.) površina u Vojvodini dovoljno je uneti samo one količine fosfora koje biljke iznose poljoprivrednim prinosom. Na 20,1% (10-15 mg P₂O₅/100g zem.) površina treba uneti 10 do 30% veću količinu od iznošenja. Na 13,5% (5-10 mg P₂O₅/100g zem.) mora se uneti 30 do 50% više fosfora od iznošenja, dok se na 5,8% (<5 mg P₂O₅/100g zem.) površina đubrenje mora povećati 100 do 200% od iznošenja. Na 19,4% (25-50 mg P₂O₅/100g zem.) površina može se umanjiti đubrenje fosforom za 20 do 40% od iznošenja, a na 8,5% površina (>50 mg P₂O₅/100g zem.) treba izostaviti đubrenje fosforom u zavisnosti od analize jednu do deset godina.

U grafikonu 7.5 prikazani su rezultati sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zemljištima Vojvodine.

Sadržaj lakopristupačnog kalijuma u zemljištima Vojvodine (Sekulić i sar., 2007)

Zrno soje sadrži 1,82% kalijuma (Loomis i Connor, 1992) ili 2,19% K₂O. Sa jednom tonom zrna i odgovarajućom masom žetvenih ostataka soja iznosi 50-60 kg K₂O.

Iz rezultata analiza vidi se da na svega 1,7% površina (<10 mg K₂O/100g zem.) u Vojvodini treba đubriti iznetim količinama kalijuma. Na 7,6% površina (10-15 mg K₂O/100g zem.) mora se uneti 60 do 70% od iznetih količina kalijuma. Na 42,3% njiva (15-25 mg K₂O/100g zem.) treba uneti 50 do 60% od iznetog kalijuma, a na 41,9% (25-50 mg K₂O/100g zem.) svega 20 do 40% iznetog kalijuma. Na 6,6% površina (>50 mg K₂O/100g zem.) duži niz godina se može potpuno izostaviti đubrenje kalijumom.

LITERATURA

Адамень, Ф.Ф., Вергунов, В.А., Лазер, П.Н., Вергунова, И.Н. (2006): Агробиологические особенности возделывания сои в Украине, Аграрна Наука, Киев.

Баранов, В.Ф. (2005): Соя биология и технология возделывания, Глава II, 2.4. Требование сои к факторам жизни, 35-56, Краснодар. Bohning R.H., Burnside C.A. Am. J. Botany (1956) Vol. 43. P. 557-561.

Čirić, M. (1986): Pedologija. „Svjetlost“, OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo.

Gutschy, Lj. (1950): Soja i njezino značenje u narodnom gospodarstvu, poljoprivredi i prehrani, Tehnička knjiga, Zagreb.

Дамень, Ф.Ф., Вергунов, В.А., Лазер, П.Н., Вергунова, И.Н. (2006): Агробиологические особенности возделывания сои в Украине. Аграрна наука, Киев.

Енкен, В.Б. (1959): Соя, Сельхозгиз, Москва.

Енкина, О.В. (2005): Соя биология и технология возделывания, Глава II, 2.5. Симбиотическая азотофиксация, 56-65, Краснодар.

Haberlandt, P. (1878): Die Sojabohne, Wien.

Hymowitz, T. (1988): Soybeans. The Success Story, Proceedings of the First National Symposium. New Crops: Research, Development, Economics Indianapolis, Indiana, 159-163.

Jevtić, S. (1992): Posebno ratarstvo, udžbenik, IP „Nauka“, Beograd.

Keeling, C.D., Whorf, T.P., Wahlen, M., Van der Plicht, J. (1995): Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980.

Конова, А., Христов, А. (1975): Растеж, развитие и добив на соята в зависимост от почвената порьозност, Растен. Науки, Вып. 12. No1. с. 27-40.

Kovačević, D. (2003): Opšte Ratarstvo, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Zemun.

Kurnik, E. (1976): Nagyzemy szjatermeszts. Mezgazdasgi kiad, Budapest.

Lomis, R. S. i Connor D. J. (1992): Productivity and Management in Agricultural Systems, Crop Ecology, Cambridge University Press, Cambridge 224-256.

Milić Vera, Mrkovački Nastasija, Kurjački, I. (1998): Efekat inokulacije soje na zemljištu bez Bradyrhizobium japonicum, Proizvodnja i prerada uljarica, Sveska 39, 149-153.

Molnar, I. (1987): Steuerung der Blütenbildung und Blütenentzwicklung inz Pflanzenbak. "Wissenschaftliches Colloquium" Anlässlich des 70. Geburtstages Prof. Limberg, 60-74.

Molnar, I. (1988): Uticaj ekoloških faktora- klime i zemljišta na formiranje prinosa. Zbornik referata XXII seminaru agronoma, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, 41-52, Novi Sad.

Molnar, I., Milošev, D., Kurjački, I. (2003): Praktikum iz opšteg ratarstva. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Мякушко, Ю.П., Баранова, В. Ф. (1984): Соя. Колос, Москва.

Nejgebauer, V. (1951): Vojvođanski černozem, njegova veza sa černozemom istočne i jugoistočne Evrope i pravac njegove degradacije. Naučni zbornik Matice srpske, sv. 1.

Nenadić, N., Mišković, M., Cvetković, R. (1986): Iznalaženje racionalnog sistema đubrenja soje. Zbornik radova o unapređenju proizvodnje soje, suncokreta i uljane repice, Arandelovac, 95-109.

Planchon, C. (1986): Ecophysiology of soybean. I. Adaptation to conditions of light and temperature. Le Soja, CETIOM, INRA, Toulouse, 73-78.

Rajičić, M. (1988): Uticaj vremena i gustine setve na kvantitativne osobine i prinos soje. Zbornik referata XXII seminara agronoma, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, 369-377, Novi Sad.

Reicosky D.C. i Heatherly L. G. (1990): Soybean, Irrigation of agriculture crops, 639-679, USA.

Sekulić, P., Kurjački, I., Vasin, J., Šeremešić, S. (2007): Plodnost poljoprivrednih površina na privatnom sektoru u Vojvodini. Ekonomika poljoprivrede, br. 1/2007. str. 73-84, Beograd.

Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umetnosti Bosni i Hercegovine, Posebna izdanja, knjiga LXXVIII, Sarajevo.

Statistički godišnjak Srbije, za 1999. godinu.

Stevanović Branka, Janković, M. (2001): Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka. NNK Internacional, Beograd.

Stevanović, D., Jakovljević, M., Brković, M. (1992): Problematika fertilizacije kiselih zemljišta Srbije. Zbornik radova XXVI Seminar agronoma. Sv. 20: 61-73. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.

Vratarić Marija, Sudarić Aleksandra (2007): Tehnologija proizvodnje soje, Poljoprivredni institut Osijek, Zvezda Zagreb.

Vučić, N., Bošnjak, Đ. (1980): Potencijana evapotranspiracija soje u klimatskim uslovima Vojvodine. Arhiv za poljoprivredne nauke Vol. 41 sv. 144, 569-575.

Залотницкий В. А. (1962): Соя на Дальнем Востоке. Хабаровск.

MINERALNA ISHRANA SOJE

Novica Petrović, Ivana Maksimović

Mineralni elementi imaju raznovrsne uloge u životu biljaka. Oni učestvuju u izgradnji organskih jedinjenja, njihovi joni katališu brojne biohemijske procese, imaju važnu ulogu u regulisanju vrednosti pH i osmotskog potencijala ćelija, hidrataciji koloida protoplazme i dr. Zahvaljujući tome, oni posredno ili neposredno, utiču ili učestvuju u svim životnim procesima biljaka, zbog čega su njihov neophodan sastojak.

Usled specifičnog metabolizma vrste, značaj pojedinih elemenata za njihovo rastenje i razviće može da bude različit. Biljne vrste se odlikuju specifičnim zahtevima prema pojedinim elementima i sposobnostima za njihovim iskorišćavanjem. Istovremeno, nejednako su osetljive prema nedostatku ili suvišku pojedinih elemenata. Iz navedenog razloga veoma je značajno poznavanje specifičnosti mineralne ishrane svake biljne vrste, pa čak i genotipa.

Zbog izuzetnog značaja neophodnih elemenata u životnim procesima biljaka, genetski potencijal za rodost genotipa može doći do punog izražaja samo pri optimalnoj mineralnoj ishrani. Stoga su poznavanje specifičnosti potreba soje u neophodnim elementima, kao i njihovo fiziološko dejstvo, važan preduslov za uspešno gajenje ove vrste. Ovo utoliko pre što se soja odlikuje specifičnim potrebama za mineralnim materijama.

S tim u vezi u ovom poglavlju biće prikazana fiziološka uloga i značaj, nedostatak i suvišak neophodnih makro i mikro elemenata (Slika 8.1), kao i granične vrednosti njihovih sadržaja (Tabela 8.1) u ishrani soje.

ULOGA NEOPHODNIH MINERALNIH ELEMENATA U ISHRANI SOJE

Azot – fiziološka uloga i značaj

Azot se u prirodi pretežno nalazi u elementarnom obliku kao sastojak vazduha, zatim hemijski vezan u organskoj materiji biljaka i životinja i u vidu soli. Za obezbeđenost leguminoznih biljaka azotom značajnu ulogu ima biološka fiksacija atmosforskog azota koja se ostvaruje zahvaljujući simbiozi biljaka soje sa posebnim sojevima bakterija iz roda *Rhizobium*. Smatra se da se simbiotskom azotofiksacijom, zavisno od brojnih činilaca (Bethlenfalvai i sar., 1990) u proseku godišnje veže od 40 do 300 kg N/ha.

Na obrazovanje kvržica i njihovu fiziološku aktivnost utiču brojni činioci, posebno koncentracija azota u hranljivom supstratu i njegov udeo u biljkama (Vessey i sar., 1988; Franzluebbbers i sar., 1995).

Leguminozne biljke mogu da podmiruju potrebe za azotom i usvajanjem iz zemljišnog rastvora, u vidu NO_3^- i NH_4^+ jona. Ugrađivanje nitrarnog azota u organska jedinjenja nakon usvajanja odvija se nakon njegove redukcije do amonijačnog oblika. Soja je sposobna da redukuje nitrata kako u korenu tako i u nadzemnim organima (Wallace, 1986). Pri manjoj koncentraciji nitrata u spoljašnjoj sredini, udeo nitrata koji se redukuje u korenu se povećava a u nadzemnim organima smanjuje, i obrnuto, ako su biljke obilno obezbeđene nitrata, povećava se redukcija nitrata u zelenim organima (Wallace, 1986). Redukciju nitrata katališu enzimi nitrarn-reduktaza (NR) i nitrit-reduktaza (NiR). U soji su prisutna dva oblika enzima NR i to: NADH-NR i NADPH-NR (Nelson i sar., 1984).

Azot ulazi u sastav mnogih jedinjenja važnih za životne procese biljaka kao što su strukturni i katalitički proteini, nukleinske kiseline, jedinjenja koja učestvuju u prenosu energije u ćelijama, i dr. Zahvaljujući tome uloga azota u fiziološkim procesima biljaka je mnogostruka. Utvrđeno je da azot povoljno utiče na veličinu lisne površine i njenu fotosintetičku aktivnost, tj. na intenzitet i produktivnost fotosinteze, zatim na intenzitet disanja, vodni režim biljaka i dr.

Azot utiče na usvajanje i metabolizam drugih jona. Njegovo dejstvo međutim, ne zavisi samo od njegove količine već i od oblika u kome se usvaja. Uopšteno može se reći da nitrati podstiču usvajanje K, Ca i Mg u biljkama, a koče usvajanje fosfata, hlorida i sulfata, dok NH_4^+ jon utiče suprotno. Azot posredno ili neposredno utiče i na otpornost biljaka prema visokim i niskim temperaturama, suši, bolestima i dr.

Soja u nadzemnim vegetativnim organima u proseku sadrži od 1,5 do 1,6, a u zrnu od 6,5 do 7,0% azota u suvoj materiji. Soja najintenzivnije nakuplja azot u drugoj polovini vegetacije, kada je i sinteza organske materije najintenzivnija (Schilling, 1983). Količina azota koju soja iznosi iz zemljišta prinosom zavisi od brojnih

unutrašnjih i spoljašnjih činilaca. Tako na primer, prinosom od 2,7 t/ha zrna i odgovarajuće vegetativne mase iz zemljišta iznosi 240 kg N/ha.

Nedostatak azota

Azot je u biljkama dobro pokretljiv i brzo se premešta iz starijih organa u mlade. Znaci njegovog nedostatka se zbog toga prvo uočavaju na najstarijim listovima. Usled smanjene biosinteze hlorofila, oni prvo postaju svetlozeleni, kasnije zelenožute boje. U odmakloj fazi nedostatka azota uočava se opadanje cvetova i mahuna (Streeter, 1978).

U leguminoznih biljaka blaži stepen nedostatka azota po pravilu podstiče obrazovanje kvržica, u slučaju da su ispunjeni ostali neophodni uslovi. Stepenn obezbeđenosti biljaka soje azotom može da se ustanovi na različite načine, kao npr. na osnovu broja i aktivnosti kvržica, sadržaja ukupnog i mineralnog azota u listu, aktivnosti nitrarn-reduktaze, prisustva nitrata u soku ksilema i dr. Nedostatak azota može da se otkloni primenom mineralnih azotnih đubriva. Ona se biljkama mogu dati preko zemljišta ili tretiranjem nadzemnih organa razblaženim rastvorom jedinjenja azota. Prisustvo enzima ureaze u soji omogućava uspešnu primenu azota u obliku uree (Oko i sar., 2003).

Suvišak azota

Slično nedostatku i suvišak azota nepovoljno utiče na produktivnost biljaka. Prekomerna ishrana azotom podstiče rastenje vegetativnih organa usled čega su biljke suviše bujne. Višak azota utiče i na rastenje korena, koji postaje kraći i deblji.

Istovremeno treba imati u vidu da je soja najosetljivija leguminozna biljka prema suvišku nitrata. Nitrati kod soje direktno inhibiraju formiranje kvržica i aktivnost nitrogenaze (Harper i Gipson, 1984). Visoke koncentracije nitrata u apoplastu povećavaju vrednost pH, time i imobilizaciju Fe u njemu, te stoga podstiču Fe-hlorozu (English i sar., 1993).

Suvišak azota nepovoljno utiče i na otpornost biljaka prema bolestima, visokim i niskim temperaturama, suši i dr. Suvišak amonijuma i nitrata izaziva hlorozu i nekrozu koja se u početku javlja samo na rubnom delu lista, a kasnije prelazi i na interkostalni deo. Ukoliko je suvišak jako izražen, dolazi do potpunog sušenja, a zatim i do opadanja listova.

Fosfor – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju fosfor samo u oksidovanom stanju, u vidu jona ortofosforne kiseline. Soli fosfora kao što su hipofosfiti ili fosfiti, zatim PH_3 i P_4 su već u malim koncentracijama veoma štetne za biljke.

Sumpor – fiziološka uloga i značaj

Fosfor ima značajnu ulogu u izgradnji brojnih jedinjenja ćelije. Tako na primer, estri fosforne kiseline imaju dominantnu ulogu u mnogim metaboličkim procesima: fotosintezi, glikolizi, pentofosfatnom ciklusu i dr. Fosfor ulazi u sastav nukleinskih kiselina, koenzima koji učestvuju u mnogim sintetičkim procesima (Slater i sar., 1990). Od prenosilaca grupa najpoznatiji su adenzin trifosfat (ATP), koenzim-A, uridin difosfat i pirodoksal fosfat. Fosfor ulazi i u sastav koenzima koji učestvuju u prenošenju vodonika: NAD, NADP, FMN, FAD i dr. Od jedinjenja u čiji sastav ulazi fosfor od posebnog su značaja fosfolipidi i fitin. Fosfor specifično utiče na obrazovanje i aktivnost korenskih kvržica. Optimalna obezbeđenost fosforom smanjuje štetan uticaj nedostatka vode (Gutierrez-Boem i Thomas, 2001).

Optimalan sadržaj fosfora u listu soje se kreće od 0,26 do 0,50% u suvoj materiji (Tabela 8.1). Reproductivni organi, posebno leguminoznih biljaka sadrže veliku količinu fosfora, oko 0,6% u suvoj materiji. Soja intenzivno usvaja fosfor, posebno u najranijim fazama raste i razvija i u periodu obrazovanja generativnih organa (Giaquinta, 1980).

Soja iz zemljišta iznosi u proseku od 15 do 30 kg P/ha.

Nedostatak fosfora

Prvi vidljivi znak nedostatka fosfora je prestanak rasta. U početku listovi imaju tamno zelenu boju i prestaju da rastu. Akutni nedostatak vremenom izaziva gubljenje zelene boje, posebno kod leguminoznih biljaka. Istovremeno se smanjuje aktivnost bakteroida u kvržicama (Cassman i sar., 1980), a s tim u vezi i sinteza proteina i obrazovanje hloroplasta. U odmakloj fazi nedostatka fosfora povećava se sinteza antocijana, zatim se javljaju nekrotične pege, listovi se postepeno suše i opadaju. Prvi simptomi se uvek javljaju na najstarijim listovima. Nedostatak fosfora vidljivo smanjuje porast stabla koje postaje nežno i neotporno. Korenov sistem se slabije razvija, kraći je i manje razgranat.

Suvišak fosfora

Suvišak fosfora se u biljkama retko javlja, pošto se njegovi joni u zemljištu brzo vezuju i postaju nepristupačni biljkama. Međutim, preterano visoka koncentracija fosfata u hranljivoj podlozi dovodi do smanjenja porasta biljaka. Pri njegovom suvišku na listovima se javljaju tamno mrke pege koje se šire u bazalnom pravcu. Ekstremno visoke koncentracije fosfata izazivaju prevremeno odumiranje i opadanje listova. Visoka koncentracija fosfora u tkivima biljaka podstiče procese starenja i, s tim u vezi skraćuje vegetacioni period i ubrzava nastupanje faze cvetanja i plodonošenja.

Upotreba većih doza fosfornih đubriva može da smanji i usvajanje i transport gvožđa u biljkama. Slično nepovoljno dejstvo fosfor ima i na snabdevanje biljaka cinkom, manganom, bakrom i borom. U takvim slučajevima može se pojaviti hloroza i druge morfološke i anatomske promene u biljkama za koje je svojstven nedostatak jednog ili više neophodnih mikroelemenata.

Osnovni izvor sumpora za biljke su sulfatni joni (SO_4^{2-}) prisutni u zemljišnom rastvoru. Optimalna ishrana sumporom je od velikog značaja u proizvodnji soje (Lamond i sar., 1997., Sexton i sar., 1998). Smatra se da ih biljke usvajaju aktivno. Osim iz zemljišta, biljke mogu da usvajaju sumpor i u vidu SO_2 , pomoću nadzemnih organa.

Biljke sintetišu veliki broj jedinjenja koja sadrže sumpor. Ona imaju veoma značajnu ulogu u životnim procesima biljaka. Jedna od osnovnih uloga sumpora u strukturi proteina je obrazovanje disulfidne veze između polipeptidnih lanaca. Pored navedenog, sumpor učestvuje u održavanju ravnoteže sume anjona i katjona, i formiranju osmotskog potencijala ćelije, te oksido-redukcionom sistemu.

Sumpor indirektno utiče na biosintezu proteina, pošto udeo aminokiselina koje sadrže sumpor zavisi od nivoa obezbeđenosti biljaka ovim elementom. Sumpor u biljkama stvara i makroenergetska jedinjenja tipa acetil-CoA i S-adenozil metionin.

Sumpor u korenu biljaka podstiče sintezu fitohelatina, jedinjenja sposobnih da vežu teške metale Pb, Cd, Zn, Cu i dr., i time onemogućuje njihovo veće nakupljanje u nadzemnim organima (Grill i sar., 1990). Primenom sumpora na zemljištima sa višim pH vrednostima moguće je otkloniti nedostatak nekih neophodnih mikroelemenata Fe, Zn, Cu, Mn i B.

Biljke usvajaju značajne količine sumpora. Leguminozne biljke sadrže približno jednake količine sumpora i fosfora. Raspodela sumpora u biljkama je specifična. Najviše ga ima u listovima, zatim u semenu i stablu, a najmanje u korenu. Smatra se da je soja dobro obezbeđena sumporom ako se njegov sadržaj u suvim listovima kreće od 0,21 do 0,40% (Tabela 8.1).

Nedostatak sumpora

Nedostatak sumpora usporava raste i razvija biljaka. Simptomi nedostatka sumpora slični su nedostacima azota. Međutim, prvi znaci nedostatka azota javljaju se na najstarijim listovima, a sumpora na najmlađim listovima. Pri nedostatku sumpora listovi dobijaju žuto zelenu boju, naročito mladi listovi. Na početku hloroza se javlja na manjim površinama, prvenstveno oko lisnih nerava. Kasnije hloroza obuhvata ceo list. Stariji listovi obično ostaju dugo zeleni i ne odumiru. Stablo je često kraće i tanje, usled čega su biljke niže. Koren obično postaje duži. Naročito je upadljiv porast dužine korenskih dlačica.

Za procenu obezbeđenosti biljaka sumporom koristi se sadržaj sulfatnog jona i ukupnog sumpora u zemljištu i u biljkama, zatim odnos sadržaja N/S, S/Zn (Kastori, 1990), i S/Mn u pojedinim organima biljaka.

Suvišak sumpora

Suvišak sumpora može da se javi u atmosferi, kao posledica sagorevanja fosilnih goriva. Sumpor u atmosferu dospeva i prirodnim putem (npr. vulkanskom aktivnošću, oslobađanjem iz geotermalnih izvora). U uslovima suviška sumpora listovi zaostaju u porastu, javljaju se mrke nekrotične pege prvo po rubu a zatim i na interkostalnom delu lista, koje se postepeno šire prema glavnom nervu. U ekstremnim slučajevima javlja se i defolijacija. Istovremeno, veće koncentracije sulfata u zemljištu smanjuju usvajanje nekih biogenih elemenata B, Mo i Se.

Kalijum – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju kalijum u vidu jona (K^+) iz zemljišnog rastvora ili sorpcionog kompleksa. Sa stanovišta ishrane biljaka od posebnog značaja je odnos udela kalijuma i amonijuma, natrijuma, magnezijuma, kalcijuma i bora u hranljivoj sredini.

Kalijum je u biljkama veoma dobro pokretljiv. On se uvek akumulira u najmlađim organima i delovima biljaka, u kojima je intenzivna deoba ćelija, kao što su vegetativna kupa korena i stabla, ili pak u organima u kojima je promet materija intenzivan.

Uloga kalijuma u životnim procesima biljaka je raznovrsna. Kalijum neutrališe organske kiseline, podstiče bubrenje koloida protoplazme i utiče na vodni režim biljaka. Kalijum podstiče transformaciju svetlosne u hemijsku energiju, asimilaciju CO_2 (Mauk i sar., 1990), kao i oksidativnu fotofosforilaciju. Kalijum utiče i na metabolizam azotnih jedinjenja, i biosintezu proteina. Prema ispitivanjima Nitsos i Evans (1966), za sintezu enzima nitrat-reduktaze neophodan je kalijum. Njegova uloga u ovom procesu je specifična i ne mogu ga zameniti drugi jednovalentni katjoni.

Biljke nakupljaju značajne količine kalijuma. Smatra se da je soja optimalno obezbeđena kalijumom ako sredinom vegetacije potpuno razvijeni listovi sadrže od 1,8 do 3,4% kalijuma u suvoj materiji (Tabela 8.1). Raspodela kalijuma u biljkama je specifična. U fiziološkoj zrelosti soje najveći sadržaj kalijuma imaju listovi, zatim lisne drške, a najmanji stablo (Coale i Grove, 1991).

Nedostatak kalijuma

Smatra se da su biljke soje neobezbeđene kalijumom ukoliko je njegov sadržaj u mladim potpuno razvijenim listovima manji od 10 g/kg suve materije (Hallmark i sar., 1991). Pri nedostatku kalijuma raste biljaka je usporeno, vremenom potpuno prestaje. Usled velike pokretljivosti kalijuma u biljkama prvi vidljivi simptomi njegovog nedostatka uočavaju se na najstarijim listovima. Prvi vizuelni znaci u vidu nekroze javljaju se na vrhu i duž ivice lista. Vremenom se nekrotične pege, čija boja može da bude različita, šire u interkostalnom delu prema sredini lista. Rub lista se istovremeno savija nadole.

Nedostatak kalijuma utiče na građu i rasteenje stabla. Ono postaje tanje, neotporno na poleganje, a internodije su kraće. Nedostatak kalijuma se odražava i na građu i rasteenje korena. On ostaje kratak, slabo se grana, smanjuje se broj i veličina korenovih dlačica, gubi boju i lako podleže napadu parazita.

U slučaju nedostatka kalijuma biljke brzo venu, zbog čega su neotporne na visoke temperature i nedostatak vode u zemljištu.

Suvišak kalijuma

U prirodi se suvišak kalijuma samo izuzetno javlja pošto su biljke dosta otporne na veći sadržaj ovog elementa. Visok sadržaj kalijuma u zemljištu ili primena većih količina kalijumovih đubriva može da izazove posredne nepovoljne efekte. Suvišak kalijuma može da dovede do nedostatka kalcijuma i magnezijuma i/ili da podstakne pojavu nedostatka bora, cinka i mangana. Pri primeni većih doza kalijumovih đubriva štetno dejstvo može da izazove i prateći anjon, npr. hlor.

Kalcijum – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju kalcijum u vidu Ca^{2+} jona i/ili u vidu kompleksnih jedinjenja. Ukupan sadržaj kalcijuma u biljkama u proseku se kreće od 0,5 do 1,0% u suvoj materiji (Kastori i sar., 1979).

Uloga kalcijuma u životnim procesima biljaka je višestruka. U novije vreme naročito se ističe njegov značaj u održavanju strukture i funkcije ćelijskih membrana. Za razliku od drugih katjona, kalcijum aktivira samo mali broj enzima, često nespecifično, tako da njegovu ulogu u aktivaciji enzima mogu da zamene drugi joni, na primer magnezijum i mangan.

Kalcijum podstiče infekciju rizobijumom i početno rasteenje i razviće kvržica (Franco i Munns, 1982), i utiče na izduživanje i diferencijaciju ćelija.

Kalcijum utiče na bubrenje koloida protoplazme tako što smanjuje hidratisanost koloida i na taj način povećava viskozitet i stabilnost protoplazme.

Količina kalcijuma, koja se prinosom iznosi iz zemljišta u prvom redu zavisi od visine prinosa i zahteva biljne vrste za ovim elementom. Tako na primer, soja prinosom od 2,7 t/ha zrna i odgovarajuće vegetativne mase iznosi iz zemljišta 75 kg Ca/ha. Smatra se da je soja dobro obezbeđena kalcijumom ako u suvim listovima sadrži od 0,4 do 2% ovog elementa (Tabela 8.1).

Nedostatak kalcijuma

Prvi vizuelni simptomi nedostatka kalcijuma javljaju se na najmlađim organima. Biljke poprimaju žbunast izgled i znatno zaostaju u porastu. U nedostatku

kalcijuma u ćelijama lista smanjuje se turgor. Lišće počinje da se uvija i poprima filiforman oblik. Prvo na najmlađim, a kasnije i na starijim listovima uočavaju se znaci hloroze i nekroze. Nekroza se širi od vrha i ivice lista, tako da u kasnijim fazama nedostatka zahvata ceo list. Karakteristično je da nervatura lista u potpuno nekrotiranim listovima uvek ima tamniju boju od interkostalnih površina. Kalcijum utiče na stabilnost hlorofil-protein kompleksa u fotosistemu II (Milivojević i Stojanović, 2003). Pri nedostatku kalcijuma često dolazi i do prelamanja stabla. Nedostatak kalcijuma izaziva prevremeno opadanje cvetova. Broj cvetova i mahuna, ukoliko se uopšte obrazuju, biva značajno smanjen.

Nedostatak kalcijuma odražava se i na rast i građu korena. Meristemsko tkivo korena gubi embrionalni karakter, usled čega koren vremenom postaje rudimentiran.

Suvišak kalcijuma

Neposredno dejstvo suviška kalcijuma nije poznato. Veće količine kalcijuma nisu toksične za biljke, čak povoljno utiču na njihovu otpornost prema toksičnim koncentracijama nekih, posebno neesencijalnih elemenata (Hanson, 1984; Kastori i Petrović, 1987). Prisustvo veće količine kalcijuma u zemljištu može, međutim, nepovoljno da se odrazi na pristupačnost nekih mikroelemenata, na primer Fe (Haleem i sar., 1993), B, Mn, Zn i Cu. Primenom većih količina soli kalcijuma prateći anjoni, hlorni i sulfatni, mogu da ispolje štetno dejstvo.

Magnezijum – fiziološka uloga i značaj

Za razliku od kalcijuma koji se pretežno pasivno usvaja, usvajanje magnezijuma je povezano sa metaboličkim procesima. Brojni autori ističu da je usvajanje magnezijuma kod soje naročito intenzivno pri nedostatku kalijuma.

Sadržaj magnezijuma u biljkama kreće se od 0,1 do 1,0% u suvoj materiji. Smatra se da su biljke soje, koje u nadzemnim vegetativnim organima sadrže 0,5% magnezijuma u suvoj materiji, optimalno obezbeđene ovim elementom.

Magnezijum utiče na sintezu hlorofila jer je njegov sastavni deo, a podstiče biosintezu drugih pigmenata hloroplasta iako ne ulazi u njihov sastav. Magnezijum je važan aktivator brojnih enzima koji učestvuju u prenosu i transformaciji energije i podstiče aktivnost brojnih oksidativnih dekarboksilaza.

Magnezijum utiče i na metabolizam azota. U slučaju njegovog nedostatka povećava se udeo neproteinskih azotnih jedinjenja na račun proteina. Istovremeno u tim uslovima ribozomi gube sposobnost za biosintezu proteina.

Zajedno sa ostalim katjonima magnezijum utiče i na bubrenje koloida protoplazme i, zahvaljujući tome, neposredno na vodni režim biljaka. Magnezijum učestvuje i u neutralizaciji organskih kiselina u ćeliji.

Količine magnezijuma iznete iz zemljišta prinosom veoma su različite i zavise od brojnih činilaca. Tako na primer, soja prinosom od 2,7 t/ha zrna i odgovarajućom vegetativnom masom iznosi iz zemljišta 32 kg Mg/ha. Smatra se da je soja dobro obezbeđena magnezijumom ako u suvim listovima sadrži od 0,3 do 1,0% magnezijuma (Tabela 8.1).

Nedostatak magnezijuma

Ako je sadržaj magnezijuma u potpuno razvijenim listovima soje manji od 0,10% u suvoj materiji, može se smatrati da su biljke nedovoljno obezbeđene ovim elementom.

Prvi simptomi nedostatka magnezijuma obično se javljaju na najstarijim listovima. U slučaju da biljke brzo rastu, znaci nedostatka mogu se istovremeno uočiti i na mlađim listovima. Pri nedostatku magnezijuma razgrađuju se molekuli hlorofila i menja ultrastruktura građa hloroplasta. Usled razgradnje molekula hlorofila javlja se hloroza, prvo između lisnih nerava, pa zahvaljujući tome tkiva oko lisnih nerava, naročito oko glavnog nerva, dugo ostaju zelena. Na hlorotičnim površinama, koje su obično žute boje nastaju mrke nekrotične pege koje se vremenom šire.

Suvišak magnezijuma

Suvišak magnezijuma se u prirodi retko javlja. Smatra se da magnezijum na biljke deluje toksično ako je njegov sadržaj u suvoj materiji veći od 1,5%.

Nepovoljno dejstvo visokog udela magnezijuma u prvom redu se ogleda u promeni odnosa udela magnezijuma i kalcijuma u tkivima biljaka. Suvišak magnezijuma izaziva nedostatak kalcijuma, usled čega se naročito na korenu, a često i na nadzemnim organima, mogu uočiti simptomi koji podsećaju na nedostatak kalcijuma.

Gvožđe – fiziološka uloga i značaj

Biljke mogu da usvajaju gvožđe preko korena ili nadzemnih organa u obliku Fe^{2+} i Fe^{3+} jon kao i u vidu Fe-helta. Na usvajanje gvožđa utiču brojni činioci, na primer, pH vrednost zemljišta, sadržaj fosfata, Ca^{2+} , NO_3^- , NH_4^+ u hranljivoj sredini i dr.

Gvožđe se u biljkama soje pretežno ili isključivo transportuje u helatnom obliku (Smith, 1984). Pokretljivost gvožđa u biljkama je slaba tako da je i njegova retranslokacija iz starijih organa u mlađe spora.

Leguminozne biljke u proseku sadrže više gvožđa od trava. Razlike u sadržaju gvožđa postoje i između genotipova iste vrste (Kastori i sar., 1978). Optimalno su obezbeđene gvožđem biljke soje koje u suvim listovima sadrže od 44 do 60 mg/kg ovog elementa (Tabela 8.1). Raspodela gvožđa po organima kod soje je sledeća: u listovima se nalazi 28, stablu 27, mahunama 18 i u zrnu 27%. Koren biljaka soje sadrži takođe značajne količine gvožđa.

Soja prinosom od 2,1 t/ha zrnai odgovarajućom masom nadzemnih vegetativnih organa iznosi iz zemljišta oko 1700 g gvožđa.

Gvožđe neposredno ili posredno učestvuje u brojnim procesima u biljkama. Do sada su brojni autori utvrdili pozitivnu korelaciju između sadržaja gvožđa i hlorofila (Petrović, 1987). U biljkama postoje dve grupe proteina koje sadrže gvožđe, hem-proteini (citohromi i enzimi peroksidaza i katalaza) i gvožđe-sumpor proteini. Gvožđe, zajedno sa Mo, čini neophodnu komponentu aktivnog centra enzima nitrogenaze (Terry i Jolly, 1993). U fiziološki aktivnim kvržicama korena nalazi se protein leghemoglobin koji sadrži gvožđe i čija sinteza je kodirana zajedničkim delovanjem gena soje i rizobijuma.

Gvožđe-sumpor proteini imaju značajnu ulogu i u fotosintezi i oksidativnoj fosforilaciji. Najvažniji metaloprotein iz ove grupe je feredoksin. Gvožđe utiče na aktivnost enzima akonitaze i RuBPCase (Petrović, 1987).

Gvožđe utiče i na metabolizam proteina. U njegovom nedostatku smanjuje se sadržaj proteina, a povećava udeo rastvorljivih azotnih jedinjenja, posebno aminokiseline arginina, koja se smatra karakterističnim znakom nedostatka gvožđa.

Nedostatak gvožđa

Nedostatak gvožđa uočava se najčešće na alkalnim, ali i na neutralnim i kiselim zemljištima. Do nedostatka gvožđa može ponekad doći i konkurentskim delovanjem gvožđa i drugih jona teških metala. Stoga su simptomi nedostatka gvožđa i suviška nekih teških metala često slični, pa ih je ponekad teško razlikovati. Smatra se da je kritična donja granica za sadržaj gvožđa u listu 60 mg/kg suve materije (Heitholt i sar., 2003).

Soja spada u biljne vrste koje se odlikuju većom osetljivošću prema nedostatku gvožđa i sa izraženom genetskom specifičnošću u odnosu na ishranu gvožđem (Froelich i Fehr, 1981). Ishrana gvožđem i njegovo iskorišćavanje kod soje su veoma varijabilni između različitih genotipova. Stvaranje genotipova tolerantnih prema Fe-hlorozi se pokazalo kao najefikasnija mera za savladavanje ove fiziološke bolesti (De Cianzio i Voss, 1994; Goos i Johnson, 2001). Otkriveni su i SSR markeri povezani sa otpornošću soje prema Fe-hlorozi čije korišćenje značajno povećava efikasnost oplemenjivanja na ovo svojstvo (Charlson i sar., 2003).

Pri nedostatku gvožđa interkostalne površine najmlađih listova postaju svetlo žute do žuto zelene, a kasnije poprimaju limun žutu boju, a ponekad i belu boju. Hloroza na starijim listovima se kasnije javlja često tek kada gornji mlađi listovi počinju da odumiru i opadaju. Odumiranje hlorotičnih listova počinje pojavom nekrotičnih pega. Do nekroze najpre dolazi na rubnom delu a zatim na interkostalnim površinama liske.

Nedostatak gvožđa utiče i na rastenje i građu korenovog sistema. Uočeno je da u uslovima nedostatka gvožđa dolazi do smanjenja izduživanja korena i do zadebljanja njegovog vrha.

Za utvrđivanje nivoa obezbeđenosti biljaka gvožđem, pored uobičajenih metoda, u novije vreme predlaže se utvrđivanje sadržaja dvovalentnog gvožđa, odnos sadržaja P/Fe, K/Ca, K/Mg i N/K.

U lečenju Fe-hloroze primenjuju se različita jedinjenja gvožđa kao i agrotehničke, meliorativne i druge mere. Posebno dobre rezultate daje primena helatnog oblika gvožđa FeEDDHA (Goos i Johnson, 2001).

Neorganske soli gvožđa i Fe-helati primenjuju se preko zemljišta ili folijarno. U slučaju tretiranja nadzemnih organa postupak treba nekoliko puta ponoviti. Neki autori preporučuju potapanje semena, pre setve, u rastvor soli gvožđa. Na ovaj način se biljke mogu obezbediti potrebnim količinama gvožđa samo u prvim fazama rasteња i razvića.

Suvišak gvožđa

Suvišak gvožđa se u prirodi retko javlja. U slučaju njegovog suviška inhibiran je porast svih vegetativnih organa. Listovi postaju tamno do plavo zeleni, postepeno dolazi do pojave nekrotičnih pega i nekroze rubnog dela liske. Koren dobija mrku boju.

Suvišak gvožđa može da izazove i inaktivaciju ili usled antagonističkog delovanja nedostatak nekih neophodnih elemenata.

Uočeno je da su genotipovi soje koji su sposobni da u listovima prekomerno nakupljaju gvožđe manje otporni na napad štetočina i pojavu bolesti (Elden i Kenworthy, 1994).

Mangan – fiziološka uloga i značaj

Ukupan sadržaj mangana u zemljištu se kreće od 200 do 2000 mg/kg. Biljke usvajaju mangan iz zemljišta, u obliku Mn^{2+} jona i u vidu Mn-helata.

Sadržaj mangana u suvoj materiji biljaka soje u proseku se kreće od 50 do 120 mg/kg. Kao kritični sadržaj pri kojem se javljaju simptomi nedostatka mangana u potpuno razvijenim listovima soje navodi se sadržaj od 15 mg/kg suve materije (Wilson i sar., 1982).

Uloga mangana u životnim procesima biljaka je višestruka. Do sada je izolovano nekoliko enzima koji sadrže mangan, npr. superoksid-dismutaza i kisela fosfataza. Mangan utiče na aktivnost brojnih enzima uključenih u procese fosforilacije i oksidacije. Mangan je neophodan pri fotooksidaciji vode i redukciju CO_2 . Veći broj istraživača ustanovio je povoljno dejstvo mangana na sadržaj pigmenata hloroplasta. Prema Ohki (1981) pri nedostatku mangana sadržaj hlorofila kod soje se smanjio za 52%.

Mangan učestvuje i u završnim fazama redukcije nitrata. Iz soje su izolovani flavoproteini koji samo u prisustvu mangana mogu da redukuju nitrata. Mangan utiče ne samo na redukciju CO₂ i NO₃, već i sulfatnog jona. Mangan ima značajnu ulogu i u metabolizmu aminokiselina i proteina, kao i lipida (Wilson i sar., 1982).

Značajna je i uloga mangana u uklanjanju slobodnih radikala iz ćelija. U soji je i u nadzemnom delu i u korenu pronađeno više izoenzima koji odgovaraju Mn-SOD-u (Rodrigues Ferreira i sar., 2002).

Mangan podstiče obrazovanje korenskih kvržica, a time i fiksaciji atmosferskog N₂. Mangan je neophodan za deobu i rastenje ćelija.

Nedostatak mangana

Nedostatak mangana obično se javlja na alkalnim i slabokiselim zemljištima, na zemljištima koja su bogata organskoj materijom ili su slabo drenirana.

Nedostatak mangana na biljkama izaziva hlorozu. Ova hloroza ne obuhvata ravnomerno ceo list, već samo interkostalni deo. Listovi prvo postaju svetlo zeleni, a kasnije se na njima stvaraju mrke hlorotične pege rasute po celoj liski dajući joj mozaičan izgled (Heeman i Campbell, 1980). Osnova liske, a posebno deo oko glavnog nerva, dugo ostaje zelena i neoštećena. Ako je nedostatak mangana značajno izražen, javlja se nekroza, perforacije i na kraju potpuno odumiranje listova.

Kod soje i drugih leguminoza, nedostatak mangana izaziva karakteristične promene u semenu. Na unutrašnjoj površini kotiledona javljaju se tamno zelene površine. Smatra se da su one izazvane povećanim sadržajem rastvorljivih organskih azotnih jedinjenja, prvenstveno aminokiselina. Na spoljašnjoj površini takvih semena često se uočavaju udubljenja (Wilson i sar., 1982).

U cilju otklanjanja nedostatka mangana koriste se različita jedinjenja mangana, kao i mineralna đubriva obogaćena manganom. Primenjuju se preko zemljišta ili folijarno. Zbog slabe pokretljivosti mangana u biljkama, folijarno tretiranje treba ponoviti dva do tri puta u intervalu od 14 dana.

U cilju obezbeđivanja biljaka manganom u najranijim fazama rastjenja i razvića preporučuje se i zaprašivanje semena pre setve solima mangana, ili potapanje semena kraće vreme u razblaženi rastvor soli mangana.

Suvišak mangana

Suvišak mangana uočava se na zemljištima koja imaju visok sadržaj mangana, nisku pH vrednost i visok redukcionu potencijal. Prema Edward i Asher (1982) kod soje, kritična toksična koncentracija mangana (ona koja smanjuje produkciju organske materije nadzemnog dela za 10%) iznosi 600 mg/kg u suvoj materiji.

Suvišak mangana inhibira sintezu hlorofila, zbog čega se njegov sadržaj u biljkama postepeno smanjuje. Smatra se da pri suvišku mangana nastaje antagonizam

između njega i gvožđa i kao rezultat toga javlja se sekundarni nedostatak gvožđa. Hloroza izazvana suviškom mangana razlikuje se od one prouzrokovane nedostatkom gvožđa, u prvom redu po tome što se ne javlja na istom delu biljke. Mn-hloroza prvo se uočava na starijim listovima, a Fe-hloroza na najmlađim. Hloroza izazvana suviškom mangana širi se od vrha i ruba lista prema osnovi, pri čemu se često uočava uvijanje liske. Na hlorotičnim listovima nakon izvesnog vremena javljaju se mrke do tamnomrke pege i nekroza.

Nepovoljno dejstvo suviška mangana može da ublaži veći sadržaj K, Na, Mg, a posebno Ca u zemljištu. Smanjenju toksičnosti mangana za soju mogu značajno da doprinesu arbuskularne mikorizne gljive (Nogueira i sar., 2004). Takođe, čine se naporu u pravcu stvaranja genotipova soje koji se odlikuju većom tolerantnošću prema visokim koncentracijama mangana u tkivu (Heeman i Campbell, 1981) ili manjom sposobnošću za njegovim nakupljanjem (Brown i Devine, 1980).

Cink – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju cink u vidu jona (Zn²⁺) ili helata. Mehanizam njegovog usvajanja još uvek nije jasan. U novije vreme, međutim, sve više prevladava mišljenje da je u biljaka soje usvajanje i nakupljanje cinka genetski kontrolisan proces (Hartwig i sar., 1991).

Cink spada u grupu elemenata čija pokretljivost u biljkama nije naročito velika. White i sar. (1981) su uočili da se cink u biljkama soje u ksilemu pretežno transportuje u jonskom obliku. U starijim listovima cink je slabo pokretljiv, dok je u mladim listovima njegova pokretljivost bolja.

Smatra se da su biljke soje obezbeđene cinkom kada je njegov sadržaj, na početku formiranja mahuna, u mladim potpuno razvijenim listovima od 20 do 50 mg/kg suve materije. Ukoliko je njegov sadržaj manji od 10 mg/kg suve materije u većini slučajeva na biljkama su lako uočljivi morfološki znaci nedostatka cinka.

Zavisno od visine prinosa i drugih unutrašnjih i spoljašnjih činilaca soja iznosi iz zemljišta od 200 do 400 g Zn/ha.

Cink ima veoma važnu ulogu u prometu materija biljaka. Ulazi u sastav brojnih enzima: karboanhidraze, glutamat- i malat-dehidrogenaze, zatim alkalne fosfataze, super-oksida-dismutaze, proteinaza i peptidaza. Cink je potreban i za aktivaciju enzima izomeraze, aldolaze, dehidrogenaze, RNA- i DNA- polimeraze i dr. Prisustvo cinka je neophodno za sintezu auksina, dakle za rastenje biljaka.

Cink utiče i na intenzitet fotosinteze i disanja, metabolizam lipida i obrazovanje skroba. On takođe utiče na usvajanje i metabolizam drugih jona, npr. bakra, mangana, a posebno fosfora. Cink povećava otpornost biljaka prema bolestima, virusnim oboljenjima, suši i niskim temperaturama. U nadzemnom delu i korenu pronađeno više izoenzima koji odgovaraju Zn-SOD-u, koji neutrališu slobodne radikale u ćelijama (Rodrigues Ferreira i sar., 2002).

I kada ne utiče na prinos, sadržaj cinka utiče na hranljivu vrednost proizvoda od soje (Jahiruddin i sar., 2001).

Nedostatak cinka

Osetljivost pojedinih biljnih vrsta na nedostatak cinka je različita. Od njihovih biljaka najosetljivije su soja, kukuruz i lan. Tipični morfološki znaci nedostatka cinka su simptomi koji su izazvani nedovoljnom količinom auksina: pre svega mali, sitni i uski listovi, zatim skraćene internodije i rozetast izgled usled izostanka uspostavljanja apikalne dominacije. Pored toga, na listovima se uočavaju razne deformacije, hlorotične pege i nekroza. Znaci nedostatka cinka najčešće se prvo pojavljuju na starijim a mogu i na mladim listovima. Listovi soje poprimaju bledozelenu do žutu boju. U odmakloj fazi nedostatka cinka često dolazi do slabijeg cvetanja i oplodnje, zatim prevremenog opadanja listova i mahuna. Nedostatak cinka u biljkama soje može da podstakne prekomerno nakupljanje fosfora, pa čak i da izazove njegov toksičan uticaj.

Pored bioloških testova, hemijske analize zemljišta i lisne dijagnoze, u novije vreme se kao pokazatelj obezbeđenosti biljaka cinkom sve češće koristi odnos udela P/Zn. Tako na primer, pri latentnom nedostatku cinka kod soje, odnos udela P/Zn kreće se od 200 do 300. Aktivnost enzima RNase se takođe smatra pouzdanim pokazateljem obezbeđenosti biljaka cinkom (Johnson i Simons, 1979).

Nedostatak cinka može da se otkloni njegovim unošenjem u zemljište ili tretiranjem nadzemnih organa. U tu svrhu se koriste razna neorganska i organska jedinjenja cinka, kao i mineralna đubriva koja su obogaćena ovim elementom.

Suvišak cinka

Otpornost pojedinih biljnih vrsta i genotipova prema suvišku cinka veoma je različita. U vezi fiziološkog mehanizma otpornosti soje prema suvišku cinka još uvek ne postoji jedinstveno mišljenje. Smatra se da se tolerantniji genotipovi soje odlikuju velikim kapacitetom vezivanja cinka u korenu, posebno u ćelijskom zidu, ili nakupljanjem cinka u listovima (White i sar., 1979).

Kritična toksična koncentracija cinka kod soje kreće se od 400 do 500 mg/kg suve materije. Na listovima se javljaju crvenkasto mrke pege, a na rubu nekroza. Simptomi suviška cinka često su veoma slični znacima nedostatka gvožđa i mangana, s tom razlikom što se oni mogu uočiti kako na mlađim tako i na starijim listovima.

Povećanjem pH vrednosti zemljišta kalcifikacijom i primenom većih doza fosfornih đubriva u mnogim slučajevima moguće je smanjiti prekomerno nakupljanje cinka u biljkama i time sprečiti njegovo štetno dejstvo.

Bakar – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju bakar u obliku Cu^{2+} jona i u vidu helata. Pokretljivost bakra u biljkama je osrednja. Sadržaj bakra u soji u proseku se kreće od 15 do 35 mg/kg u suvoj materiji (Kastori i sar., 1978). Raspodela bakra u biljkama je specifična. Smatra se da se od ukupne količine bakra u biljkama, oko 2/3 nalazi u hloroplastima. Soja iznosi iz zemljišta veoma male količine bakra, u proseku svega od 100 do 200 g/ha.

Bakar spada u grupu polivalentnih elemenata. Ova osobina u velikoj meri određuje njegovu fiziološku funkciju. Značajni su proteini sa jonima bakra u aktivnom centru: plastocijanin, citohrom-oksidaza, askorbin-oksidaza, difenol-oksidaza, zatim enzimi laktaza, tirozinaza, hidroksilaza i oksigenaza. Enzimi amino-oksidaza i super-oksid dismutaza sadrže bakar kao prostetičnu grupu. U nadzemnom delu i korenu soje pronađeno više izoenzima koji odgovaraju Cu-SOD-u (Rodrigues Ferreira i sar., 2002).

Bakar utiče na stabilnost hlorofil-protein-lipidnog kompleksa, zatim na metabolizam azotnih jedinjenja i sintezu nukleinskih kiselina.

Bakar utiče na fertilnost polena (Bussler, 1981) i povećava otpornost biljaka prema niskim temperaturama i bolestima.

Uočeno je da bakar utiče i na simbiotsko vezivanje molekularnog azota. Mehanizam njegovog dejstva u tom procesu, međutim, još uvek nije jasan. Pretpostavlja se da je bakar uključen u sintezu leghemoglobina. Pored toga, zapaženo je da se broj kvržica u nedostatku bakra smanjuje. Ne isključuje se ni njegovo indirektno dejstvo preko metabolizma ugljenih hidrata.

Bakar podstiče ili inhibira usvajanje i fiziološku aktivnost brojnih elemenata, na primer, Ca, P, Mn i Fe. Postoje brojni podaci o uticaju nekih metala na usvajanje i nakupljanje bakra u biljkama.

Nedostatak bakra

Soja se ubraja u biljne vrste koje ispoljavaju veću tolerantnost prema nedostatku bakra. Kritična koncentracija bakra u soji kreće se od 3 do 5 mg/kg suve materije (Robson i Reuter, 1981). Tipični znaci nedostatka bakra kod soje su venjenje i konkavno uvijanje listova i odumiranje najmlađih organa. Uveli listovi vremenom se postepeno suše i odumiru. Pri nedostatku bakra smanjuje se pre svega sadržaj plastocianina i aktivnost fotosistema I.

Za otklanjanje nedostatka bakra koriste se neorganske soli i helatni kompleksi bakra, kao i mineralna đubriva obogaćena bakrom. Njihova primena je moguća kako folijarno, tako i preko zemljišta.

Neki autori navode da tretiranje semena bakrom pre setve stimuliše početni porast biljaka, a u nekim slučajevima, posebno ako su zemljišta nedovoljno snabdevena

ovim elementom, povećava i prinos. S tim u vezi preporučuje se potapanje semena u razblažen rastvor CuSO_4 , ili zaprašivanje semena CuSO_4 .

Suvišak bakra

Smatra se da je za soju koncentracija bakra kritično visoka ako je njegov sadržaj u suvoj materiji listova veći od 40 mg/kg (Robson i Reuter, 1981). Prvi znaci suviška se obično javljaju na starijim listovima u vidu hloroze na vrhu ili po obodu lista. List postepeno dobija crvenkasto mrku boju, koja se širi od ivice prema sredini i osnovi liske. Vremenom se javlja nekroza i sušenje listova i to kako starijih tako i mlađih. Koren, istovremeno, postaje mrk, kratak, zadebljao, sa malim brojem bočnih korenova i korenskih dlačica.

U slučaju pojave suviška bakra preporučuje se primena većih količina organskih đubriva, kalcijuma i fosfata, zatim tretiranje nadzemnih organa biljaka razblaženim rastvorom CuSO_4 ili Cu-helata.

Bor – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju bor u vidu borne kiseline i hidratisanog jona. Bor se brzo usvaja, ali je njegovo premeštanje iz jednog organa u drugi najslabije od svih neophodnih mikroelemenata.

Biljke najintenzivnije nakupljaju bor u fazi intenzivnog rasteanja lisne površine, za vreme cvetanja i oplodnje, i obrazovanja semena. Sadržaj bora u suvoj materiji dikotiledonih biljaka u proseku se kreće od 20 do 80 mg/kg. Naročito se intenzivno nakuplja u rubnom delu lista i u generativnim organima. Gajene biljke svojim biološkim prinosom iznose iz zemljišta relativno malo bora po hektaru godišnje, npr. prosek za soju je oko 100 g.

Bor direktno ili indirektno utiče na brojne metabolitičke procese. On utiče na aktivnost enzima ribonukleaze i ATP-aze, pa time i na sadržaj i metabolizam nukleinskih kiselina, zatim na intenzitet disanja i metabolizam fosfora.

Bor obrazuje komplekse sa brojnim šećerima i zahvaljujući tome povoljno utiče na njihov transport u biljkama. Primarna asimilacija azota, odnosno aktivnost nitrat-reduktaze, a time i metabolizam proteina u značajnoj meri zavisi od obezbeđenosti biljaka borom. Bor utiče i na metabolizam materija rasteanja, pre svega na biosintezu auksina. Nedostatak ili suvišak bora vidno se odražava i na strukturu hloroplasta, na taj način i na fotofosforilaciju.

Brojni rezultati ispitivanja ukazuju na veoma povoljno dejstvo bora na klijanje polena, rast i stabilnost građe polenove cevčice, kao i na proces oplodnje.

Sadržaj bora utiče i na hranljivu vrednost proizvoda od soje (Jahiruddin i sar., 2001).

Nedostatak bora

Nedostatak bora prate karakteristične morfološke, anatomske i fiziološke promene. Usled slabe pokretljivosti i retranslokacije bora u biljkama, prvi simptomi nedostatka javljaju se na najmlađim listovima i na vegetacionim tačkama nadzemnog dela i korena. Karakterističan anatomsko-histološki simptom nedostatka bora je intenzivna deoba ćelija u pojedinim organima i njihova veoma spora diferencijacija.

U nedostatku bora na listovima se javljaju hlorotične pege, smanjuje rasteanje internodija i broj bočnih pupoljaka, a mehaničko tkivo se slabije razvija. Korenov sistem se sporije razvija, a broj bočnih korenova enormno povećava. Koren vremenom poprima mrku boju i sluzastu konzistenciju. Smanjuje se obrazovanje cvetova, a oplodnja često izostaje ili je značajno smanjena. Soja, za razliku od drugih dikotiledonih biljaka, slabije reaguje na ishranu borom, a često primena bora ne utiče značajno na visinu prinosa i njegov kvalitet. Granične vrednosti sadržaja bora u zdravom, složenom listu na početku cvetanja se kreće od 45 do 60 mg B/kg suve materije.

U slučaju nedovoljne obezbeđenosti zemljišta borom preporučuje se primena mineralnih đubriva koja su obogaćena borom, zatim đubrenje ili folijarno tretiranje boraksom.

Suvišak bora

Suvišak bora, slično kao i njegov nedostatak, izaziva fiziološke i morfološke promene u biljkama. Raspon između dovoljne obezbeđenosti biljaka borom i suviška je veoma mali, pa sistematska primena bornih đubriva relativno brzo može da izazove njegov suvišak.

Bor se u biljkama pretežno prenosi transpiracionim tokom, pa se bor zbog toga u najvećoj meri nakuplja na vrhu i po obodu listova. S tim u vezi, prvi simptomi suviška bora obično se javljaju na vrhu i po ivici lista, u vidu hloroze i nekroze, prvo na starijim a kasnije i na ostalim listovima.

Molibden – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju molibden u vidu anjona, jona molibdata MoO_4^{2-} . Na usvajanje i iskorišćavanje molibdena iz zemljišta utiču brojni činioci. Tako na primer, nakupljanje molibdena u nadzemnim organima soje je naročito intenzivno pri pH vrednosti zemljišta od 5 do 7 (Mortvedr, 1981).

Molibden se u najvećoj meri nakuplja u interkostalnim delovima lista, a u znatno manjoj meri u tkivima stabla. Ako se razmatra njegova raspodela na nivou cele biljke može se zaključiti da se najveći deo nalazi u listovima. Seme, posebno leguminoznih biljaka, može da sadrži značajne količine molibdena. Seme soje u proseku sadrži od 5 do 6 mg/kg molibdena u suvoj materiji (Szabó i sar., 1987).

Sadržaj molibdena je naročito visok u kvržicama leguminoznih biljaka. Nakupljanje molibdena u kvržicama često može da dovede do smanjenja njegove koncentracije u stablu, listovima i semenu biljaka soje (Ishizuka, 1982). Naime, ako su biljke soje nedovoljno obezbeđene molibdenom njegov sadržaj u kvržicama je znatno veći nego u listovima, a u slučaju da je njegova koncentracija u spoljašnjoj sredini visoka sadržaj molibdena se u listovima u većoj meri povećava nego u kvržicama (Franco i Munns, 1981). Biljke soje biološkom prinosom od 4 t/ha iznose oko 10 g Mo/ha.

Značaj i neophodnost molibdena u prometu materija biljaka utvrđeni su u brojnim ispitivanjima. Na osnovu istraživanja izvedenih sa analognim metalima, ustanovljeno je da je uloga molibdena u redukciji nitrata specifična i nezamenljiva drugim elementima. Molibden ima značajnu ulogu u fiksaciji N_2 jer ulazi u sastav enzima nitrogenaze. Molibden utiče i na razviće kvržica tako što je u uslovima optimalne obezbeđenosti broj kvržica manji ali su one krupnije i fiziološki aktivnije. Zahvaljujući tome leguminoze tretirane molibdenom, bez obzira što često imaju manju masu kvržica nego netretirane biljke, efikasnije vrše azotofiksaciju. Zato je na zemljištima nedovoljno obezbeđenim pristupačnim molibdenom moguće kombinovanim primenom preparata na bazi molibdena i rizobijuma moguće smanjiti upotrebu azotnih đubriva.

Molibden podstiče aktivnost peroksidaze, katalaze, fenol-oksidge, zatim procese fosforilacije i dr. Takođe, molibden povoljno utiče na otpornost biljaka prema suši i nekim bolestima. Smatra se da on podstiče i diferencijaciju ćelija.

Nedostatak molibdena

U prirodi se retko mogu uočiti simptomi akutnog nedostatka molibdena na biljkama (Gupta i Lipsett, 1981). Nedostatak molibdena se obično uočava na kiselim zemljištima, gde istovremeno može da dođe i do nedovoljne obezbeđenosti biljaka N, Ca, Mg i dr., ili do suviška, npr. mangana. U svim ovim slučajevima se javlja hloroza, zbog čega se ona ne može smatrati tipičnim i pouzdanim znakom nedostatka molibdena. Kritična koncentracija molibdena kod soje kreće se od 0,1 do 1,0 mg/kg suve materije (Gupta i Lipsett, 1981).

U cilju otklanjanja nedostatka molibdena mogu se primeniti različita jedinjenja molibdena, i to preko zemljišta, folijarno ili za tretiranje semena.

Suvišak molibdena

Najčešći znak suviška molibdena je smanjenje rasteanja biljaka. U slučaju suviška molibdena porast stabla je smanjen i ono, kao i stariji listovi, postaje deblje. Istovremeno se uočava pojava većeg broja bočnih izdanaka. Karakterističan znak suviška molibdena je pojava hloroze koja se prvo javlja na najmlađim listovima i postepeno se širi na ostale delove biljke. Hloroza iz žute boje vremenom prelazi u mrku. U nekim slučajevima u ćelijama epidermisa lista i stabla mogu se javiti antocijani.

Primena B, Fe, Mn, P, kao i smanjenje pH vrednosti zemljišta može da smanji usvajanje molibdena. Isto tako, uočeno je da se usvajanje molibdena može umanjiti primenom mineralnih đubriva koja sadrže sulfat, ili upotrebom gipsa.

Kobalt – fiziološka uloga i značaj

Biljke usvajaju kobalt u vidu Co^{2+} jona ili u obliku Co-helata. Sadržaj kobalta u suvoj materiji biljaka kreće se u širokim granicama, na primer u listu soje od 0,08 do 0,15 mg/kg. Distribucija kobalta u biljkama je specifična. Više se nakuplja u generativnim nego u vegetativnim organima. U listovima se nagomilava pretežno po obodu lista, slično boru.

Biljke iznose iz zemljišta veoma male količine kobalta. Tako na primer, leguminoze biološkim prinosom iznose u proseku od 2 do 3 g/ha.

Kobalt ulazi u sastav vitamina B_{12} . Sadržaj ovog vitamina u kvržicama soje je u direktnoj pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom za biljke pristupačnog kobalta.

Veći broj autora je ukazao na značaj kobalta za fiksaciju molekularnog azota. Uloga kobalta u fiksaciji molekularnog azota je specifična pa ga u tom procesu ne mogu zameniti drugi elementi. Nakupljanje kobalta u kvržicama ukazuje na njegovu važnost za fiziološku aktivnost kvržica. Kobalt utiče i na ultrastrukturu kvržica. Njegovo prisustvo stimuliše razviće tkiva bakterija, povećava količinu poiliribozoma citoplazme kako u biljnim tako i u ćelijama bakterije. Uloga kobalta u fiksaciji molekularnog azota, i pored brojnih istraživanja, nije u potpunosti rasvetljena. Smatra se da je njegova uloga u prvom redu u aktivaciji procesa biosinteze proteina kvržica, nitrogenaze i leghemoglobina.

Nedostatak kobalta

Simptomi nedostatka kobalta u višim biljkama nisu dovoljno poznati, izuzev kod leguminoza kod kojih se pri nedovoljnoj obezbeđenosti ovim elementom uočavaju znaci nedostatka azota. Simptome nedostatka kobalta kod biljaka prvi su uočili Wilson i Nicholas (1967). Prema pomenutim autorima na mladim listovima javlja se hloroza pri nedostatku kobalta.

Biljke nedovoljno obezbeđene kobaltom potrebno je đubriti ovim elementom. Za tu svrhu predlaže se upotreba soli kobalta i/ili Co-helata. Primena kobalta može se obaviti preko zemljišta ili folijarno, tretiranjem nadzemnih organa.

Suvišak kobalta

Simptomi suviška kobalta u prirodi u normalnim prilikama još nisu uočeni. Do suviška kobalta dolazi samo u sredinama zagađenim ovim elementom ljudskim delatnostima. Suvišak kobalta izaziva hlorozu i nekrozu, a u ekstemnim slučajevima

i odumiranje i opadanje listova. Znaci suviška kobalta nisu specifični, pošto slične simptome izazivaju i visoke koncentracije drugih teških metala. Osim toga, između kobalta, gvožđa i mangana postoji antagonizam, i zbog toga suvišak kobalta može da izazove nedostatak gvožđa. Hloroza koja se javlja pri suvišku kobalta više je difuzna nego pri nedostatku gvožđa. Suvišak kobalta izaziva određene morfološke promene i na korenu, koji dobija tamnu boju.

Nikal – fiziološka uloga i značaj

Nikal (Ni) je hemijski element koji je najskorije uvršten u grupu za biljke neophodnih elemenata (Gerendás i sar., 1997). Do sada je samo za ograničen broj biljnih vrsta ustanovljeno da bez prisustva Ni ne mogu da završe svoj životni ciklus. To su biljne vrste u kojima se azot transportuje u obliku ureida, a u tu grupu biljaka se ubraja i soja. Naime, ustanovljeno je da je Ni sastojak ureaze (E.C. 3.5.1.5.), enzima iz grupe hidrolaza koji katalizuje reakciju razlaganja uree (karbamida) na ugljen dioksid i amonijak, koji se dalje uključuje u metabolizam. Ureaza ima dva atoma Ni u aktivnom centru i kod biljaka se javlja u dve izoenzimske forme, koje su kodirane sa 4 gena (Polacco i sar., 1999). Biljke koje imaju mutaciju u jednom od gena za ureazu pokazuju simptome identične simptomima nedostatka Ni. Prisustvo ureaze je dokazano u velikom broju živih organizama osim biljaka, uključujući i beskičmenjake, gljive, alge i bakterije. Test na prisustvo ureaze i njenu aktivnost je jedan od parametara za ocenu kvaliteta proizvoda od soje. Visoka ureazna aktivnost govori o nedovoljnoj termičkoj obrađenosti sojnog zrna ili brašna, a takvi proizvodi nisu pogodni za ishranu ljudi i stoke. Termički neobrađeno zrno soje sadrži inhibitore proteaza, uključujući i inhibitore tripsina, koji u većim količinama dovode do hipertrofije pankreasa. Ustanovljeno je da se prisustvo aktivnog inhibitora tripsina može indirektno odrediti merenjem aktivnosti ureaze prisutne u zrnu soje. Oba ova proteina se denaturišu i inaktiviraju tokom zagrevanja.

Osim na metabolizam azota, Ni utiče i na metabolizam gvožđa kao antagonist. Utvrđeno je i pozitivno dejstvo Ni na klijanje semena. Sadržaj nikla iznosi svega oko 0,1 mg/kg suve materije.

Nedostatak nikla

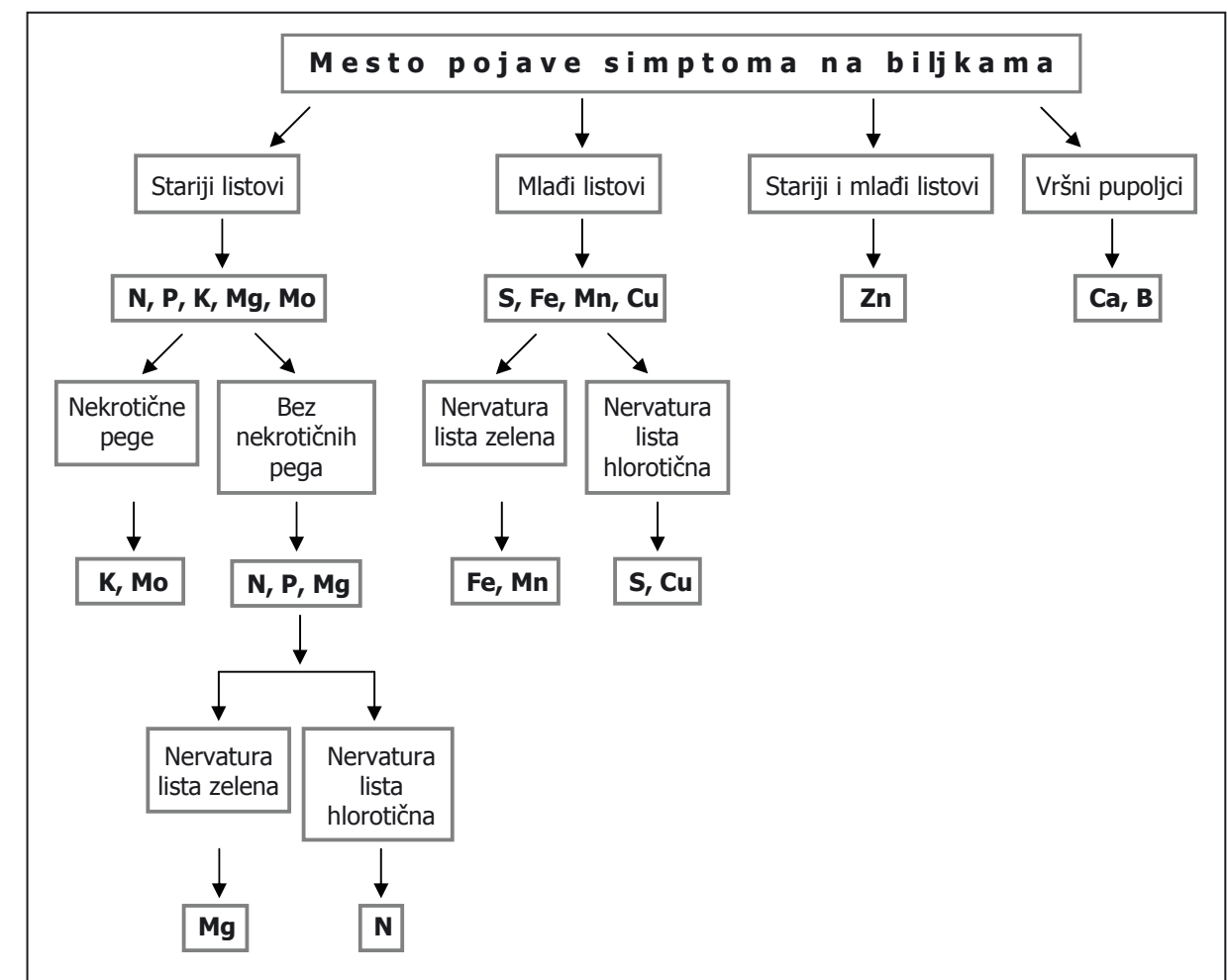
U uslovima nedostatka Ni rast biljaka se usporava, stariji listovi postaju hlorotični i biljke izgledaju kao da im nedostaje azot (Gerendás i Sattelmacher, 1997). Dolazi do gubitka ureazne aktivnosti što rezultira akumulacijom uree u tkivu i stvaranjem nekrotičnih pega na listu soje (Krogmeier i sar., 1991). Prisustvo inhibitora ureaze, kao što su joni teških metala, zatim Na^+ , K^+ , NH_4^+ i tiourea takođe mogu da prouzrokuju nedostatak Ni.

Suvišak nikla

Nikal je teški metal. U poljoprivrednim zemljištima se može naći u koncentracijama previsokim za biljke usled industrijskog zagađenja. Toksični efekti Ni, ukoliko se usvoji u previsokim koncentracijama, ispoljavaju se u vidu pojave hloroze, usporenog rasta, smanjenog usvajanja vode i mineralnih materija, i poremećajima metabolizma koji dovode do smanjenja prinosa (Poulik, 1999).

Slika 8.1

Šema za identifikaciju simptoma nedostatka pojedinih neophodnih elemenata, adaptirano prema Reddy i Reddi (1997)



Granične vrednosti obezbeđenosti soje neophodnim elementima. Sastavili na osnovu literaturnih podataka Bergmann i Neubert (1976)

Element	Vreme uzimanja uzorka za analize	Biljni deo koji se analizira	Nedostatak	Nizak sadržaj	Zadovoljavajuća granična koncentracija	Visok nivo	Toksičan nivo	
Sadržaj makro-elemenata izražen u % u suvoj materiji	N	Sredina vegetacije	VPRL*	< 3,00	3,1-4,0	4,1-5,5	5,6-7,0	>7,00
		Pre obrazovanja mahuna	GPRL**	< 4,00	4,00-4,24	4,25-5,50	5,51-7,00	>7,00
	P	Sredina vegetacije	VPRL	< 2,00	0,21-0,25	0,26-0,50	0,51-0,80	>0,80
		Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 0,16	0,16-0,25	0,26-0,50	0,50-0,80	>0,80
	K	Sredina vegetacije	VPRL	< 1,45	1,46-1,80	1,81-3,40	3,41-4,50	>4,50
		Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 1,26	1,26-1,70	1,71-2,50	2,51-2,75	>2,75
	Ca	Sredina vegetacije	VPRL	< 0,30	0,30-0,40	0,41-1,80	>1,80	
		Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 2,00	0,21-0,35	0,36-2,00	2,01-3,00	>3,00
	Mg	Sredina vegetacije	VPRL	< 0,11	0,11-0,30	0,31-1,30	>1,30	
		Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 0,11	0,11-0,25	0,26-1,00	1,01-1,50	>1,51
S	Sredina vegetacije	VPRL	< 0,16	0,16-0,20	0,21-0,40	>0,40		
Sadržaj mikro-elemenata izražen u mg/kg suve materije	B	Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 10	10-20	21-55	56-80	>80
	Cu	Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 5	5-9	10-30	31-50	>50
	Fe	Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 38	38-43	44-60	>60	
		34 dana stare biljke	GPRL	< 31	31-50	51-350	350-500	>500
	Mn	30 dana stare biljke		< 3	3-13	14-102	103-173	>173
	Mo	Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 15	15-20	21-100	101-250	>250
		Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 0,4	0,4-0,9	1,0-5,0	5,1-10,0	>10,0
	Zn	Pre obrazovanja mahuna	GPRL	< 10	10-20	21-50	51-75	>75
	Al		GPRL	< 16	<11	11-200	201-500	>500
Co		List			0,01-0,16			

*VPRL – vršni potpuno razvijeni list

**GPRL – gornji potpuno razvijeni listovi

Biogeni elementi su neophodni sastojci biljnih ćelija. Oni imaju brojne uloge u metabolizmu biljaka i indirektno ili direktno utiču na sve metaboličke procese. Biogeni elementi su sastojci organskih jedinjenja, njihovi joni deluju kao katalizatori biohemijskih reakcija, regulišu pH vrednost ćelijskog sadržaja, osmotski potencijal ćelija i učestvuju u hidrataciji ćelijskih makromolekula. Iako su neophodni elementi od vitalnog značaja za sve biljne vrste, među njima mogu da postoje značajne razlike u smislu potrebnih količina i delimično metaboličkih puteva u koje se uključuju kod različitih biljnih vrsta. Soja, kao leguminoza, ima neke specifične karakteristike u smislu zahteva za pojedinim elementima i načina njihovog metabolisanja i na te specifičnosti je ukazano u ovom poglavlju knjige. Imajući u vidu da je jedan od preduslova za puno ispoljavanje genetskog potencijala soje za prinos i kvalitet zrna uravnotežena mineralna ishrana, posebna pažnja je posvećena metaboličkoj ulozi neophodnih elemenata (N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co i Ni), graničnim vrednostima njihovog sadržaja i uticaja njihovog nedostatka i suviška na rastenje, razviće i metabolizam soje.

LITERATURA

- Bethlenfalvai, J.G., Franson, L.R. i Brown, S.M. (1990): Nutrition of mycorrhizal soybean evaluated by the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Agron. J.*, 82: 302-403.
- Bergmann, W. i Neubert, P. (1976): Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Veb Gustav Fischer Verlag Jena, p. 550-552.
- Brown, J.C. i Devine, T.E. (1980): Inheritance or resistance to manganese toxicity in soybeans. *Agron. J.* 72: 898-904.
- Bussler, W. (1981): Physiological functions and utilization of copper. In: Lonergan, J.F., Robson, A.D., Graham, R.D. (eds.) *Copper in Soil and Plants*, Academic Press. London and Orlando, 213-234.
- Cassman, K.G., Whitney, A.S. i Stockinger, K.R. (1980): Root growth and dry matter distribution of soybean as affected by phosphorus stress, nodulation, and nitrogen source. *Crop Sci.* 20: 239-244.
- Charlson, D.V., Cianzio, S.R., i Shoemaker, R.C. (2003): Associating SSR markers with soybean resistance to iron deficiency chlorosis. *J. Plant Nutr.* 26: 2267-2276.
- Coale, J.F. i Grove, H.J. (1991): Potassium utilization by no-till, full-season and double-crop soybean. *Agron. J.* 83: 190-194.
- De Cianzio, R.S. i Voss, K.B. (1994): Three strategies for population development in breeding high-yielding soybean cultivars with improved iron efficiency. *Crop Sci.* 34: 355-359.
- Edward, D.G. i Asher, C.J. (1982): Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. In: Scaife, A. (ed) *Proceedings of the 9th Plant Nutrition colloquium*. Warwick. Commonw. Agric. Bur. Farnham Royal, Bucks, 145-150.
- Elden, C.T. i Kenwerthy, J.W. (1994): Foliar nutrient concentrations of insect susceptible and resistant soybean germplasm. *Crop Sci.* 34: 695-699.
- English, G., Kosegarten, H., Mengel, K. (1993): Effect nitrogen forms on the pH in leaf apoplast. 7th International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants. 27 June - 2 July 1993, Zaragoza, Spain.
- Ferreira, R.R., Fornazier, R.F., Vitoria, A.P., Lea, P.J. i Azevedo, R.A. (2002): Changes in antioxidant enzyme activities in soybean under cadmium stress. *J. Plant Nutr.* 25: 327-342.
- Franco, A.A. i Munns, D.N. (1981): Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 1144-1148.
- Franco, A.A. i Munns, D.N. (1982b): Nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris* in solution culture. *Plant Soil.* 66: 149-160.
- Franzluebbers, F., Hons, F.M., Zuberer, D.A. (1995): Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics. *Soil Sci. Soc. America J.* 59: 1618-1624.
- Froehlich, M.D. i Fehr, R.W. (1981): Agronomic performance of soybeans with differing levels of iron deficiency chlorosis on calcareous soil. *Crop Sci.* 21: 438-441.
- Gerendás, J. i Sattelmacher, B. (1997): Significance of Ni supply for growth, urease activity and the concentrations of urea, amino acids and mineral nutrients of urea-grown plants. *Plant Soil.* 190: 153-162.
- Gerendás, J., Pollacco, J.C., Sharyn, K.F., Sattelmacher, B. (1997): Significance of nickel for plant growth and metabolism. *J. Plant Nutr.* 162: 241-256.
- Goos, R.J. i Johnson, B. (2001): Seed treatment, seeding rate, and cultivar effects on iron deficiency chlorosis of soybean. *J. Plant Nutr.* 24: 1255-1268.
- Grill, E., Winnacker, E.L. i Zenk, M.H. (1990): Phytoschelates, the heavy metal binding peptides of the plant kingdom. In: Rennenberg, H., Bruundold, C. De Kok, L.J. and Stulen, I. (Eds.) *Sulphur nutrition and sulphur assimilation in higher plants*. SPB Acad. Publ. The Hague, The Netherlands, 89-96.
- Gupta, L.J.C. i Lipsett, J. (1981): Molybdenum in soils, plants and animals. *Adv. Agron.* 34: 73-115.
- Gutierrez-Boem, F.H. i Thomas, G.W. (2001): Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition and water deficit. *J. Plant Nutr.* 24: 1711-1729.
- Haleem, A.A., Loeppert, H.R., Anderson, B.W. i Sadik, K.M. (1993): The role of CaCO₃ in iron nutrition of soybeans in calcareous soils. 7th International symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants. Abstracts, 27 June - 2 July 1993, Zaragoza, Spain.
- Hallmark, B.W., Beverly, B.R., De Mooy, J.C., Pesek, J. (1991): Relationship of diagnostic nutrient expressions to soybean phosphorus and potassium diagnoses. *Agron. J.* 83: 858-863.
- Hanson, J.B. (1984): The functions of calcium in plant nutrition. In: Tinker, B.P. and Lauchli, A. (eds.) *Advances in plant nutrition*. Praeger, New York, 149-208.
- Harper, J.E. i Gibson, A.H. (1984): Differential nodulation tolerance to nitrate among legume species. *Crop Sci.*, 24, 797-801.
- Hartwig, E.E., Jones, F.W. i Kilen, C.T. (1991): Identification and inheritance of inefficient zinc absorption in soybean. *Crop Sci.*, 31, 61-63.
- Heeman, D. P. i Campbell, C.L. (1980): Growth, yield components and seed composition of two soybean cultivars as affected by manganese supply. *Aust. J. Agric. Res.* 31: 471-476.
- Heeman, D.P. i Campbell, L.C. (1981): Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine max.* L.) Merr. cv Bragg. *Plant Soil.* 61: 447-456.
- Heitholt, J.J., Sloan, J.J., MacKown, C.T. i Cabrera, R.I. (2003): Soybean growth on calcareous soil as affected by three iron sources. *J. Plant Nutr.* 26: 935-948.
- Ishizuka, J. (1982): Characterization of molybdenum absorption and translocation in soybean plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 28: 63-78.
- Jahiruddin, M., Harada, H., Hatanaka, T. i Sunaga, Y. (2001): Adding boron and zinc to soil for improvement of fodder value of soybean and corn. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 2943-2951.
- Johnson, A.D., Simons, J.G. (1979): Diagnostic indices of zinc deficiency tropical legumes. *J. Plant Nutr.* 1: 123-149.
- Kastori, R. (1990): Neophodni mikroelementi, fiziološka uloga i značaj u biljnoj proizvodnji. Naučna knjiga, Beograd.
- Kastori, R., Belić, B., Molnar, I., Petrović, N., Džilitov, S. (1978): Dinamika sadržaja, distribucija i akumulacija gvožđa, mangana, bakra i cinka, u biljaka soje sorte Corsoy, Wilkin i Steele, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 317-329.
- Kastori, R., Belić, B., Petrović, N., Molnar, I., Džilitov, S. (1979): Dinamika sadržaja, nakupljanja i distribucija N, P, K, Ca i Mg u toku vegetacije nekih sorti soje. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 27, br. 9-10, 433-446.
- Kastori, R., Petrović, N. (1987): Zaštitno dejstvo kalcijuma u uslovima suviška fluora u soji (*Glycine max* (L.) Merr.), Zbornik Matice srpske za prirodne nauke, Novi Sad, 73, 81-90.
- Krogmeier, M. J., McCarty, G.W., Shogren, D.R. i Bremner, J.M. (1991): Effect of nickel deficiency in soybeans on the phytotoxicity of foliar-applied urea. *Plant Soil.* 135: 283-286.
- Lamond, R.E., Davied, M.A. i Gordon, W.B. (1997): Sulphur research in Kansas, U.S.A. *Sulphur in Agric.* 20:10-14.
- Mauk, S.C., Brinker, M.A., Noodu, D.L. (1990): Probing monocarpic senescence and pod development through manipulation of cytokinin and mineral supplies in soybean axillary plants. *Annals Bot.*, 66: 191-201.
- Milivojević, D. i Stojanović, D. (2003): Role of calcium in aluminum toxicity on content of pigments and pigment-protein complexes of soybean. *J. Plant Nutr.* 26: 341-350.
- Mortved, J.J. (1981): Nitrogen and molybdenum uptake and dry matter relationship in soybeans and forage legumes in response to applied molybdenum on acid soil. *J. Plant Nutr.* 3: 245-256.

Nelson, R.S., Streit, L., Harper, J.E. (1984): Biochemical characterization of nitrate and nitrite reduction in the wildtype and a nitrate reductase mutant of soybean. *Physiol. Plant.*, 61: 384-390.

Nitsos, R.E., Evans, H.J. (1966): Effects of univalent cations on the inductive formation of nitrate reductase. *Plant Physiol.*, 41: 1499-1504.

Nogueira, M.A., Magalhaes G.C. i Cardoso, E.J.B.N. (2004): Manganese toxicity in mycorrhizal and phosphorus-fertilized soybean plants. *J. Plant Nutr.* 27: 141-156.

Ohki, K. (1981): Manganese critical levels for soybean growth and physiological processes. *Journal of Plant Nutrition*, 3, (1-4): 271-284.

Oko B.F.D., Eneji, A.E., Binang, W., Irshad, M., Yamamoto, S., Honna, T. i Endo, T. (2003): Effect of foliar application of urea on reproductive abscission and grain yield of soybean. *J. Plant Nutr.* 26: 1223-1234.

Petrović, N. (1987): Uticaj nedostatka gvožđa pri različitim koncentracijama azota na aktivnost RuBPCase u nekih gajenih biljaka. *Arhiv za polj. nauke* 48: 325-336.

Polacco, J.C., Freyermuth, S.K., Gerendas, J. i Cianzio, S.R. (1999): Soybean genes involved in nickel insertion into urease. *J. Exp. Bot.* 50: 1149-1156.

Poulik, Z. (1999): Influence of nickel; contaminated soils on lettuce and tomatoes. *Scientia Horticulturae* 81: 243-250.

Reddy, T.Z. i Reddi, G.H.S. (1997): Mineral nutrition, manures and fertilizers. In *Principles of Agronomy*. pp. 204-256. Kalyani Publishers, Ludhiana, India.

Robson, A.D. i Reuter, D.J. (1981): Diagnosis of Cu deficiency and toxicity. In: Lonergan, J.F. et al., (eds) *Copper in soils and plants*. Academic Press, Sydney, 287-312.

Rodrigues Ferreira R., Francisco Fornazier R., Angela Pierre Vitória A., Peter John Lea P.J. i Ricardo Antunes Azevedo R. (2002): Changes in antioxidant enzyme activities in soybean under cadmium stress. *J. Plant Nutr.* 25, 327 – 342.

Schilling, G. (1983): Genetic specificity of nitrogen nutrition in leguminous plants. *Plant Soil*, 72, 321-334.

Sexton, P.J., Paek, N.C. i Shibles, R. (1998): Soybean sulfur and nitrogen balance under

varying levels of available sulfur. *Crop Sci.* 38: 975-982.

Slater, P.G., Elmore, R.W. i Doupnik, L.B. (1990): Soybean cultivar yield response to benomyl, nitrogen, phosphorus and irrigation levels. *Agron. J.* 83: 804-809.

Smith, B.N. (1984): Iron in higher plants: Storage and metabolic role. *J. Plant Nutr.* 7: 759-766.

Streeter, J.G. (1978): Effect of N starvation on soybean plants at various stages of growth on seed yield on N-concentration in plant parts at maturity. *Agron. J.* 70: 74-76.

Szabó, S.A., Regiusné Mócsényi Ágnes, Győri, D., Szentmihályi, S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban. I. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest.

Terry, R.E. i Jelley, D.V. (1993): Nitrogenase activity is required for the initiation of Fe-stress response in Fe-infficient T 203 soybean. 7th International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants. 27 June - 2 July 1993, Zaragoza, Spain.

Vessey, J.K., Walsh, K.B. i Layzell, D.B. (1988): Can a limitation in phloem supply to nodules account for the inhibitory effect of nitrate on nitrogenase activity in soybean. *Physiol. Plant.*, 74: 137-146.

Wallace, W. (1986): Distribution of nitrate assimilation between the root and shoot of legumes and comparison with wheat. *Physiol. Plant.* 66: 630-636.

White, M.C., Decker, A.M. i Chaney, R.L. (1979): Differential cultivar tolerance in soybean to phytotoxic levels of soil Zn. I. Range of cultivar response. *Agron. J.* 71: 121-126.

White, M.C., Decker, A.M. i Chaney, R.L. (1981): Metal complexation in xylem fluid. I. Chemical composition of tomato and soybean stem exudate. *Plant Physiol.* 67: 292-300.

Wilson, D.O., Boswell, F.C., Ohki, K., Parker, M.B., Shuman, L.M. i Jellum, M.D. (1982): Changes in soybean seed oil and protein as influenced by manganese nutrition. *Crop Sci.* 22: 948-952.

Wilson, S.B. i Nicholas, D.J.D. (1967): A cobalt requirement for non-nodulated legumes and for wheat. *Phytochemistry* 6: 1057-1060.

AZOTOFIKSACIJA SOJE

Nastasija Mrkovački

Fiksacija azota je značajan proces u održavanju života na ovoj planeti, jer omogućuje konverziju inertnog gasovitog azota (N₂) u amonijum jon (NH₄⁺), čime se povećavaju zalihe mineralnog azota, koji je neophodan za rast i razviće biljaka.

Molekularni azot sačinjava skoro 80% Zemljine atmosfere, ali većina živih organizama ne može da ga asimilira. Konverzija N₂ se odvija ili prirodnim procesom (biološkim i nebiološkim) ili industrijskom produkcijom (Haber Bosch-ov proces). Velika količina energije potrebna je za razdvajanje trostruke veze N₂ molekula, čiji se pojedinačni atomi azota spajaju sa vodonikom ili kiseonikom i formiraju se jedinjenja (NH₄⁺ i NO₃⁻) koje biljke mogu da koriste. Biološki procesi čine oko 65% ukupne godišnje fiksacije azota (17.5 x 10⁷ tona Burns i Hardy, 1975), a industrijska proizvodnja oko 25% (Newton, 1994).

Sposobnost fiksacije azota poseduje samo nekoliko rodova prokariotskih organizama. Najveći udeo biološkog azota u zemljištu potiče od simbiotske azotofiksacije (9 x 10⁷ tona azota godišnje, Hardy i Holsten, 1972).

Simbiotska azotofiksacija je proces u kome biljka domaćin (makrosimbiont) obezbeđuje energijom bakterije (mikrosimbiont), a bakterije obezbeđuju biljku redukovanim azotom iz atmosfere. Ovaj proces je otkriven još 1888. kod graška od strane Hellriegela i Wilfarta. Beijerinck je iste godine izolovao čistu bakterijsku kulturu iz kvržica ove biljke i dao im ime *Bacillus radicicola*. Bakterije iz kvržica soje izolovao je Kirchner (1895). Buchannan (1926) im je dao ime *Rhizobacterium japonicum*, a Jordan 1982. *Bradyrhizobium japonicum*.

Danas se zna da je zajednica kvržičnih bakterija iz šest rodova *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mezorhizobium*, *Azorhizobium* i *Allorhizobium* sa leguminozama jedinstvena i korisna za oba partnera. Rezultat zajednice biljke i bakterije je formiranje kvržica (nodula) na korenu biljke.

Leguminozne biljke su zahvaljujući simbiozi sa kvržičnim bakterijama, koje fiksiraju azot iz atmosfere nezavisne od azota, koji je često u zemljištu limitirajući faktor za rastenje biljaka. Prema La Rue i Pattersonu (1981) usev soje u toku vegetacije fiksira od 60-180 kg N/ha.

Sojevi kvržičnih bakterija razlikuju se međusobno u prvom redu po svojoj specifičnosti da formiraju kvržice na korenu samo određenih vrsta leguminoza. Tako sojevi *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii* i *Sinorhizobium fredii* (Martinez Romero i Caballero Mellado, 1996) formiraju kvržice na soji (*Glycine max.*). Međutim, postoji mogućnost da na korenu soje formiraju kvržice i druge vrste kao *Bradyrhizobium sp.* i vrste *Rhizobium* iz zemljišta (Sarić, 1960). Otuda i velike razlike u kapacitetu fiksacije azota kod različitih simbioznih zajednica.

Nodulacija

Bakterije koje stupaju u simbiotsku zajednicu sa leguminozama prodiru u koren biljaka preko korenskih dlačica i izazivaju formiranje kvržica po čemu su dobile naziv kvržične bakterije.

U toku uspostavljanja simbiotskog odnosa mogu se izdvojiti tri faze: prepoznavanje, infekcija i nodulacija (Prescott i sar., 2002).

U fazi prepoznavanja na površini korena dolazi do grupisanja kvržičnih bakterija i uspostavlja se bliski kontakt između ćelija bakterija i korenskih dlačica. Pretpostavlja se da u ovom bliskom kontaktu učestvuju sa jedne strane ekstracelularni ili kapsularni polisaharidi bakterija, a sa druge strane, od strane leguminoza biljni lektini. Lektini predstavljaju molekularni most između reaktivnih antigena korena i ćelija kvržičnih bakterija. Ovaj deo faze prepoznavanja naziva se preinfekciona faza i zavisi od prisustva kalcijuma.

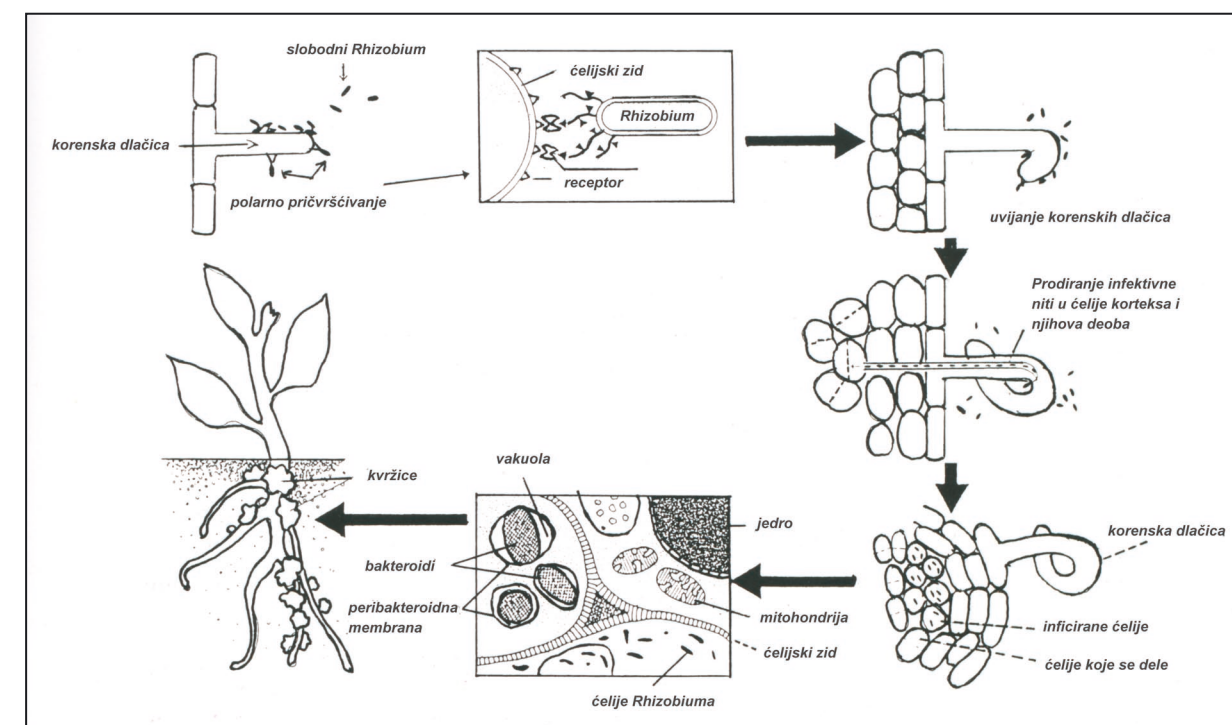
Prisustvo kompatibilnih kvržičnih bakterija blizu korenske dlačice izaziva njihovo savijanje koje signalizira infekciju. Faza infekcije počinje transformacijom triptofana (izlučenog iz korena) u indolsirćetnu kiselinu koja dovodi do uvijanja i deformacije korenskih dlačica. O ulozi materija rastenja u mehanizmu infekcije postoje različita mišljenja. Badenoch Jones i sar. (1982) su u svom radu zaključili da u procesu savijanja korenskih dlačica učestvuje indol sirćetna kiselina (IAA), kako poreklom od biljke, tako i od bakterije.

Smatra se da na mestu savijanja korenske dlačice bakterije prodiru kroz primarni ćelijski zid, izazivaju invaginaciju unutrašnjeg ćelijskog zida i plazmaleme, a zatim dolazi do stvaranja infektivne niti. Veoma mali procenat deformisanih korenskih dlačica obrazuje infektivne niti (0,6-3,2%, retko 8%). Bakterijske rezerve ugljenika u obliku polihidroksibutirata (PHB) akumuliraju se u ćelijama rizobiuma u infektivnim nitima (Lodwig i sar. 2003, 2005). Formirane infektivne niti u malom broju (samo 1-5%) oforme kvržicu (Mišustin i Šilnikova, 1968; Crespi i Galvez, 2000). Oslobođene bakterije iz infektivne niti prodiru u biljne ćelije i pod uticajem biljnih hormona dolazi do stimulacije deobe biljnih ćelija i formiranja kvržica – faza nodulacije. Biljne ćelije su odvojene od bakterijskih ćelija u kvržici putem peribakteroidne membrane. Udvardy i Day (1988) su pokazali da peribakteroidna membrana kontroliše tip i metabolizam ugljenikovih jedinjenja u bakteroidima. Unutar ove membrane sporo rastuće kvržične bakterije se dele nekoliko puta i daju oko 16 individualnih ćelija. Ove ćelije

se zatim morfološki i metabolitski diferenciraju da bi postale bakteroidi. U jednoj inficiranoj ćeliji korena može biti do 20.000 pojedinačnih bakteroida. U bakteroidima se sintetišu neophodni enzimi za funkcionisanje simbiotskog sistema (Slika 9.1). Simbionti zajednički učestvuju u formiranju leghemoglobina (biljka-globin, bakterija-hem) koji štiti enzim nitrogenazu od kiseonika, a u isto vreme obezbeđuju dovoljno kiseonika za respiratornu aktivnost u bakteroidima.

Slika 9.1.

Faze formiranja kvržica na korenu leguminoza (Ahmadjian i Paracer, 1986)



Nekoliko dana (6-7) nakon inokulacije korena soje kvržičnim bakterijama počinje sinteza nodulina pod uticajem gena biljke za nodulaciju. Među njima je poznat nodulin N-75 koji je okarakterisan kao komponenta ćelijskog zida biljke (Franssen i sar., 1987). Pored ranih biljnih nodulina u procesu azotofiksacije značajni su i kasni biljni nodulini tipa leghemoglobina (Graham, 2000), koji se kod soje pojavljuju 8-10 dana posle inokulacije.

Geni za nodulaciju su podeljeni na zajedničke gene i gene specifične za biljku domaćina. Nod ABC geni su zajednički geni i odgovorni su za prvu fazu procesa nodulacije, tj. za ćelijsku deobu bakterija, savijanje korenske dlačice i za izazivanje ekspresije ranih nodulina. Geni specifični za izbor domaćina su nod FE, nod H i nod LMN. Geni specifični za izbor soje kao domaćina nisu još nađeni. Pored gena za nodulaciju odgovornih za formiranje kvržica, geni za proces azotofiksacije su nif i fix geni.

U čistim kulturama kvržičnih bakterija od svih gena za nodulaciju jedino je

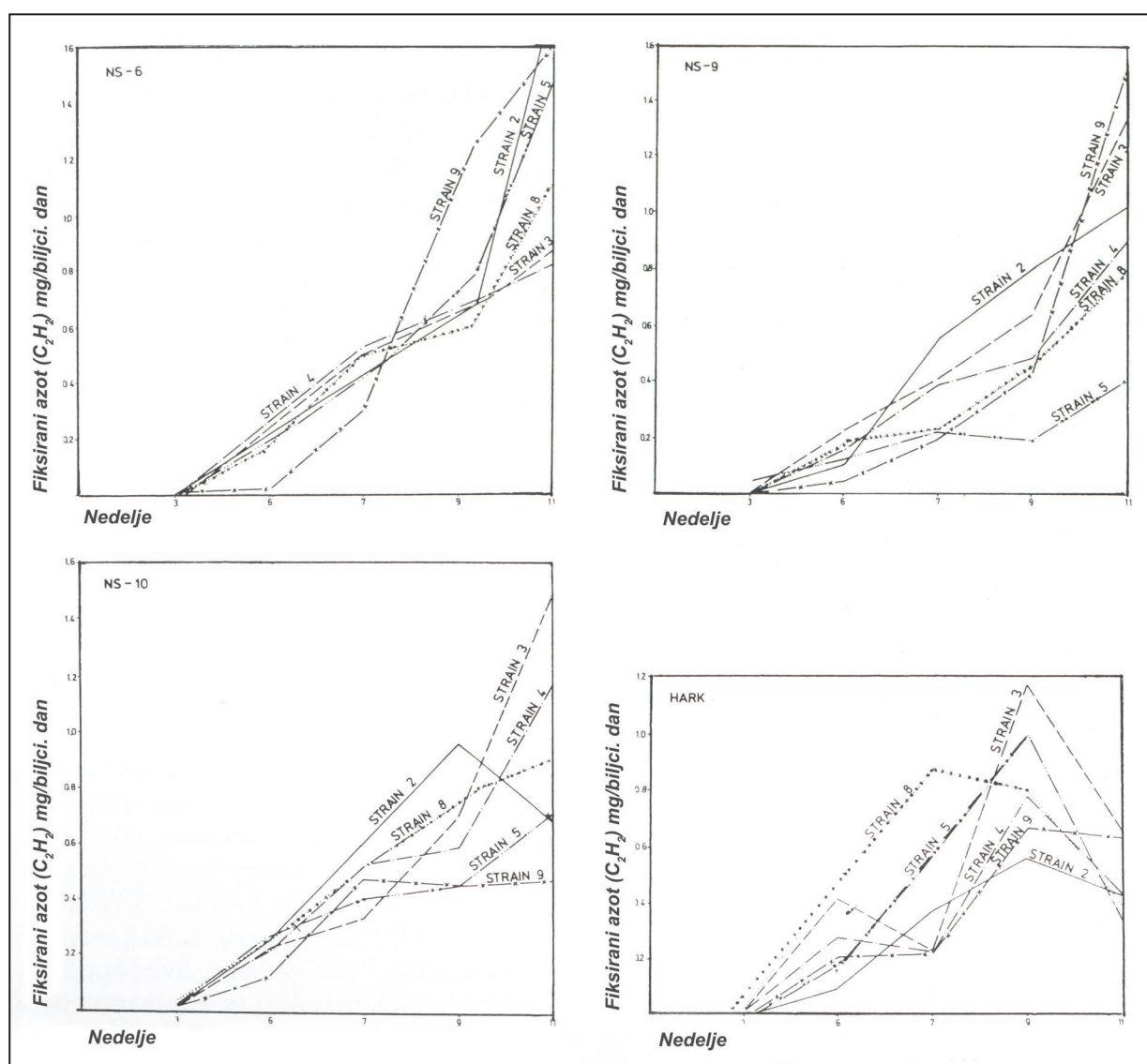
nađen nod D gen, dok se svi ostali geni indukuju u prisustvu biljnih izlučevina (Davis i sar., 1988; Surin i Downie, 1988). Kosslak i sar. 1987 su uspeli da iz biljnih izlučevina identifikuju izoflavon poznat kao daidzein koji je kod soje odgovoran za indukciju gena za nodulaciju.

Nitrogenaza

Nitrogenaza je enzim odgovoran za biološku fiksaciju azota. Aktivnost nitrogenaze je sastavni deo metabolizma azota koji se odvija u kvržici, odnosno u bakteroidima.

Slika 9.2.

Dinamika aktivnosti nitrogenaze u različitim sortama soje (Sarić i sar., 1990)



Nitrogenaza se sastoji iz dva proteina MoFe protein (komponenta I) i Fe protein (komponenta II). Komponenta I – dinitrogenaza je tetramer molekulske mase 200.000-270.000, a komponenta II – dinitrogenaza reduktaza je dimer molekulske mase 55.000-65.000 daltona. Za aktivnost enzima neophodno je prisustvo oba proteina, i to na jednu molekulu MoFe potrebne su dve molekule Fe proteina. Oba proteina su izuzetno labilna u prisustvu kiseonika.

Katalitička reakcija nitrogenaze podrazumeva redukciju jednog molekula N₂ u dve molekule NH₃. Za ovu reakciju potrebno je da se prenese 6 elektrona i hidrolizuje od 10 do 12 molekula ATP-a. Izvor elektrona je ili feredoksin ili flavodoksin. Elektroni se sa donatora prenose na Fe protein, a zatim na MoFe protein.

Nitrogenaznu aktivnost u soje ispitivalo je mnogo istraživača i to sa različitim aspektata: da li kvržice soje redukuju acetilen do etilena, kao i optimalne uslove za ovu reakciju, efikasnost interakcije sojeva *R. japonicum* i genotipova soje. Sloger i sar. (1975) su otkrili sezonsko i dnevno variranje u fiksaciji azota soje gajene u polju. Aktivnost nitrogenaze u 45 inokulisanih sorti soje kretala se od 60 do 150 nmol etilena po času (Wacek i Brill, 1976). Međutim, prema drugim autorima aktivnost ovoga enzima kretala se od 700 do 7500 (Sloger, 1969), od 600 do 5200 (Kvien i sar., 1978), od 657 do 1640 (Kucey i sar., 1989) i od 377 do 1678 nmol etilena x h⁻¹ (Mrkovački, 1990), a što ukazuje da je intenzitet nitrogenaze promenljiva veličina i da trpi promene u zavisnosti od spoljašnjih činilaca i od uticaja pojedinih procesa u biljci. Stoga njenu aktivnost treba pratiti dinamički za jedan duži period, u kome bi se odredio početak aktivnosti, maksimum i kraj aktivnosti (Sarić i sar., 1990), (Slika 9.2).

Hidrogenaza

Poznato je da kvržice soje proizvode H₂, odnosno da nitrogenaza može ireverzibilno da redukuje protone vodonika do molekuskog H₂ (Hardy i sar., 1965). Redukovani vodonik zatim može putem hidrogenaze da se uključi u oksidacione procese (Bothe i Eisbrenner., 1981). Za formiranje H₂ u kvržici se troši značajna količina energije i nastanak H₂ se stoga može pripisati neefikasnom korišćenju fotosintata u kvržicama. Međutim, Dixon (1968) je prvi pronašao da neke kvržice ne proizvode H₂, zahvaljujući hidrogenazi. Kvržice sa hidrogenaznom aktivnošću (Hup⁺) u toku procesa azotofiksacije izdvajaju u atmosferu malo H₂, jer se stvoreni H₂ uključuje u vodonik oksidacioni sistem. Ova istraživanja pokazala su prvi put da se paralelno sa aktivnošću nitrogenaze vrši i recikliranje H₂.

U većine agronomski važnih leguminoza, uključujući i soju 30-60% energije se gubi evolucijom H₂. Kapacitet bakteroida u recikliranju H₂ je glavni faktor koji određuje gubitak H₂ u atmosferu. Ovo gledište je podstaknuto rezultatima koji pokazuju da kvržice inokulisane sa Hup⁻ sojevima gube u proseku 32% elektronskog fluksa, a sa Hup⁺ u proseku samo 3.8% (Evans i sar., 1981).

Količina transportovanih produkata azotofiksacije iz kvržica soje, koje su formirane od Hup⁺ sojeva *B.japonicum*, veća je nego kod kvržica sa Hup⁻ sojevima, što pokazuje da H₂ reciklirajući proces utiče na balans korišćenja ugljenika i asimilaciju azotnih jedinjenja. Niz eksperimenata je pokazao potencijalnu prednost recikliranja H₂ što potkrepljuje zaključke da se uz pomoć ove sposobnosti soja kvržičnih bakterija može povećati prinos i ukupni sadržaj azota u leguminozama. Hup⁺ sojevi *B. japonicum* u biljkama soje povećavaju sadržaj azota za 26% i suhu masu za 16% (Schubert i sar., 1977; Albrecht i sar., 1979; Ruiz-Arguezo i sar., 2001; Baginsky i sar., 2002).

Asimilacija NH₄⁺ i metabolizam azota u simbiozi

Azotofiksacijom u bakteroidima, procesom redukcije nastaje NH₄⁺ jon koji se potom izlučuje u citoplazmu ćelija biljaka. U citozolu NH₄⁺ jon učestvuje u sintezi organskih jedinjenja, pre svega aminokiselina. Novi aspekti fiziologije kvržica je da azotofiksacija zahteva kruženje aminokiselina između bakteroida i biljke (Prell i Poole, 2006).

Postoje dva puta odnosno enzimska sistema inkorporacije i transporta NH₄⁺ u kvržicama. Jedan je glutamat dehidrogenazni (GDH) put, a drugi je preko glutamat sintaze (GOGAT), koji uključuje i glutamin sintetazu (GS). Ova dva puta zahtevaju različiti nivo koncentracije NH₄⁺. Tako GDH zahteva više od 1.5 mM NH₄⁺ u rastvoru, a put kombinacije GS i GOGAT-a održava nizak nivo NH₄⁺.

Prema Reynolds i sar., (1982) postoje dva tipa leguminoza u zavisnosti od načina transporta i ugrađivanja NH₄⁺: asparagin i ureid produkujúće leguminozne biljke. U kvržicama oba tipa biljaka glutamin je prva nastala aminokiselina. Ugrađivanje NH₄⁺ u ureid produkujúćih biljaka nastaje kada one rastu u uslovima fiksacije atmosferskog azota i tada produkovano azotno jedinjenje uzima formu ureida – alantoina i alantoiniske kiseline. Međutim, kada se ove biljke snabdevaju drugim oblicima azota, tj. mineralnim azotom nivo ureida u soku ksilema je nizak i asparagin je glavna eksportovana komponenta (Pate i sar., 1980). Alantoin i alantoiniska kiselina su ultimativni produkti iz *de novo* purin biosinteze u kvržicama. Kompletan biosintetski put purina nije objašnjen, te otkriće faktora koji kontrolišu tip transporta – ureida ili amida zahteva dalja istraživanja.

Prema McClure i sar. (1980) korelacija azotofiksacije i transporta ureida ukazuje da se sadržaj ureida u soku ksilema može koristiti kao pokazatelj aktivnosti procesa azotofiksacije.

Energetski bilans azotofiksacije

Osnovna teoretska baza svih potreba u energiji fiksacije azota u kvržicama prema Atkinsu i Rainbirdu (1982) obuhvata potrebnu energiju za: funkcionisanje

enzima nitrogenaze i hidrogenaze, asimilaciju NH₄⁺, transport fiksiranog azota, rast i održavanje kvržica. Merenje efikasnosti i iskorišćavanja aktivnosti sistema nitrogenaze-hidrogenaze ukazuje da se od 0.66 do 1.38 mol glukoze iskorišćava za mol fiksiranog azota. Cena NH₄⁺ asimilacije u organska jedinjenja je oko 0.15 mola glukoze za mol fiksiranog azota. Dalji transport fiksiranog azota kao i rast kvržica zahteva još od 0.2 do 0.7 mola glukoze. Sve skupa za mol fiksiranog azota potrebno je od 1.13 do 2.37 mola glukoze. Ako to posmatramo u odnosu na gram C po gramu azota, iznos je od 2.9 do 6.1 grama fotosintetskog C za gram fiksiranog azota u simbiozi leguminoza.

Potrebna količina energije za redukciju NO₃⁻ do NH₄⁺, poreklom iz zemljišta ili mineralnog azotnog đubriva, ne razlikuje se mnogo od one koja je potrebna za fiksaciju atmosferskog azota.

Neki faktori koji ograničavaju simbiozu

Kapacitet simbiotske zajednice da fiksira azot pod optimalnim uslovima može se definisati kao „potencijalna azotofiksacija” (Lie, 1971). Aktuelna azotofiksacija je fiksacija azota pod manje pogodnim uslovima rasta biljke, obično uočenim u polju gde neki limitirajući faktor može sprečiti punu ekspresiju simbioze.

Kako je azotofiksacija energetski intenzivan proces to faktori koji kontrolišu nivo fotosinteze i raspodelu fotosintata u biljci značajno utiču i na azotofiksaciju. Najvažniji faktori koji utiču na azotofiksaciju u poljskim uslovima su vlažnost zemljišta, temperatura, svetlost, pH sredine i mineralna ishrana biljaka (Lie i sar., 1980).

Vlažnost zemljišta.- Leguminoze su istovremeno netolerantne na nedostatak i suvišak vode u zemljištu. Ovo je primarno izazvano visokom osetljivošću simbiotskih zajednica. Optimalna vlažnost za obrazovanje kvržica je 60-70% od punog vodnog kapaciteta zemljišta (Graham, 1992).

Suša izaziva brzu inaktivaciju procesa azotofiksacije, ali zalivanjem aktivnost može biti povraćena, ukoliko je gubitak vlažnosti do 20% sveže mase kvržica (Sprent, 1971). Biljke sa ograničenim meristemskim rastom kvržica, kao što je soja, su osetljivije nego biljke sa izduženim kvržicama koje mogu produžiti rast (Engin i Sprent, 1973).

Preterana vlažnost zemljišta je štetna za azotofiksaciju. Tanak sloj vode na površini kvržica smanjuje fiksaciju skoro do nule, što potvrđuje hipotezu da je prisustvo kiseonika limitirajući faktor za proces azotofiksacije.

Temperatura.- Temperatura ima značajan uticaj na simbiotsku zajednicu i skoro sve faze njenog razvića i funkcionisanja su više ili manje zavisne od temperature. Temperatura uglavnom posredno utiče na nespecifican način kroz biljne metaboličke procese kao što su disanje, fotosinteza i transpiracija. Temperaturni raspon za simbiotski sistem je ograničeniji nego onaj kod biljaka obezbeđenih azotom i simbioza se zaustavlja kada se izloži ekstremnim temperaturama.

Efekat temperature na azotofiksaciju se manifestuje kroz efekte na korenu ili nadzemnom delu biljaka. Niska temperatura zemljišta usporava infekciju korenskih dlačica, razviće kvržica i azotofiksaciju. Gajenjem soje na različitim temperaturama rizosfere biljaka i merenjem količine fiksiranog azota pokazano je da je optimalna temperatura za proces azotofiksacije bila od 14°C do 24°C. Temperatura veća od 28°C inhibira azotofiksaciju, mada ova inhibicija zavisi od biljke domaćina i soja kvržičnih bakterija. Kod sojeva *B. japonicum* na povećanim temperaturama dolazi do indukcije dva heat-shock proteina (Kishinevsky i sar., 1992; Fischer i sar., 1993). Niže temperature deluju na povećanje broja kvržica kojim se nadoknađuje niža specifična aktivnost azotofiksacije.

Svetlost.- Svetlost utiče na simbiozu uglavnom preko procesa fotosinteze kontrolišući snabdevanje kvržica ugljenim hidratima potrebnim za njihovo razviće i funkciju. Pod uticajem visokog intenziteta svetlosti postoji linearna zavisnost između intenziteta svetlosti, nodulacije i azotofiksacije. Mada nodulacija i fiksacija azota mogu biti ostvarena i u kompletnoj odsutnosti svetlosti određeno vreme, uticaj svetlosti na dobijanje fotosintata predstavlja ključ limitirajućeg faktora azotofiksacije u poljskim uslovima. Povećanje intenziteta svetlosti ili koncentracije CO₂ poboljšava fotosintezu i takođe podstiče nodulaciju i azotofiksaciju. U soji gajenoj u poljskim uslovima obogaćivanjem sa CO₂ (0.003-0.012%), azotofiksacija se povećava od 4 do 5 puta, što je uslovljeno većim brojem formiranih kvržica, njihovom većom efikasnošću i produženim periodom azotofiksacije (Hardy i Havelka, 1976).

U periodu cvetanja soje smanjenjem svetlosti smanjena je i azotofiksacija od 125 na 91 kg azota po hektaru, a povećanjem svetlosti povećava se i azotofiksacija i do 165 kg po hektaru, što pokazuje da je specifična aktivnost kvržica u korelaciji sa intenzitetom svetlosti (Ham i sar., 1976).

pH zemljišta.- pH vrednost zemljišta je verovatno najvažniji spoljašnji faktor koji utiče na simbiozu. Biljke soje kao i neke druge leguminoze najbolje rastu na neutralnom ili slabo alkalnom zemljištu. Niska pH vrednost zemljišta kod ove biljke reducira snabdevanje hranljivim elementima potrebnim za nodulaciju. Dokazano je da niska pH vrednost zemljišta inhibira infekciju korenskih dlačica, početne faze nodulacije i opstanak kvržičnih bakterija u zemljištu. Osetljivost procesa nodulacije na niski pH je pod jakim uticajem nivoa kalcijuma, tj. zahtevi za kalcijumom se povećavaju kako se pH snižava (Munns i Keyser, 1981; Wood i Cooper, 1984). Suprotno tome povećanje Ca²⁺ u sredini redukuje sposobnost infekcije soja *B. japonicum* (Kadreja i Ignatov, 1995). Čelije *B. japonicum*, imaju ograničenu sposobnost da regulišu intracelularni pH ako pH sredine varira. Zbog toga je potrebno izvršiti selekciju sojeva *B. japonicum* koji i u uslovima niske pH vrednosti zemljišta (pH 4.2) formiraju kvržice i fiksiraju dovoljnu količinu azota (Mrkovački i sar., 1993).

Ishrana azotom.- Prisutni nitrati u zemljištu ispoljavaju inhibitorni efekat i na nodulaciju i na azotofiksaciju odnosno infekciju korenskih dlačica, rastenje i razviće kvržica, broj i suhu masu kvržica (Abaidoo i sar., 1990; Rai, 1992), nivo nitrogenazne aktivnosti i potpomažu prevremeno starenje kvržica (Munns, 1977). Inhibicija razvića

kvržica, kao i inhibicija aktivnosti nitrogenaze pripisuje se nižem nivou fotosintata, koji su iskorišćeni u asimilaciji NO₃. Mobilizacija ugljenih hidrata za metabolizam NO₃ dovodi do smanjenja količine ugljenih hidrata za rastenje kvržica i azotofiksaciju. Druga hipoteza je da prvi produkt redukcije nitrata – nitriti mogu da grade kompleks sa leghemoglobinom i tako onemogućavaju njegovu regulatornu sposobnost u odnosu na kiseonik.

Rezultati mnogih autora su pokazali da primena male količine nitrata (20-30 kg/ha) stimulišu nodulaciju, u ranim fazama rasta biljaka, takozvanom periodu „gladi za azotom”. Iznad ovih malih koncentracija masa kvržica je obrnuto proporcionalna nivou nitrata u sredini. Drugi oblici azota u manjoj meri su takođe pokazali inhibiciju nodulacije. Neki od izvora azota kao na primer urea ili NH₄⁺, izazvali su promenu pH sredine u kojoj raste biljka (Israel i Jackson, 1982), pa bi se inhibitorni efekti ovih izvora mogli pripisati više indirektnom uticaju na smanjenje pH, nego azotnoj obezbeđenosti biljaka (Carroll i sar., 1985).

Interakcija soje i sojeva *B. japonicum*

Postoje tri glavne mogućnosti u interakciji biljke domaćina i sojeva kvržičnih bakterija: nodulirajući ili nenodulirajući, efektivni sa efikasnom aktivnosti azotofiksacije ili neefektivni sa neefikasnom azotofiksacionom aktivnošću.

U neefektivnoj nodulaciji kvržice na korenu su sitne, po preseku bele ili zelene, a biljka domaćin pokazuje tipične simptome nedostatka azota. U biljkama koje su efektivno nodulirane, ali njihov azotofiksacioni sistem ne funkcioniše efikasno, kvržice su normalnog izgleda, po preseku bele, zelene ili svetlo roza boje. Biljka domaćin pokazuje iste simptome kao i prethodna sa tipičnom hlorozom.

Efektivno nodulirane biljke sa efikasnim azotofiksacionim bakterijama pokazuju karakteristike dobrog rasta biljke sa tamno zelenom bojom listova. Na glavnom korenu nalazi se veliki broj krupnih kvržica koje su u preseku crvene ili tamno crvene boje.

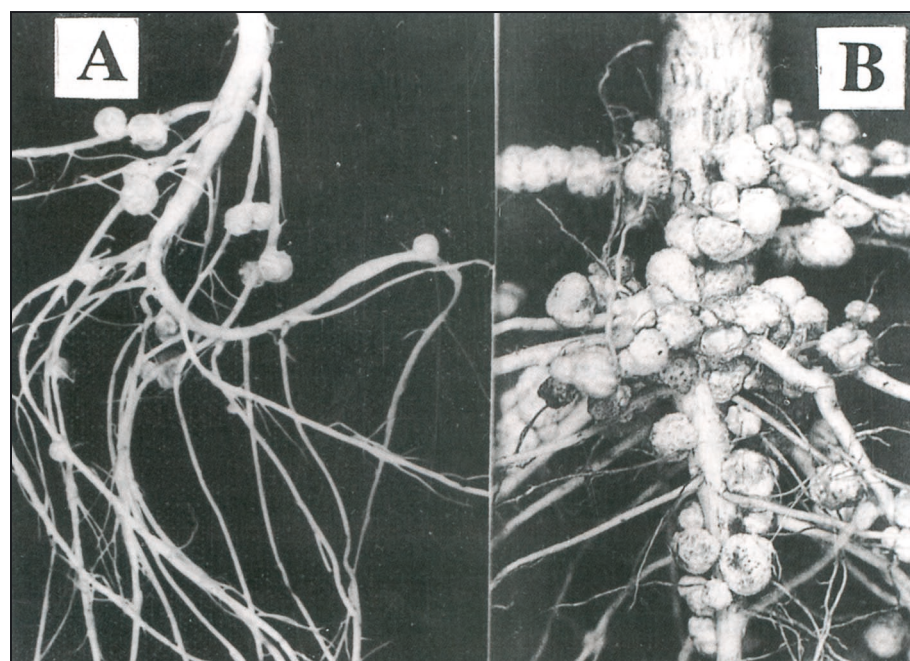
Sojevi *B. japonicum* sa biljkama soje formiraju dva tipa kvržica: A tip – sojevi koji formiraju kvržice na lateralnim korenovima i B tip – sojevi koji formiraju kvržice na glavnom korenu. Kvržice tipa B stvaraju efektivnu simbiotsku zajednicu sa kvržičnim bakterijama, a tip A kvržica obično odgovara neefektivnoj interakciji biljke domaćina i sojeva (Slika 9.3.).

Oplemenjivači soje zainteresovani su za visoko prinodne sorte sa ugrađivanjem poželjnih osobina u nove genotipove, ali ne obraćaju dovoljno pažnje na sposobnost azotofiksacije novih genotipova, odnosno njihovu kompatibilnost sa visoko efektivnim sojevima. Pokazano je da postoji značajna genetska varijabilnost u količini fiksiranog azota biljke domaćina (Pazdernik i sar., 1996; Hungria i sar., 2003; Graham i sar., 2004).

Kombinacijom odgovarajuće metode za merenje fiksacije azota sa oplemenjivačkim metodama moguće je dobiti linije sposobne da fiksiraju više azota.

Slika 9.3.

Izgled kvržica na korenu soje (Mrkovački, 1990)



A - kvržice formirane na bočnim korenovima; B - kvržice formirane na glavnom korenu

Važan problem u efektivnosti je i prilagođenost soja *B. japonicum* određenoj sorti soje tj. biljci domaćinu (Sarić i Fawzi, 1983; Sarić i sar., 1990; Mrkovački i sar., 1989, 1992, 1997). Sadržaj azota u kvržicama kao i u nadzemnom delu biljke soje u korelaciji je sa efektivnošću simbiotske zajednice, odnosno sa količinom fiksiranog azota od strane sojeva *B. japonicum* (Tabela 9.1.).

Kompetitivnost je sposobnost soja kvržičnih bakterija da izazove infekciju i obrazuje kvržice na biljci domaćinu u prisustvu drugih sojeva. Prema ovoj osobini sojevi kvržičnih bakterija se veoma razlikuju (Tabela 9.2.). Nije razjašnjen mehanizam koji daje kompetitivnu prednost soju ali ima niz faktora koji ukazuju na ovo svojstvo. Na kompetitivnu sposobnost soja utiče sposobnost soja da relativno brzo inficira biljku domaćina, tolerantnost soja na klimu, pH, zatim antagonizam sa "divljim" autohtonim sojevima iz zemljišta (May i Bohlool, 1983). Takođe ovo svojstvo zavisi i od kompatibilnosti sa sortom domaćina (Sarić i sar., 1987, 1988).

Tabela. 9.1.

Uticaj sojeva *B. japonicum* na sadržaj azota u kvržicama soje (mg/biljci) gajene u rastvoru Jensena, u staklari (Mrkovački i sar., 1992)

Soj	Sorta							
	Posle 36 dana							
	Corsoy	NS-16	NS-21	NS-20	NS-9	Amsoy	NS-10	Prosek (A)
511	2.68	3.20	3.34	2.77	3.22	3.17	2.70	3.04
D-122	3.04	3.26	3.40	2.48	3.01	3.41	2.17	2.97
D-343	2.74	1.81	2.67	2.05	2.10	2.84	2.18	2.34
518	3.10	3.14	3.66	2.64	3.75	3.44	2.46	3.17
17z	1.28	1.44	1.29	0.84	0.92	1.50	0.91	1.17
1a	2.64	3.24	3.87	2.90	3.60	3.84	2.65	3.25
2/1	2.39	2.69	2.87	2.53	2.97	2.76	2.06	2.61
1003	3.01	3.30	4.03	2.91	3.47	3.35	2.40	3.21
Kontrola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prosek (B)	2.63	2.76	3.14	2.39	2.88	3.04	2.19	
LSD 0.05	A - 0.30 B - 0.43 A x B - 0.75							
LSD 0.01	A - 0.39 B - 0.54 A x B - 0.99							
	Posle 51 dan							
511	5.70	5.38	5.04	5.19	6.11	6.00	4.87	5.47
D-122	5.53	5.48	5.90	5.29	5.47	5.26	4.77	5.39
D-343	5.92	4.39	4.99	4.97	4.88	4.90	4.60	4.95
518	6.16	5.43	5.73	5.32	6.33	5.79	4.79	5.65
17z	2.94	3.90	4.20	4.96	3.30	4.66	3.36	3.90
1a	5.71	5.65	6.25	5.39	6.40	5.92	4.99	5.76
2/1	5.73	5.64	6.12	5.74	5.18	5.35	4.98	5.53
1003	5.93	5.76	6.99	6.08	5.56	6.50	4.83	5.95
Kontrola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prosek (B)	5.45	5.20	5.65	5.37	5.41	5.55	4.65	
LSD 0.05	A - 0.46 B - 0.70 A x B - 1.20							
LSD 0.01	A - 0.54 B - 0.92 A x B - 1.57							

Tabela 9.2.

Kompetitivna sposobnost sojeva *B. japonicum* u formiranju kvržica na soji (Mrkovački i sar., 1996)

Soj <i>B. japonicum</i>	% učešća soja u kvržicama inokulisanih smešom sojeva*
2b	14.28
2/1	64.28
D-122	21.43

* Odnos sojeva u smeši 1 : 1 : 1

Rezultati Secino i sar., (1989) pokazuju da su kvržične bakterije *Rhizobium spp* i *B. japonicum* svojom produkcijom IAA u kulturi direktno uključene u formiranje kvržica, odnosno da postoji veza između biljke – *B. japonicum* i biosinteze IAA. Ovo potvrđuju i rezultati Milić (1990), Milić i sar., (1991), odnosno da sojevi *B. japonicum* svojom produkcijom materija rastenja tipa indola (IAA, indol-3-pirogroždane kiseline, triptofana, apscisinske kiseline – ABA), materija rastenja tipa fenola (galna kiselina, kumarin i protokatehinske kiseline) i materije rastenja tipa giberelina (GA₃, GA₇), utiču na biljku domaćina preko metabolitičkih procesa u biljci, a što utiče na povećanje apsorpcione površine korena biljke (Tabela 9.3). Time dolazi do većeg usvajanja vode i hranljivih elemenata te i do povećanja biljaka, odnosno njihove mase suve materije. Takođe, utiču i na sadržaj azota, te količinu fiksiranog azota u biljkama. Materije rastenja utiču i na aktivnost enzima nitrogenaze.

Tabela 9.3.

Sposobnost produkcije različitih materija rastenja u sojeva *B. japonicum* (Milić i sar., 1991)

Sojevi <i>B. japonicum</i>	Broj razdvojenih mrlja materija rastenja (TLC hromatografijom)			
	Giberelini	Indoli	Fenoli	Ukupno
2b	7	2	2	11
1b	5	4	4	13
518	4	3	2	9
511	4	2	1	7
1a	3	2	2	7
1	2	1	1	4

Inokulacija – Nitraginizacija

Odmah posle Hellriegelovog otkrića da nodulirane leguminozne biljke mogu da fiksiraju azot i izolacije kvržičnih bakterija od Beijerincka počelo se sa inokulacijom semena leguminoznih biljaka sa kvržičnim bakterijama. Prvi bakterijski preparat (radicin) napravljen je u Nemačkoj 1897. (Nobbe i Hiltner). Uvođenjem soje u proizvodnju u našoj zemlji počinju istraživanja kvržičnih bakterija. Kod nas je preparat kvržičnih bakterija za soju prvi put primenjen 1931 (Konjev). Prva detaljnija proučavanja o uticaju *B. japonicum* na rast i razviće soje u poljskim uslovima dali su Sarić i Sarić (1959). Preparati kvržičnih bakterija danas su u širokoj upotrebi u mnogim zemljama pod različitim nazivima. Tako ih u Francuskoj nazivaju N-germ, u Češkoj i Slovačkoj – nitrazon, u Srbiji NS-Nitragin, azotofiksin, u Rusiji – nitragin, rizotrofin (Jemcev i Đukić, 2000; Đukić i sar., 2007).

Dobar mikrobiološki preparat treba da sadrži efektivne kvržične bakterije sposobne da u simbiotkoj zajednici sa biljkom fiksiraju što više azota iz atmosfere. Otuda je veoma važna selekcija sojeva na efektivnost. Selekcija efektivnih sojeva *B. japonicum* za soju kao biljku domaćina je prvi preduslov za dobijanje kvalitetnog inokuluma (Mrkovački, 1990). Pored toga što odabrani sojevi treba da formiraju kvržice efikasne za azotofiksaciju na korenu biljke i da obezbede biljci dovoljne količine fiksiranog azota odabrani sojevi u preparatu treba da su visoko kompetitivni u odnosu na autohtone sojeve. Bolja azotofiksacija može se ostvariti selekcijom sojeva, koja pored kapaciteta za fiksaciju azota mora uzeti u obzir i kompetitivnu sposobnost soja u odnosu na prirodnu populaciju koja je najčešće neefektivna u fiksaciji azota (Tabela 9.4) (Mrkovački i sar., 2002).

Tabela 9.4.

Prinosi zrna soje (kg/ha)

	1996	% povećanja	1997	% povećanja
Kontrola ø	3322,2	100	3525,2	100
Nitragin	3832,1	115,3	4413,5	125,13
	509,9	15,3%	888,3	25,19%

Takvi superiorni sojevi treba da okupiraju značajni broj kvržica u odnosu na populaciju iz zemljišta (Mrkovački i sar., 1997a; Rengel, 2002). Kompetitivnost sojeva za inokulaciju može se povećati ako se genetskim inženjeringom napravi da produkuju materije koje su inhibitorne za ekspresiju nod gena u prirodnoj populaciji (Vlassak i Vanderleyden, 1997). Sposobnost produkcije materija rastenja u sojeva *B. japonicum* je svojstvo soja koje se uključuje u selekciji visoko efektivnih sojeva. Istraživanja pokazuju da su bakterije direktno odgovorne za količinu produkovane IAA u kvržicama soje (Hunter, 1986; Milić i sar., 1993).

Veoma je značajna i sposobnost soja da se što duže održi u zemljištu određenog tipa, tj. njegova prilagođenost kako fizičko hemijskim uslovima zemljišta i različitim hemijskim tretmanima koji se u proizvodnji soje upotrebljavaju (Mrkovački i sar., 1992a), tako i njegova sposobnost da se do prodiranja u koren biljke održi dobro u zemljištu i rizosferi među brojnom mikroflorom zemljišta (saprofitska kompetentnost) da bi kasnije formirao više kvržica i u njima veću aktivnost nitrogenaze i drugih enzima.

Selekcija sojeva *B. japonicum* vodi ka izolaciji superiornijih sojeva i zahteva prvo laboratorijska istraživanja, zatim istraživanja u kontrolisanim uslovima u staklari, pa u proizvodnim uslovima u polju i tek tada se najefektivniji sojevi koriste u proizvodnji. Ovo zahteva stalno uvođenje novih metoda (Tabela 9.5), (Mrkovački i Hrustić, 2003).

Tabela 9.5.

Efekat različitih tipova inokulacije na zrno soje, nadzemni deo i prinos

	Zrno			Nadzemni deo		Prinos	
	Masa	Sadržaj N	Proteini %	Ukupna masa	% povećanja	T/ha	% povećanja
N	13,31	813,51	39,10	7,000	19,06	2846	17,11
N + A	14,68	907,66	39,30	7,032	19,61	2915	19,95
N + N	15,46	943,22	39,54	7,322	24,54	3053	25,63
Ø	10,72	599,09	34,90	5,879	100	2430	100

N – seme soje inokulisano Nitraginom pre setve

N+A – seme soje inokulisano Nitraginom i poprskano Azotobakterom,

N+N – seme soje inokulisano Nitraginom pre setve i nakon 30 dana od setve,

Ø – neinokulisana varijanta

Priprema inokuluma. – Inokulum se proizvodi na čvrstim ili tečnim hranljivim podlogama. Savremena proizvodnja inokuluma odvija se u fermentorima u kojima se osim hranljivih sastojaka obezbeđuje optimalna aeracija, temperatura i pH vrednost sredine. Ovakvim načinom gajenja ćelija obezbeđuje se visoki titar preparata tj. veliki broj aktivnih ćelija koje se nanose na nosač. Dosadašnji rezultati u polju su pokazali da najefikasniji inokulant za soju treba da sadrži najmanje 10⁶ ćelija kvržičnih bakterija po zrnu soje u trenutku upotrebe, a što se postiže visokim titrom u proizvodnji inokuluma (10¹⁰ ćelija/ml).

Kod nas i u svetu najčešći nosač inokuluma je treset. Najbolji je treset sa visokim stepenom razgradnje, sa neutralnom reakcijom i sa niskim sadržajem aluminijumovih oksida. Ovakav treset poseduje dovoljno rezervne hranljive materije za preživljavanje bakterija u toku nekoliko meseci. Osnovni princip tehnologije proizvodnje inokuluma je primena sterilnog treseta i sterilni uslovi u svim fazama proizvodnje.

Inokulum može da sadrži jedan ili više sojeva kvržičnih bakterija što zavisi od reona u kome se gaji soja, odnosno zemljišnih, klimatskih uslova kao i specifičnosti interakcija sorta – soj. U reonima gde se gaji više sorti soje i gde su šire varijacije u zemljišnim i klimatskim uslovima preporučljivo je da se upotrebi inokulant sa više odgovarajućih sojeva.

Primena mikrobiološkog preparata: – Danas je primena mikrobiološkog preparata pri setvi soje obavezna mera koja je ekonomski opravdana jer se uz mala materijalna ulaganja postiže povećanje prinosa i kvaliteta zrna. Posle soje u zemljištu ostaju znatne količine azota u organskom obliku, koji nije izložen ispiranju te je ova biljna vrsta dobar predusev za većinu ratarskih kultura.

Mikrobiološki preparati – mikrobiološka đubriva za leguminoze mogu da se primene na dva načina: inokulacijom semena ili se unose u zemljište.

Međutim, mikrobiološki preparat za soju se nanosi na seme. Oko semena se stvara fina navlaka nosača (treseta) i inokuluma koji se zadržava na semenu u toku

mašinske setve. Pored preparata sa tresetnim nosačem proizvodi se i suvi preparat (liofilizovan). Ovaj preparat je moguće čuvati duži period, ali se broj ćelija bakterija u toku liofilizacije i čuvanja znatno smanjuje. Pored gore navedenih preparata koji su našli široku primenu danas se inokulum nanosi na seme i procesom piliranja, odnosno seme se oblaže sa tečnim inokulumom, a zatim prevuče sintetičkom komponentom. Ovakav preparat se unosi zajedno sa semenom u zemljište. Pileta u zemljištu štiti inokulum od mikroorganizama zemljišta, kao i nepovoljnih ekoloških uslova kakva je na primer kisela reakcija. Sa druge strane pileta se polako razgrađuju u zemljištu i time oslobađa inokulum. Naravno, proizvodnja pilete mnogo je skuplja i zahteva posebnu opremu.

Slika 9.4

Mikrobiološki preparat “NS-Nitragin” (foto: J. Miladinović)



IZVOD

Fiksacija azota je značajan proces u održavanju života na našoj planeti. Sposobnost fiksacije azota poseduje samo nekoliko rodova prokariotskih organizama kojima pripadaju kvržične bakterije. Zajednica sa kvržičnim bakterijama iz roda *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mezorhizobium*, *Azorhizobium* i *Allorhizobium* sa leguminozama jedinstvena je i korisna za oba partnera. Rezultat zajednice biljke i bakterije je formiranje kvržica (nodula) na korenu biljke.

U kvržicama odnosno u bakteroidima je nitrogenaza, enzim odgovoran za biološku fiksaciju azota. Procesom redukcije nastaje NH_4^+ jon koji se izlučuje u citoplazmu ćelije biljaka. U citozolu NH_4^+ jon učestvuje u sintezi organskih jedinjenja pre svega aminokiselina. Najvažniji faktori koji utiču na azotofiksaciju u poljskim uslovima su vlažnost zemljišta, temperatura, svetlost, pH sredina i mineralna ishrana biljaka. Efektivno nodulisane biljke sa efikasnim azotofiksacionim bakterijama pokazuju karakteristike dobrog rasta biljke sa tamno zelenom bojom listova, a na glavnom korenu veliki broj krupnih kvržica koje su crvene boje. Danas je primena mikrobiološkog preparata pri setvi soje obavezna mera koja je i ekonomski opravdana jer se postiže povećanje prinosa i kvaliteta zrna. Posle soje u zemljištu ostaju znatne količine azota u organskom obliku koji nije izložen ispiranju, te je ova biljna vrsta dobar predusev za većinu ratarskih kultura.

LITERATURA

Abaidoo, R. C., George, T., Bohiooi, B. B. i Singleton, P. W. (1990): Influence of elevation and applied nitrogen on rhizosphere colonization and competition for nodule occupancy by different rhizobial strains on field-grown soybean and common bean. *Can. J. Microbiol.*, 36.: 92-96.

Albrecht, S. L., R. J. Maier, F. J. Hanus, A. Russell, W. Emerich, i H. J. Evans (1979): Hydrogenase in *Rhizobium japonicum* increases nitrogen fixation by nodulated soybeans. *Science* 203, 1255-1257.

Atkins, C. A. i Rainbird, R. M. (1982): Physiology nad biochemistry in biological nitrogen fixation in legumes: *In* "Advances in Agricultural Microbiology" (N.S. Subba Rao, ed.) pp. 26-52. Butterworth, London.

Badenoch-Jones, J., Summons, R. E., Dorđević, M. A., Shine, J., Lethan, D. S. i Rolfe, B. G. (1982): Mass specrometric quantification of Indole-3-Acetic Acid in *Rhizobium* Culture Supernatans. Relation to Root Hair Curling and Nodule Intation. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol 44, No 2, 275-280.

Baginsky, C., Brito, B., Imperial, J., Palacios, J., Ruiz-Argueso, T. (2002): Diversity and evolution of hydrogenase systems in Rhizobia. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (10), 4915-4924.

Bothe, H., Eisbrenner, G. (1981): Aspects of hydrogen metabolism in nitrogen-fixing legumes and other plant-microbe associations. *In* H. Bothe, A. Trebst, eds. *Biology of Inorganic Nitrogen and Sulfur*. Springer-Verlag, Berlin, 141-150.

Buchanan, R.E. (1926): *Bergeys manual of Determinative Bacteriology* (ed.) R. S. Breed, E. G. D. Murray, N. R. Smith (1957) str. 287. The Williams Wilkins Company. Baltimore.

Burns, R. C. i R. W. F. Hardy (1975): *Nitrogen fixation in bacteria and higher plants*. Springer-Verlag New York, New York.

Carroll, B. J., McNeil, D. L., Smith, D. W., i Grasshoff, P. M. (1985): *In*: Evans, H. J., Botoimley, P. J., and Newton, W. S. (eds.): *Nitrogen fixation Research Progress*, 39, Nijhoff, Dordrecht.

Crespi M., Galvez, S. (2000): Molecular mechanisms in root nodule development, *J. Plant Growth Regul.* 19, 155-166.

Davis, E. O., Evans, I. J. i Johnston, A. W. B. (1988): Identification of nod X, a gene that allows *Rhizobium leguminosarum* biovar viciae strain TOM to nodulate Afghanistan peas. *Mol. Gen. Genet.* 212, 531-535.

Dixon R. O. D. (1968): Hydrogenase in pea root nodule bacteroids. *Arch. Microbiol.* 62, 272-283.

Đukić, D., Jemcev, V.T. i Kuzmanova, Jordanka (2007): *Biotehnologija zemljišta*. Budućnost AD, Novi Sad, 529.

Engin, M. i Sprent, J. I. (1973): *New Phitol.* 72, 117.

Evans, H.J., Purohit, K., Cantrell, M. A., Eisbrenner, G., Russell, S. A. (1981): Hydrogen losses and hydrogenases in nitrogen fixing organisms. *In* *Current Perspectives in Nitrogen fixation*, ed. A. H. Gibson, W. E. Newton, 84-96.

Fischer, H. M., Babst, M., Kaspar, T., Acuna, G., Arigoni, F. i Hennecke, H. (1993): One member of a *groESL*-like chaperonin multigene family in *Bradyrhizobium japonicum* is co-regulated with symbiotic nitrogen fixation genes. *EMBO J.* 12.: 2901-2912.

Franssen, H. J., Nap, J. P., Gloudemans, T., Stiekema, W., Van Dam, H., Govers, F., Louwerse, J. i Bisseling, T. (1987): Characterization of cDNA for nodulin-75 of soybean: a gene

product involved in early stages of root nodule development. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84, 4495-4499.

Graham, P. H. (1992): Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. Can. J. Microbiol. 38.: 475-484.

Graham, P. H. (2000): Nodule formation in legumes. In: J. Edlerberg (ed.) Encyclopedia of microbiology., 2ed., vol. 3., 407-417, Academic Press. San Diego.

Graham, P. H., Hungria, M. i Tlustý, B. (2004): Breeding for better nitrogen fixation in grain legumes: Where do the rhizobia fit in? Online. Crop Management doi: 10.1094/CM-2004-0301-02-RV.

Ham G. E., R. J. Lawn i W. A. Brun (1976): Influence of inoculation, nitrogen fertilizers and photosynthetic source-sink manipulations on field-grown soybeans. p. 239-253. In P. S. Nutman (ed.) Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge University Press. New York.

Hardy, R. W. F., E. Knight, Jr. i A. J. D. Eustachio (1965): An energy-dependent hydrogen evolution from dithionite in nitrogen-fixing extracts and *Clostridium pasteurianum*. Biochem. Biophys. Res. Commun. 20, 539-544.

Hardy, R. W. i R. D. Holsten (1972): Global nitrogen cycling: Pools, evolution, transformations, transfers, quantitation, and research needs. p. 87-132. In L. J. Guarraria and R. K. Ballentine (ed.) The aquatic environment: Microbial transformations and water management implications. Environmental protection Agency, EPA 430/G-73-008, U. S. Government Printing Office Washington D. C.

Hardy, R. W. F. i U. D. Havelka (1976): Photosynthate as a major factor in limiting nitrogen fixation by field-grown legumes with emphasis on soybeans. In P. S. Nutman (ed.) Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge University Press, New York, 421-439.

Hellriegel, H. i Wilfart, H. (1888): Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilageheft zu der Ztschr. Ver. Rübenzucker-Industrie Deutschen Reichs. 234.

Hungria, M., Franchini, J.C., Campo, R.J., i Graham, P.H. (2003): The importance of nitrogen fixation to the soybean cropping system in South America. In D. Werner (ed.): Nitrogen

fixation research: Agriculture, Forestry, Ecology and the environment.

Hunter, W. J. (1986): Free and conjugated IAA Content of legume root nodules. Plant Physiol. 80 (Suppl.) 135.

Israel, D. W. i Jackson, W. A. (1982): Ion balance, uptake and transport processes in N₂ fixing and nitrate - and urea dependent soybean plants. Plant Physiol. 69, 171-178.

Jemcević, V.T., Đukić, D. (2000): Mikrobiologija. Vojnoizdavački zavod, Beograd. 759.

Jordan, D. C. (1982): Transfer of *Rhizobium japonicum* Buchanan 1980 to *Bradyrhizobium* gen. nov., a Genus of Slow-Growing, Root Nodule Bacteria from Leguminous Plants. Int. J. Syst. Bacteriol. Vol. 32, No 1, 136-139.

Kadreva, I. i Ignatov, G. (1995): Role of Ca²⁺ in *Bradyrhizobium japonicum* strai 273 attachment ability and accumulation on soybean root surface. J. Plant Physiol. 145.: 577-579.

Kirchner, O. (1895): Bergeys manual of Determinative Bacteriology (eds.) R. S. Breed, E. G. D. Murray, N. R. Smith (1957) str. 287. The Williams Wilkins Company, Baltimore.

Kishinevsky, B. D., Sen, D. i Weaver, R. W. (1992): Effect of high root temperature on *Bradyrhizobium*-peanut symbiosis. Plant Soil 143.: 275-282.

Konjev, D. (1931): Nešto o soji. Poljoprivredni glasnik, Novi Sad, 11.

Kosslak, R. M., Bookland, R., Barkei, J., Paaren, H. E. i Appelbaum, E. R. (1987): Induction of *Bradyrhizobium japonicum* common nod genes by isoflavones isolated from *Glycine max*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84, 7428-7432.

Kucey, R. M. N., Chaiwanakupt, N., Boonkerd, P. Snitwongse, C. Siripaibool, P. Wadisirisuk, i T. Aryangkool (1989): Nitrogen fixation (N-15 dilution) with soybeans under Thai field conditions. IV. Effects of N addition and *Bradyrhizobium japonicum* inoculation in soils with indigenous *B. japonicum* population. Journal of Applied Bacteriology, 67, 137-144.

Kvien, C., G. E. Ham, i J. W. Lambert (1978): Improved recovery of introduced *Rhizobium japonicum* strains by field-grown soybeans. Agron. Abstr. p. 142.

La Rue i Patterson (1981): Advances in Agron., 34: 15-36.

Lie, T. A. (1971): Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. The Biology of nitrogen fixation. 11. 6. 555-582.

Lie, T. A., Soe-Agnie, I. E., Muller, G. J. Z., i Goktan, D. (1980): In Soil microbiology and plant nutrition ed. W. J. Broughton, C. K. Sohn, J. C. Rajarao, and B. Lim p. 194. University of Malaya Press, Kuala Lumpur.

Lodwig, E.M., Hosie, A.H.F., Bourdes, A., Findlay, K., Allaway, D., Karunakaran, R., Downie, J.A., Poole, P.S. (2003): Amino-acid cycling drives nitrogen fixation in the legume-*Rhizobium* symbiosis, Nature, 422, 722-726.

Lodwig, E.M., Leonard, M., Marroqui, S., Wheeler, T.R., Findlay, K., Downie, J.A., Poole, P.S. (2005): Role of polyhydroxybutyrate and glycogen as carbon storage compounds in pea and bean bacteroids, Mol. Plant Microbe Int. 18, 67-74.

Martinez-Romero, E. i Cabbalero-Mellado, J. (1996): *Rhizobium* phylogenesis and bacterial genetic diversity. Critical Rev. Plant Sci. 15, 113-140.

May, S. N., Bohlool, B. B. (1983): Competition among *Rhizobium leguminosarum* strains for nodulation of lentils (*Lens esculenta*), Appl. Environ. Microbiol. 45, 960-65.

McClure, R. R., D. W. Israel i R. J. Volk (1980): Evaluation of the relative ureide content of xylem sap as an indicator of N₂ fixation in soybeans. Plant Physiol. 66: 720-725.

Milić Vera (1990): Odnos između sadržaja materija rastenja i efektivnosti u *Bradyrhizobium japonicum*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Milić Vera, Sarić Zora, Mrkovački Nastasija i I. Verešbaranji (1991): *Bradyrhizobium japonicum* capacity to synthesize growth regulators affecting nodulation and nitrogen uptake by soybean. Mikrobiologija, Vol. 28, No 2, 145-152.

Milić Vera, Sarić Zora, I. Verešbaranji, Mrkovački Nastasija (1993): Relation between the content of growth regulators and effectiveness of *Bradyrhizobium japonicum*. Symbiosis 15, 183-193.

Mišustin, N. E., Šiljnikova, K. V. (1968): Biološkičeskaja fiksacija atmosfernogo azota. Nauka, Moskva.

Mrkovački Nastasija, Sarić Zora i Milić Vera (1989): Dinamika nodulacije i aktivnosti fiksacije sojeva *R. japonicum* u toku vegetacije nekih sorata soje. Mikrobiologija Vol. 26, No 2, 123-133.

Mrkovački Nastasija (1990): Fiziološka i simbiotska svojstva sojeva *Bradyrhizobium japonicum*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Mrkovački Nastasija, Sarić Zora, M. R. Sarić, Milić Vera (1992): Symbiotic effectiveness of some soybean genotypes, Mikrobiologija, Vol. 29, No 1, 1-16.

Mrkovački Nastasija, Milić Vera i Sarić Zora (1992a): Effect of herbicides on *Bradyrhizobium japonicum*. Mikrobiologija, Vol. 29, No 2, 139-146.

Mrkovački Nastasija, Milić Vera i Sarić Zora (1993): Soybean nodulation and nitrogen fixation in acid soil. Zemljište i biljka, 42, No 1, 55-65.

Mrkovački Nastasija, Milić Vera i Hrustić Milica (1996): Multistrain versus single strain inoculation: Effect on strain effectiveness and competition for soybean nodulation, Symbiosis, 21, 275 - 281.

Mrkovački Nastasija (1997): Field evaluation of nine soybean varieties. Acta Agriculture Serbica. Vol II, 3, 63-69.

Mrkovački Nastasija, Milić Vera i Hrustić Milica (1997a): Competitive ability of *Bradyrhizobium japonicum* strains: in double and triple inoculums. Eurosoya, No. 11, 23-28.

Mrkovački Nastasija, Milić Vera, M. Belić (2002): Primena Nitragina na zemljištu gde nije gajena soja. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, sveska 36, 139-147.

Mrkovački Nastasija i Hrustić Milica (2003): Efekat primene različitih tipova inokulacije soje. Arhiv za poljoprivredne nauke. Vol. 64, 161 - 167.

Munns, D. N. (1977): Mineral nutrition and the legume symbiosis. In R. W. F. Hardy and A. H. Gibson (eds.) Treatise on dinitrogen fixation. IV. Agronomy and ecology, Wiley, N. Y. 354-383.

Munns, D. N. i Keyser, H.H. (1981): Response of *Rhizobium* strains to acid and aluminium stress. Soil Biol. Biochem. 13: 115-118.

Newton, W. E. (1994): Nitrogen Fixation: Some perspectives and prospects. In Proceeding of the 1st European nitrogen fixation conference, p. 1-7.

Pate, J. S., Atkins, C. A., White, S. T., Rainbird, R. M., i Woo, K. C. (1980): Plant Physiology, 65, 961.

Pazdernik, D.L., Graham, P.H., Vance, C.P., i Orf, J.H. (1996): Host genetic variation in the early nodulation and dinitrogen fixation of soybeans. Crop Sci 36: 1102-1107.

Prell J. i Pool, P. (2006): Metabolic changes of rhizobia in legume nodules. Trends in Microbiology, Vol. 14, No. 4., 161-168.

Prescott, L. M., Harly, P. J., Klein, D. A. (2002): Microbiology. McGraw Hill. Boston.

Rai, R. (1992): Effect of nitrogen levels and *Rhizobium* strains on symbiotic N₂ fixation and grain yield of *Phaseolus vulgaris* L. genotypes in normal and saline-sodic soils. Biol. Fertil. Soils. 14.: 293-299.

Rengel, Z. (2002): Breeding for better symbiosis. Plant and Soil, 245: 147-162.

Reynolds, P. H. S., Blevins, D. G., Boland, M. J., Schubert, K. R., and Randall, D. D. (1982): Physiologia Pl. 55, 255.

Ruiz-Argueso, T., Palacios, J. M., Imperial, J. (2001): Regulation of the hydrogenase system in *Rhizobium leguminosarum*. Plant and Soil, 203 (1), 49-57.

Sarić Zora i Sarić, R. M. (1959): Uticaj nitraginizacije na rast i razviće soje. Savremena poljoprivreda, 10, 819-836.

Sarić Zora (1960): Adaptacija kvržičnih bakterija na soji u prirodnim uslovima. Savremena poljoprivreda, 2, 18-24.

Sarić Zora, i Ali H. Fawzia (1983): Nitrogen fixation in soybean depending on variety and *R. japonicum* strain. In: Genetic Aspects of Plant Nutrition (ed.) M. R. Sarić, B. C. Loughman, Martinus Nijhoff, Dr W. Junk Publishers, The Hague (Boston) Lancaster, 365-370.

Sarić Zora, Sarić, M., Mrkovački Nastasija, Govedarica, M. (1987): Increasing nitrogen fixation by combining certain *R. japonicum* strains and soybean varieties. Eurosoya, No 5, 8-12.

Sarić Zora, Mrkovački Nastasija i Milić Vera (1988): Azotifikacija soje. Zbornik referata Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 381-390.

Sarić Zora, Mrkovački Nastasija, Milić Vera (1990): N₂ fixation by *R. japonicum* strains during vegetation of different soybean cultivars. In: Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, N. El Bassam et al., (eds.) Cluwer Acad. Publishers, Printed in Netherland. 385-390.

Schubert, K. R., J. A. Engelke, S. A. Russell, i H. J. Evans (1977): Hydrogen reactions of nodulated leguminous plants. I. Effect of rhizobial strain and plant age. Plant Physiol. 60. 651-654.

Secino Masami, Kazutada Watanabe i Kunihiko Syono (1989): Molecular Cloning of Gene for Indole-3-Acetamide Hydrolase from *Bradyrhizobium japonicum*. Journal of Bacteriology, Vol. 171, No 3, 1718-1724.

Sloger, C. (1969): Symbiotic effectiveness and N₂ fixation in nodulated soybeans. Plant Physiol. 44, 1666-1668.

Sloger, C., D. Bezdicek, R. Milberg i N. Boonkerd (1975): Seasonal and diurnal variations in N₂ (C₂H₂) - fixing activity in field soybeans. In: Nitrogen fixation by free-living microorganisms, ed. W. D. P. Stewart, Cambridge University Press, Vol. 6.

Sprent, J. I. (1971): New Phytol. 70, 9.

Surin, B. P. i Downie, J. A. (1988): Characterization of the *Rhizobium leguminosarum* genes nod LMN involved in efficient host specific nodulation. Mol. Microbiol. 2, 173-183.

Udvardy, M. K., i Day, D. A. (1988): Metabolite transport across the peribacteroid membrane from soybean root nodules. In: Nitrogen Fixation: Hundered Years After. Bothe, De Brujn, Newton (eds.), Gustav Fisher, Stuttgart, New York, p. 534.

Vlassak, K.M. i Vanderleyden J. (1997): Factors influencing nodule occupancy by inoculant rhizobia. Crit. Rev. Plant Sci. 16, 163-229.

Wacek, T. J. i Brill, W. J. (1976): Simple, rapid assay for screening nitrogen-fixing ability in soybean. Crop Sci. 16, 519-523.

Wood, M. i Cooper, J. E. (1984): Aluminium toxicity and multiplication of *Rhizobium trifolii* in a difened growth medium. Soil Biol. Biochem. 16: 571-576.

AGROTEHNIKA SOJE

Jovan Crnobarac, Vojin Đukić, Branko Marinković

Prinos soje kao i drugih useva, zavisi od agroekoloških uslova, sorte i primenjene agrotehnike, a takođe i od nivoa ulaganja i znanja proizvođača koji sve to treba da koordinira i uskladi.

Način gajenja ili agrotehnika, odnosno tehnologija proizvodnje soje je hronološki niz agrotehničkih mera, kojima se postojeći agroekološki uslovi prilagođavaju biološkim zahtevima soje u cilju što boljeg iskorišćavanja genetičkog potencijala rodnosti. No, efekat agrotehničkih mera u značajnoj meri zavisi od godine, odnosno od momenta pojave, dužine trajanja i intenziteta ispoljavanja nepovoljnog vremenskog faktora, koji ograničava prinos. Pošto se vremenski uslovi ne mogu pouzdano predvideti, preporučena tehnologija proizvodnje je zasnovana na prosečnim vrednostima, koje se u višegodišnjem nizu najčešće pojavljuju. I tada se ponekad javljaju greške, ali one su značajno manje nego kada se tehnologija menja svake godine na osnovu rezultata iz prethodne godine. Preporučena tehnologija proizvodnje prilagođena određenom regionu i prosečnim vremenskim uslovima predstavlja ideal kome se teži i treba je što blagovremenije i kvalitetnije realizovati. U praksi objektivni ili subjektivni razlozi često dovode do odstupanja od preporučene tehnologije proizvodnje, zbog čega se povećava rizik ostvarenja visokih i sigurnih prinosa, kojeg proizvođači moraju biti svesni u momentu odlučivanja. Zato je važno i poznavanje biologije i zahteva biljke i sorti, jer tokom vegetacije soja ima određene zahteve prema uslovima uspevanja i u mnogo slučajeva primenjena agrotehnika određuje da li su zahtevi biljke zadovoljeni ili ne. U tom smislu je važno i poznavanje i precizno utvrđivanje faza rasta soje za blagovremenu i efikasnu primenu svih agrotehničkih mera, a posebno za primenu herbicida, đubriva, navodnjavanja, insekticida, kao i mere nege i žetvu.

Cilj svake biljne proizvodnje je visok i stabilan prinos, dobrog kvaliteta, praćen odgovarajućom profitabilnošću uz vođenje računa o očuvanju plodnosti zemljišta. Poljoprivreda je jedna od privrednih delatnosti, stoga i za nju uz određene specifičnosti važe opšti ekonomski zakoni privređivanja. Zbog egzistencijalnog i strateškog značaja proizvodnje hrane, obaveza države je da odgovarajućom agrarnom politikom (premijsama, regresima, kreditnom politikom, itd.) na makroekonomskom nivou stvori takve uslove privređivanja, da poljoprivreda bude na sličnom nivou profita kao ostala privreda.

Razlog za to je što na mikroekonomskom nivou, sa aspekta konkretnog proizvođača, veličina profita predstavlja njegov jedini ekonomski interes za gajenje određenog useva. Presudnu ulogu u tome ima visina i kvalitet prinosa.

Teoretski maksimalni prinos semena soje na osnovu usvojene i iskorišćene svetlosti je 7300 kg/ha (Sinclair, 2004) do 8000 kg/ha (Sinclair, 1998). Praktično ostvarivi ili genetički potencijal rodnosti je prinos neke sorte soje adaptirane određenim uslovima, bez ograničenog snabdevanja vodom i hranivima i pri efektivnoj kontroli štetočina, bolesti, korova, poleganja i drugih stresnih uslova. Prosečan prinos soje u nas je u poslednjih 5 godina 2485 kg/ha, tj. samo trećina od genetičkog potencijala. Nerealizovana razlika u prinosu je posledica nepovoljnih vremenskih uslova i neusaglašenosti zahteva biljke sa postojećim agroekološkim uslovima, što je upravo glavni zadatak agrotehnike koju sprovode proizvođači.

Uspešna proizvodnja soje zahteva da u troškovima budu samo oni elementi koji su neophodni za optimalnu količinu i kvalitet proizvoda, odnosno prihoda. Svaku agrotehničku meru treba posmatrati kao ekonomsko opravdani trošak, odnosno potrebno je da sprovođenje neke mere odbaci isto ili veće vrednosno povećanje prinosa od cena koštanja te mere. Tu spadaju osnovni troškovi semena, pesticida, đubriva, radne snage, mehanizacije i goriva, a takođe potrebno je uključiti i troškove finansiranja i cene upotrebe zemljišta i navodnjavanja. U ekonomskoj analizi agrotehničkih mera osim razmatranja opravdanosti izvođenja (da/ne međuredna kultivacija), postoje i takve gde se određuje optimalna doza (seme, đubrivo). Naravno pri tom, treba imati na umu postojeće agroekološke i tržišne uslove, tj odnos cena inputa i prinosa.

Bez obzira na dugu tradiciju gajenja u zemljama Dalekog Istoka, svetski značaj u ratarskoj proizvodnji soja je dobila tek pre nekoliko decenija. To znači da su se proizvođači susretali sa potpuno nepoznatom biljnom vrstom, za koju je trebalo razrađivati i usavršavati način gajenja. Trebalo je prvo upoznati biljku, spoznati njene biološke osobine, potrebe i mogućnosti, a potom odabrati i prilagoditi pojedine agrotehničke mere, kojima se postojeći agroekološki uslovi u što većem stepenu prilagođavaju potrebama soje.

U Jugoslaviji na značajnijim površinama soja se gaji od 1975. godine, što znači da nije tradicionalni usev kao pšenica ili kukuruz, tako da ni naučno zasnovana tehnologija proizvodnje nije postojala (Hrustić, 1994). Bilo je nejasnoća u agrotehnici, jer se strana iskustva nisu mogla bezrezervno primenjivati, pošto se svako geografsko područje odlikuje specifičnostima koje uslovljavaju i bitne razlike u tehnologiji proizvodnje (Belić i sar., 1983). U početku intenzivnog gajenja soje u nas, bilo je niz nepoznanica (Hrustić i sar., 1996). Osnovna obrada za soju izvodi se kao i za većinu drugih jarih ratarskih useva, ali već kod predsetvene pripreme su se javljali problemi, jer je ona specifična. Velike dileme, takođe, bile su vezane za đubrenje, inokulaciju semena, vreme setve i gustinu sklopa. Na osnovu prosečnih višegodišnjih rezultata oglada, kao i kumulativnih praktičnih iskustava, za soju koja je postala važan usev ratarske proizvodnje, danas je razrađena i uhodana tehnologija proizvodnje prilagođena našim agroekološkim uslovima.

Za ostvarivanje visokih i stabilnih prinosa, bitan element tehnologije proizvodnje je pravilan izbor sorte.

Pri izboru sorte treba voditi računa o sledećim osobinama: visini i kvalitetu prinosa, o dužini vegetacije, otpornosti na poleganje i pucanje mahuna, kao i otpornosti na glavne bolesti i štetočine.

Svakako, potencijal rodnosti ima presudnu ulogu u izboru sorte, ali u slučaju moguće pojave uslova koji limitiraju potencijalni prinos, a mogu se prevazići genetskom otpornošću sorte, moraju se u razmatranje uzeti i ostale osobine sorti. U mnogim slučajevima neko drugo svojstvo može imati veći značaj nego potencijal za prinos. Uopšteno gledano sorte duže vegetacije daju veći prinos jer efektivno koriste punu vegetacionu sezonu, mada se u našim uslovima dešavalo da, u izrazito sušnim godinama, rane sorte ostvaruju veći prinos od kasnih. Zbog duže vegetacije, moguće je da kasne sorte prolaze kritične faze (formiranje i nalivanje zrna) u uslovima nedostatka padavina, visokih temperatura i niske relativne vlažnosti vazduha (juli, avgust), što se negativno odražava na broj mahuna i zrna, kao i na krupnoću zrna. Sorte kraće vegetacije (grupa zrenja 0) prolaze brže sve faze razvoja, pa su kritične faze ranije, čime izbegavaju najnegativniji efekat nedostataka vode i visokih temperatura. Efekat ovog stresa kod njih se odražava samo na krupnoću zrna, zbog čega je prinos ovih sorti ponekad veći od sorti iz II grupe zrenja (Hrustić i sar., 1995; Vidić i sar., 1996).

Poleganje usporava žetvu i povećava gubitke, a ako se desi pre faze formiranja mahuna utiče na smanjenje prinosa zbog smanjenja broja mahuna i slabijeg nalivanja semena. Iako je otpornost na poleganje genetički određena, činioci koji stimulišu vegetativni rast biljke, kao što su povećana gustina useva, veća vlažnost i plodnost zemljišta potenciraju poleganje. Zato u uslovima navodnjavanja i na plodnim zemljištima, treba birati sorte koje su genetički otpornije na poleganje i sejati manji broj biljaka, odnosno odabrati donju granicu preporučene optimalne gustine.

U uslovima SAD prosečan godišnji doprinos novih sorti u porastu prinosa je oko 30 kg/ha godišnje (Specht i sar., 1999). Zato je svake godine potrebno analizirati rezultate najbližih sortnih oglada i dotada gajene zameniti sa novim prinosnijim sortama. Najbolji način izbora najprinosnije sorte je na osnovu prosečnih prinosa iz nekoliko godina i lokacija. Razlog tome je što se vremenski uslovi ne mogu unapred predvideti, pa je sorta koja, na sličnim lokalitetima, u proseku daje najbolje prinose u sušnim i u vlažnim godinama najsigurniji izbor. Naravno, ako prosek obuhvata veći broj lokaliteta i godina izbor je pouzdaniji.

Sve sorte soje se prema dužini vegetacije dele na trinaest grupa zrenja (000, 00, 0, I, II...do X) zavisno od geografskog područja gajenja. S obzirom da su sorte adaptirane na vrlo uski pojas geografske širine, izrase rana, srednja i kasna sorta, treba shvatiti uslovno, jer se odnose na konkretno područje.

Obično se u svakom području u redovnoj setvi mogu uspešno gajiti sorte iz dve, odnosno tri grupe zrenja. Adaptiranost, mogućnost gajenja u konkretnom regionu se ocenjuje na osnovu sortnih oglada i za naše područje je utvrđeno da su najpogodnije sorte iz grupe zrenja 0, I i II. Sorte iz III grupe zrenja imaju suviše dugu vegetaciju, u kišnim godinama je problematično sazrevanje semena, ali se mogu preporučiti za silažu.

Osnovni cilj proizvodnje je svakako prinos, ali zavisno od stanja parcele, vremena setve, planiranog vremena žetve, mogućnosti navodnjavanja i niza drugih činilaca, odabira se sorta, koja će odgovoriti najvećem broju zahteva. Prilikom izbora sorti za veće površine potrebno je imati u vidu i moguće stresne uslove, te je bolje opredeliti se za bar dva genotipa. Ni jedan genotip ne poseduje osobine kojima se može suprotstaviti svim limitirajućim faktorima spoljne sredine (Jocković i sar, 1994). Zato je neophodno u jednom agroekološkom rejonu gajiti više različitih genotipova (Hrutić i sar., 1993). Još bolje je odlučiti se i za sorte različite dužine vegetacije, jer moguća pojava stresnih uslova neće zateći sve sorte u istoj fazi razvoja, od čega zavisi otpornost biljke, čime će se umanjiti ili čak izbeći negativni efekat stresa. Takođe, ovo omogućava lakšu organizaciju rada, zbog sukcesivnosti radova u setvi, negi i žetvi. (Slika 10.1).

Slika 10.1

NS sorte soje (foto: G. Kuzmanović)



U dosadašnjem intenzivnom selekcionom radu u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad stvoreno je preko 90 sorti. Zbog stalnog napretka u selekciji i jednostavnijeg semenarstva i umnožavanja semena, proizvođačima se nudi po nekoliko sorti iz svake grupe zrenja. Ističemo nove perspektivne sorte, koje su superiornije u odnosu na već poznate široko gajene sorte.

U grupi zrenja 0, visinom i stabilnošću prinosa nameću se sorte Valjevka, Proteinka, Galina, Bečejka. One su iz proizvodnje potisnule dugo prisutnu sortu Afrodita. Odlikuju se visokim prinosom za svoju dužinu vegetacije i pogodne su kako za redovnu tako i za kasniju setvu (Tabela 10.1).

Tabela 10.1.

Preporuka sortimenta, gustine i vremena setve soje u našim agroekološkim uslovima

Grupa zrenja	II	I	0	00/000
Sorta	Venera	Novosađanka	Valjevka	Fortuna
	Mima	Tea	Proteinka	Julija
	Rubin	Sava	Galina	Merkur
		Diva	Bečejka	
		Balkan		Jelica
	Vojvođanka	Ravnica	Afrodita	Krajina
Broj klijavih zrna (000)	350 – 400	400 – 450	oko 500	550 – 600
Vreme setve	početak aprila	ceo april	ceo april	celo proleće, može postrno, do početka jula

Sorte Ravnica i Balkan su do nedavno bile okosnica sortimenta iz I grupe zrenja. Zamenjuju ih kvalitetne novostvorene sorte Novosađanka, Tea, Sava, Diva, koje se odlikuju visokim i stabilnim prinosom u različitim uslovima proizvodnje.

U II grupi zrenja osim Vojvođanke treba pomenuti i sorte Venera, Mima, Rubin, koje se odlikuju prvenstveno visinom prinosa i otpornošću na poleganje.

Soja se može sejati i van redovnog roka setve, za šta se koriste sorte sa izrazito kratkom vegetacijom iz grupe zrenja 00/000 – Fortuna, Julija, Merkur, koje potiskuju starije sorte Jelicu i Krajinu. Ove sorte imaju dužinu vegetacije oko 100 dana, što omogućava da i u eventualno kasnoj, naknadnoj setvi uspešno sazru i formiraju zadovoljavajući prinos. Takođe, rezultati oglada i iskustva iz proizvodnje, pokazuju da se rane sorte soje mogu uspešno gajiti posle žetve ozimog ječma i pšenice. Pri setvi u prvoj dekadi jula, uz primenu navodnjavanja, sazrevaju polovinom oktobra i ostvaruju prinose od 2 do 2,5 t/ha.

MESTO SOJE U PLODOREDU

Zbog zastupljenosti strnina u setvenoj strukturi, one su čest predusev soji u našim uslovima. Pšenica i druga strna žita rano napuštaju zemljište, tako da se u

periodu do setve narednog jarog useva, koji traje od 8-10 meseci, zemljište odmara i na prirodan način obnavlja svoje osobine. Pšenica i ozimi ječam su takođe sve češći predusevi za postrnu setvu sorti soje kratke vegetacije.

Kukuruz je takođe predusev soji, ne samo u našim uslovima nego i u SAD, gde se soja i najviše gaji. U takozvanom kukuruznom pojasu (Illinois, Ajova, Minesota, Indiana, Misuri) na preko 90% površina prisutno je dvopolje kukuruza i soje. U našim uslovima bi bilo idealno da soja prekine dvopolje kukuruza i pšenice (Crnobarac, 2000). Kukuruz je povoljan predusev za soju ukoliko se kukuruzovina dobro usitni i zaore. Ograničavajući faktor u korišćenju kukuruza kao preduseva mogu biti herbicidi na bazi triazina i sulfoniluree, koji zbog rezidualnog dejstva negativno utiču na soju.

O vrednosti šećerne repe kao preduseva za soju postoje različita mišljenja. U periodu intenziviranja ratarske proizvodnje šećerna repa je važila kao dobar predusev za većinu ratarskih biljaka. U poslednjih nekoliko godina, međutim, ona se sve češće pominje kao nepovoljan predusev. Ovome je značajno doprineo i višegodišnji nedostatak padavina. Bez upotrebe stajnjaka, u zemljištu čija je biogenost značajno smanjena, obrada i đubrenje za šećernu repu nemaju odgovarajući uticaj na naredni usev (Stefanović, 1992). Šećerna repa bi zbog visokih doza đubrenja bila dobar predusev, međutim, zbog velike potrošnje vode naročito u sušnim godinama ili prevelike vlažnosti prilikom vađenja i sabijanja zemljišta, šećerna repa je lošiji predusev za soju.

Suncokret i uljana repica su vrlo rizični predusevi za soju zbog zajedničkih bolesti. Na parcelama na kojima je usev suncokreta ili soje bio zaražen belom truleži, soja se ne bi smela gajiti narednih pet do šest godina, jer gljiva, koja se sa žetvenim ostacima unese u zemljište, vrlo dugo zadržava vitalnost. Soju ne treba gajiti posle drugih leguminoza, ne samo zbog zajedničkih bolesti, već i zbog toga što je zaostali azot vredniji za druge biljke.

O gajenju soje u monokulturi postoje različiti rezultati. Johnson (1987) iznosi niz rezultata prema kojima soja daje od 11 do 21% veći prinos u plodoredu sa kukuruzom ili šećernom repom nego u monokulturi. Prema istom autoru i prinosi kukuruza su veći ako se gaji u smeni sa sojom, nego u monokulturi. U literaturi i stručnoj praksi preovladava mišljenje da soju ne treba gajiti u monokulturi. Akumulacija prouzrokovala bolesti i insekata, te stvaranje alelopatskih materija tokom razgradnje biljnih ostataka i otežana borba protiv korova su razlog zbog koga treba izbegavati ponovljenu setvu soje, a pogotovo monokulturu Alelopatske materije negativno deluju na rast korena i intenzitet azotofiksacije soje i drugih leguminoza. Osim toga bolje iskorišćavanje zemljišta i bolji prinos su razlozi zašto soji treba pažljivo odabrati mesto u plodoredu. Gajenje soje u plodoredu ne isključuje probleme sa bolestima, ali smanjuje mogućnost infekcije.

Soja se vrlo dobro može uklopiti u plodored pošto je odličan predusev za većinu ratarskih biljaka koje se kod nas gaje. Pored toga, soja kao leguminoza popravljajući strukturu zemljišta i obogaćuje ga azotom. Iako ima manju masu žetvenih ostataka,

C:N odnos kod soje je znatno povoljniji nego kod kukuruza i drugih žita, jer soja ima za više od 3 puta veće potrebe u azotu za formiranje jediničnog prinosa (Hoeft i sar. 2000). Količine azota koje ostaju iza soje su prema raznim autorima različite. Tako Vanotti i Bundy (1995) nalaze da je to od 45 do 67 kg/ha, a Mosca i sar. (1989) od 30 do 60 kg/ha.

ĐUBRENJE

Za rast i razvoj biljke potrebne su određene količine hranljivih elemenata. O ulozi pojedinih mikro i makroelemenata u rastu i razviću soje, bilo je reči u poglavlju "Mineralna ishrana soje", pa će ovde biti razmatrana samo potreba primene pojedinih mineralnih đubriva.

Sistem đubrenja određenog useva zavisi od zemljišnih i klimatskih uslova, što znači da nema opštih preporuka za sve regione bez prethodnog prilagođavanja agroekološkim uslovima. Tuđa iskustva su, kod ove agrotehničke mere, možda od najmanje koristi. Istraživanja o potrebama u pojedinim elementima su generalno slična, ali uslovi proizvodnje se bitno razlikuju. Poznavanje uloge pojedinih elemenata u životnom ciklusu biljke i uslova u kojima biljka raste, određuju količinu i vrstu mineralnih đubriva koje treba upotrebiti.

Osnovni principi đubrenja univerzalno važe i za soju. Primena đubriva je zasnovana na principu kontrole plodnosti zemljišta, što podrazumeva održavanje postojeće dobre ili poboljšanje slabije plodnosti zemljišta uz ostvarenje visokih i stabilnih prinosa. Osnova tog principa je balans hraniva na nivou useva ili rotacije. Primenjenom količinom đubrivima uspostavljamo balans između ukupno potrebne količine hraniva za formiranje planiranog prinosa i raspoložive količine za biljku pristupačnih hraniva u zemljištu. Pri tome se ima na umu da biljka sa prinosom iznosi određene količine hraniva, koje u cilju očuvanja plodnosti treba vratiti u zemljište.

Ukupne potrebe u hranivima dobijaju se množenjem planiranog prinosa sa količinom hraniva koja se nalazi u zrnu i vegetativnoj masi. Prema brojnim istraživanjima, za formiranje jedne tone zrna i odgovarajuće vegetativne mase, biljci je potrebno oko 100 kg N, 23 do 27 kg P₂O₅ i 50 do 60 kg K₂O, od čega se zrnom odnese oko 60 kg N, 11 do 14 kg P₂O₅ i 20 do 23 kg K₂O, a ostatak usvojenih hraniva se vraća u zemljište zaoravanjem žetvenih ostataka. (Franzen i Gerwing, 1997; Johnson, 1992; Cetiom, 1988).

Za pravilno balansiranje hraniva, koje se uspostavlja određivanjem optimalne doze đubriva, neophodno je utvrditi količinu pristupačnih hraniva u zemljištu, što se radi analizom zemljišta. Obično se u analizi zemljišta, osim sadržaja hraniva daju i preporuke zasnovane na gore navedenom principu o optimalnim dozama đubriva, a takođe i o vremenu i načinu njihove primene. Odomaćena praksa je da se rezultati

analiza od više reprezentativnih uzoraka zemljišta sa jedne parcele uprosečavaju, da bi celu parcelu đubрили sa istom preporučenom dozom đubriva. Đubrenjem se obezbeđuje minimalna količina hraniva koja neće limitirati prinos pri optimalnoj tehnologiji proizvodnje i prosečnim vremenskim uslovima datog regiona.

Dosadašnja praksa je da se cela parcela uniformno đubри istom dozom đubriva, zanemarujući varijabilnost plodnosti zemljišta unutar parcele. Ovo dovodi do neujednačenog razvoja biljaka, a poznato je da je uniformnost useva osnova visokog prinosa. Hibridi su sa genetskog aspekta maksimalno ujednačeni, no fenotipska realizacija tog potencijala zavisi od ujednačenosti uslova za svako pojedinačno seme. Upravo zato se istražuje naprednija tehnologija gajenja pod nazivom „precizna poljoprivreda”, koja je zasnovana na preporukama doza đubriva na osnovu rezultata svakog pojedinačnog uzorka zemljišta. Znači da se za parcelu ne primenjuje jedna prosečna doza đubriva, nego se doze određuju preciznije za svaki pojedinačni deo parcele (Hoeft i sar., 2000). Da bi se ovo moglo sprovesti neophodno je češće uzimanje uzoraka, zbog sticanja realnije slike o promenljivosti plodnosti unutar parcele. Druga neophodna karika ovog sistema je tačno lociranje mesta uzorkovanja određivanjem preciznih geografskih koordinata, preko tzv. GPS-a (globalni pozicioni satelit sistem), odnosno formiranje mape parcele i GIS (geografski informacioni sistem) baze podataka u mobilnom kompjuteru. Uneti rezultati analize zemljišta za svaki uzorak sa poznatim koordinatama služe kao podloga za diferencijalno đubrenje delova parcela prilagođenim rasipačem đubriva. To omogućava ugrađeni GPS na traktoru koji trenutne koordinate šalje kompjuteru, a ovaj u zavisnosti od sadržaja hraniva na toj koordinati određuje dozu đubriva i pesticida.

Usvajanje hraniva iz zemljišta zavisi od faze razvoja biljke. U početnim fazama, kad su biljke male i usvojene količine hraniva su male, ali je njihova koncentracija u biljnom tkivu veća. Tokom kasnijih faza, rastu potrebe biljke pa je i količina ukupno usvojenih makro i mikroelemenata veća, ali je njihov sadržaj u biljnom tkivu manji zbog efekta razblaženja. Na količinu hraniva koje biljka usvaja osim količine i oblika hraniva u zemljištu utiču i ostale osobine zemljišta. Ukoliko je zemljište suvo, zbog manje pristupačnosti i usvajanja vode smanjuje se i usvajanje mineralnih hraniva. Pošto koren za svoju aktivnost zahteva određeni vodno-vazdušni režim, u uslovima ekstremne vlažnosti usvajanje hraniva takođe neće biti odgovarajuće. Stoga je za pravilnu ishranu biljaka, još prilikom obrade zemljišta, potrebno voditi računa da se obezbedi odgovarajući vodno-vazdušni i toplotni režim.

Nedostatak azota ima slično dejstvo na porast, razviće i formiranje prinosa svih gajenih biljaka. Specifičnost soje u pogledu azota u odnosu na druge ratarske useve, je u njenoj sposobnosti da putem simbioze sa kvržičnim bakterijama obezbeđuje znatan deo potreba u ovom hranivu. Učešće azota iz azotofiksacije u ukupnim potrebama soje za azotom u zavisnosti od uslova se kreće od 25 do 75%, a ostatak azota soja usvaja iz zemljišta (neorganski N, N koji nastaje mineralizacijom organske materije i ostaci N od preduseva) (Varco, 1999). Biljka koristi azot samo iz zemljišta u periodu od prelaska sa ishrane iz kotiledona do formiranja kvržica, što je prema većini autora

u prve dve do tri nedelje vegetacije. Ova NO₃ forma je preovlađujući izvor azota sve do faze početka formiranja mahuna nakon čega naglo pada njegov udeo u ishrani (Pedersen, 2004). Kasnije kako rastu zahtevi biljke prema azotu, soja najveći deo potreba podmiruje iz atmosferskog azota. Snabdevanje biljke azotom iz azotofiksacije preovladava od početka cvetanja i traje do faze nalivanja semena (Hoeft i sar., 2000a), iz čega proizilazi značaj unošenja kvržičnih bakterija u zemljišta gde soja nije bila gajena. Visoka količina nitratnog azota prolongira infekciju i smanjuje nodulaciju što dovodi do smanjene azotofiksacije. Stoga je kod razmatranja uticaja azota kod soje, uvek važno naglasiti da li su biljke inokulisane i kako je uspela nodulacija. Soja sa dobro razvijenim kvržicama retko reaguje na azotna đubriva, bez obzira na tip zemljišta, vreme, način i količinu unetih azotnih đubriva, stoga je ne treba prihranjivati (Roth, i sar., 2003).

Na osnovu rezultata dvogodišnjih oglada izvedenih na više lokaliteta u Vojvodini, zapaža se da su razlike u prinosu postignute povećanjem doza azota, pri istim dozama fosfora i kalijuma, bile neznatne, a da inokulacija ima znatno veći uticaj na prinos. Sa povećanjem doza azota smanjuje se broj kvržica, a pri dozi od 90 kg/ha na većini lokaliteta nije bilo kvržica na korenu (Belić i sar., 1987; Relić, 1988). Do istih zaključaka dolaze Gascho i sar. (1989) i Johnson (1992).

U određenim zemljišnim uslovima (niska pH, mali sadržaj organske materije i rezidualnog N u zemljištu, kao i velika količina zaoranih žetvenih ostataka ili zbijeno zemljište) snabdevanje biljke azotom iz zemljišta i azotofiksacije nije dovoljno, pa se javljaju simptomi nedostatka azota, kada je primena azotnih mineralnih đubriva opravdana jer utiče na značajno povećanje prinosa soje. Osborn i Riedell (2006) navode da je u hladnijim uslovima predsetvena primena azota od 16 kg/ha dovela u trogodišnjem proseku do povećanja prinosa semena za 6%, što je posledica početnog ubrzanog rasta biljke.

Biljka soje usvaja fosfor i kalijum tokom cele vegetacije. Period najveće potrebe za fosforom počinje neposredno pre početka stvaranja mahuna i traje do punog formiranja zrna. Period najintenzivnijeg usvajanja kalijuma je u toku vegetativnog porasta, a usvajanje se usporava početkom formiranja zrna. Potrebe za unošenjem ovih elemenata zavise od postojeće količine u zemljištu. Ferguson i sar. (2006) navode da soja postiže maksimalne prinose pri nižem sadržaju fosfora u zemljištu nego kukuruz i pšenica, što znači da, kao i sve leguminoze, dobro koristi teže pristupačne oblike ovog elementa. Međutim, naša istraživanja ukazuju da prevelike količine fosfora i kalijuma mogu negativno da utiču na prinos soje (Rajičić i sar., 1993). Visoke koncentracije lakopristupačnog fosfora i kalijuma u zemljištu nemaju direktno štetan uticaj na biljke, ali zbog mogućeg antagonizma, posebno fosfora sa drugim elementima ili prevođenja drugih biogenih elemenata u nepristupačne oblike za biljku, može doći do nesklada u ishrani gajenih biljaka (Bogdanović i sar., 1993).

Za pravilan razvoj biljke potrebni su i mikroelementi. Nedostatak mikroelemenata je izraženiji na zemljištima lakšeg mehaničkog sastava, koja su podložna ispiranju, alkalnim i kiselim zemljištima. Po mišljenju Johnson-a (1992) proizvođači

koji su obezbeđenjem dovoljnih količina N, P i K postigli visok prinos, prvi su obratili pažnju na nedostatak mikroelemenata. Prema istom autoru, za preciznu ocenu nedostatka mikroelemenata potrebna su pažljivo kontrolisana istraživanja jer je razlika između slabe, dobre i veoma dobre obezbeđenosti mikroelementima često vrlo mala. Ukoliko se utvrdi potreba za mikroelementima oni se mogu uneti preko zemljišta ili folijarno.

Unošenje hranljivih elemenata za soju vrši se uglavnom putem mineralnih đubriva. Organska đubriva (stajnjak, zelenišno đubrivo, osoka, kompost) se u proizvodnji soje praktično ne koriste. Soja veoma dobro koristi produžno dejstvo stajnjaka, ne samo neposredno posle useva za koji je unet, nego i dve do tri godine kasnije.

Uobičajena praksa u našoj zemlji bila je da se soja ne đubri mineralnim đubrivima, jer su se na zemljištima dobre strukture, mehaničkog sastava i prirodne plodnosti, uz korektnu bakterizaciju semena, mogli ostvariti dobri prinosi. Poslednjih nekoliko godina zbog ekonomskih teškoća smanjena je upotreba đubriva kod svih useva, pa je došlo do osiromašjenja zemljišta, zbog čega treba obratiti više pažnje i na đubrenje soje. Na zemljištu dobro obezbeđenom mineralnim hranivima, potrebno je uneti samo one količine koje se iznesu prinosom, da bi se održao nivo plodnosti zemljišta. Za prinos od 3 t/ha zrna na srednje plodnom zemljištu (10-20 mg P₂O₅ i K₂O na 100 g zemljišta, po Al-metodi) preporučuje se: 50-60 kg/ha P₂O₅ i 40-50 kg/ha K₂O. Ako je zemljište slabije prirodne plodnosti količinu đubriva treba povećati. Zbog slabijeg uticaja đubriva na prinos soje u odnosu na druge ratarske useve, malo je izučavana sortna specifičnost u pogledu mineralne ishrane. No, robusnije sorte duže vegetacije je potrebno intenzivnije đubriti zbog većih potreba u hranivima. Đubrenje soje se obavlja pred osnovnu, duboku jesenju obradu i to kompleksnim đubrivima, dok se predsetveno mogu dati samo manje količine (do 30 kg/ha) azota. Zbog negativnog uticaja kasnije primenjenog mineralnog azota na azotofiksaciju, ne praktikuje se prihranjivanje tokom vegetacije.

Treba imati u vidu da se u nedostatku hraniva ne mogu očekivati vrhunski prinosi. Zato odluka o đubrenju mora biti doneta na bazi poznavanja konkretnih uslova.

OBRADA ZEMLJIŠTA

Obrada zemljišta je bitan faktor za uspešnu proizvodnju soje. Sistemi obrade zemljišta se ne razlikuju samo od regiona do regiona, već i od polja do polja a u nekim slučajevima i na istom polju od godine do godine, i potrebno je primeniti način obrade koji u određenom momentu najbolje odgovara datim uslovima (Johnson, 1987). Soja ima velike zahteve za kvalitetnom osnovnom obradom i vrlo dobrom predsetvenom pripremom. Dubljom obradom aktivira se veća masa zemljišta, što poboljšava procese

razlaganja zaoranih žetvenih ostataka i omogućava formiranje većih rezervi, posebno, zimske vlage. Obradom treba da se obezbedi dobra struktura zemljišta i povoljan vodno-vazdušni i toplotni režim, da se zaoru žetveni ostaci i unište korovi, čime se stvaraju preduslovi za ujednačeno nicanje, dobro ukorenjavanje i optimalan razvoj soje tokom čitave vegetacije. Obrada takođe, treba da omogući prodiranje korenovog sistema u dublje slojeve zemljišta, bolje usvajanje mineralnih materija, ali i formiranje i veću aktivnost kvržica. U zbijenom zemljištu, sa suviše malim porama, korenov sistem ima ograničeni rast što se može odraziti na porast nadzemne mase biljke, a samim tim i na visinu prinosa. U proizvodnji soje, kao i drugih gajenih biljaka, obrada ima veoma bitnu ulogu i u kontroli zakorovljenosti useva. Pravovremenom i dobro izvedenom osnovnom obradom i predsetvenom pripremom, zaoravanjem biljaka, klijanaca i semena korova ili efikasnijom primenom herbicida, moguće je uticati na smanjenje zakorovljenosti.

Osnovna obrada

Način i vreme osnovne obrade zemljišta za soju zavise, u velikoj meri, od tipa zemljišta i od preduseva. Soja ima velike zahteve za blagovremenom i kvalitetnom osnovnom obradom. Duboko oranje je obavezno izvršiti tokom jeseni, posle ranih preduseva na težim zemljištima krajem septembra, a na ostalim tipovima do kraja oktobra. Posle kasnih preduseva, osnovnu obradu treba obaviti neposredno posle njihove žetve. Izvođenje osnovne obrade u proleće, dovodi do smanjenja prinosa (Crnobarac, 2002). Izuzetno, na nagnutim ili plavnim terenima, može biti opravdana prolećna obrada. Dubina osnovne obrade zemljišta u proizvodnji soje ne bi smela da bude manja od 25 do 30 cm. Plića osnovna obrada može da dođe u obzir samo na lakim, rastresitim zemljištima. Međutim, kada su u pitanju teža zbijenija zemljišta dubinu oranja ni u kom slučaju ne treba smanjivati (Šuput, 1986).

Kvalitetna osnovna obrada, odnosno oranje, treba da ispuni sledeće zahteve: poštovanje zadate dubine oranja, dobro sklapanje prohoda i slaganje plastice, izravnatost i usitnjenost površine i zaorano seme korova, korovskih i biljnih ostataka na punu dubinu. Od kvaliteta izvedenog oranja zavisi kasnije dobra ili loša predsetvena priprema, setva, međuredna kultivacija i na kraju žetva.

Obrada zemljišta za soju zavisi od preduseva. Ako je predusev bila ozima ili jara strnina (pšenica ili ječam) odmah nakon skidanja useva izvodi se ljuštenje strništa na dubini do 10-15 cm ili tanjiranje teškim tanjiračama. Ovom merom se obezbeđuje unošenje žetvenih ostataka u zemljište, bolje čuvanje vlage, kao i uništavanje korovskih biljaka. Poželjno je da se tokom leta i rane jeseni izprovocira nicanje korovskih i samoniklih biljaka, koje je pre osemenjavanja neophodno uništiti drljanjem ili kultiviranjem, čime se smanjuje brojnost korova u narednoj sezoni. Oranje na punu dubinu izvodi se krajem leta i početkom jeseni. Dubina oranja treba da je od 25 do 30 cm.

Zbog kasnog skidanja i velike količine biljnih ostataka, obrada zemljišta posle kukuruza je nešto otežana. Prvi posao posle berbe kukuruza, koji se mora obaviti kvalitetno, je sitnjenje biljnih ostataka. Ako se to ne izvede kvalitetno ni osnovna obrada se ne može izvoditi kako treba. Žetveni ostaci moraju biti usitnjeni i zaorani tako da seme kad se poseje ostvari kontakt sa zemljištem, a ne sa biljnim ostacima. Zato ovoj operaciji treba posvetiti punu pažnju. Dubina obrade treba da je do 30 cm, odnosno da se obezbedi zaoravanje kukuruzovine, koja će se na taj način naći u povoljnim uslovima za razlaganje.

Ako je predusev šećerna repa, oranje na punu dubinu izvodi se odmah nakon njenog vađenja, da bi zemljište ostalo u gruboj brazdi izloženo delovanju mraza. Dubina oranja zavisi od stanja površine repišta, vlažnosti i biljnih ostataka. Ukoliko su uslovi za vađenje šećerne repe bili povoljni i nije došlo do velikog zbijanja zemljišta, oranje može da se izvodi do dubine od 20 do 25 cm. Često se dešava da se šećerna repa vadi pod vrlo nepovoljnim uslovima, tako da zemljište ostaje veoma zbijeno. U tom slučaju se ne može, kao prednost, iskoristiti duboka obrada od preduseva (šećernu repu), nego dubina osnovne obrade za soju treba da bude do 30 cm.

Posle jesenje osnovne obrade, pre zime je potrebno plugom ili tanjiračom poravnati duboke razore i visoke slogove, radi lakše i kvalitetnije predsetvene pripreme i setve, što značajno smanjuje gubitke u žetvi, koji kod soje u slučaju izostanka ove mere mogu biti vrlo visoki. Kvalitetno i blagovremeno poorano zemljište tokom zime treba da ostane u otvorenim brazdama zbog boljeg izmrzavanja i veće akumulacije zimskih padavina. U našoj proizvodnoj praksi neki proizvođači još tokom jeseni vrše ravnanje površine grubom predsetvenom pripremom, odnosno pristupaju zatvaranju brazda. Ovakav postupak kod soje nema opravdanje, jer se on praktikuje samo ako je u pitanju setva ranih prolećnih useva koji imaju povećane zahteve prema kvalitetnoj predsetvenoj pripremi, koju je u rano proleće teško ostvariti jer je zemljište obično prevlažno.

Predsetvena priprema

Predsetvena priprema zavisi od tipa zemljišta, vremena i kvaliteta osnovne obrade, a uvek se obavlja samo pri optimalnoj vlažnosti zemljišta. Cilj predsetvene pripreme je formiranje setvenog sloja debljine 5-6 cm, sitnog, toplog i vlažnog zemljišta, koje će omogućiti dobar kontakt sa semenom i brzo i ujednačeno nicanje. Brzina nicanja zavisi od temperature i vlažnosti zemljišta, ali i od prisnosti kontakta semena i zemljišta preko čega se njihovo dejstvo prenosi na seme. Takođe predsetvena priprema treba da omogući ujednačenu dubinu setve i dobro pokrivanje semena. Kod soje, kao i ostalih jarih useva, prvenstveni zadatak predsetvene pripreme je ravnanje i rastresanje zemljišta. Manje je izražena potreba za usitnjavanjem zemljišta, jer je tokom zime to učinio mraz, a takođe i za sleganjem zemljišta, jer se ono prirodno sleglo tokom 5-6 meseci koliko prođe od osnovne obrade. Ovom merom se nastoji da se sa povećanjem temperatura, smanji nekorisno isparavanje vode iz zemljišta,

jer se smanjuje dodirna površina zemljišta sa atmosferom i prekida formirani kapilarni sistem, što omogućava i ravnomerniji raspored vode i toplote u setvenom sloju (Crnobarac i sar., 2003). Rastresanjem zemljišta u površinski sloj unosi se vazduh, koji ima slabu provodljivost i nizak toplotni kapacitet. To omogućava brže zagrevanje setvenog sloja, a time raniju setvu, i dužu vegetaciju (Slika 10.2).

Slika 10.2

Predsetvena priprema zemljišta (foto: G. Kuzmanović)



Predsetvenom pripremom ne mogu se ispraviti greške osnovne obrade, jer i pored poravnatosti površinskog sloja, dublji slojevi ostaju neujednačeni. To izaziva lošiju setvu, neujednačeno nicanje i teže ukorenjavanje, što se kasnije odražava na porast biljaka, a samim tim i na prinos. Specifičnost predsetvene pripreme za soju je potreba da zemljište što bolje poravna, zbog manjih gubitaka u žetvi.

Predsetvena priprema obavlja se najčešće u dva navrata. Prvu pripremu zemljišta najbolje je obaviti rano u proleće, čim vreme dozvoli, odnosno čim se zemljište prosuši, da se ne bi lepilo za oruđe i da se smanji negativni efekat gaženja i sabijanje zemljišta što dovodi do pogoršanja fizičkih osobina zemljišta naročito na tragovima točkova. Zato se preporučuje postavljanje duplih točkova na traktorima i obavljanje ove operacije u što manjem broju prohoda, agregatiranjem više oruđa ili upotrebom kombinovanih oruđa. Ova operacija ne bi trebalo da se obavi ni kasno, kada se zemljište previše osuši, jer se time smanjuje i ujednačenost vlažnosti setvenog sloja.

Druga priprema obavlja se nekoliko dana pre setve, kada sa vrši finalna priprema i najlakše uništavaju klijanci i ponikli korovi. Ovom merom mogu se unositi

predsetvene doze azotnih đubriva i inkorporirati herbicidi. Ako se ova radnja dobro izvede, ostvaruje se sitno mrvičasta struktura zemljišta, čime se postiže ne samo ujednačenije nicanje useva, nego i bolje delovanje herbicida. Površina ovog sloja treba da je sitno grudvičasta, a ne praškaste strukture zbog sprečavanja pojave pokorice. Ispod setvenog sloja zemljište treba da je dovoljno rastreseno zbog lakšeg i dubljeg ukorenjivanja i bolje aeracije korena. Dubinu pripreme treba prilagoditi dubini setve, jer preduboka priprema dovodi do nepotrebnog gubljenja vode i neujednačenog nicanja. Tanjirača se retko koristi u proleće, osim na jako zakorovljenom ili zbijenom i teškom zemljištu, jer se sečenjem vlažnog zemljišta stvaraju veštačke grudve, čime se suviše otvara zemljište pa je veće isušivanje vode iz površinskog sloja.

Priprema zemljišta za postrnu setvu

Postrna setva soje, do pre nekoliko godina, nije bila uobičajen način gajenja ovog useva u našim uslovima. Jedan od razloga, koji je sada prevaziđen, bio je nedostatak sortimenta. Rezultati istraživanja i postignuta iskustva u proizvodnji opravdavaju povećani interes za ovu mogućnost gajenja soje. Posle žetve pšenice ili ozimog ječma ostaje dovoljan broj dana bez mraza, u kojima veoma rane sorte soje mogu da završe svoju vegetaciju i donesu odgovarajući prinos zrna.

Najvažnija preporuka za pripremu zemljišta za setvu soje postrno je da se izvede što neposrednije posle žetve. Pomeranje setve sa početka jula na kraj jula, smanjuje prinos sa svakim danom zakašnjenja, za 53 kg/ha (1,8%) u navodnjavanju, a 19 kg (1,2%) u suvom ratarenju (Van Doren i Reicosky, 1987). Razlog mnogo većeg uticaja kašnjenja setve u odnosu na redovnu setvu je što se sa jednim julskim danom gubi mnogo više energije, odnosno efektivnih temperatura, nego u aprilu u momentu redovne setve. Prolongiranjem nicanja, usev ulazi u nalivanje i sazrevanje u kasniju jesen kada je suma efektivnih temperatura po danu znatno niža, što značajno produžava sazrevanje i otežava žetvu. Pošto bi iznošenje slame znatno odložilo setvu, najbolje je da se ona usitni sitnilicama montiranim na kombajn. U tom slučaju, obradi zemljišta se može pristupiti odmah posle žetve. Način pripreme zavisi od raspoložive mehanizacije. Vučić (1987) nalazi da u postrnoj setvi sa navodnjavanjem, minimalna obrada – tanjiranjem na 10 cm – vrlo uspešno zamenjuje klasičnu pripremu sa oranjem na 20 do 25 cm. Minimalna obrada je u prednosti jer se uradi za kraće vreme, a i gubici inače problematične vlage iz zemljišta su znatno manji.

Zadovoljavajući prinos u postrnoj setvi u našim uslovima moguće je očekivati samo u navodnjavanju (o čemu će biti reči u posebnom poglavlju) jer je tada zemljište u površinskom sloju najčešće nedovoljne vlažnosti za nicanje i početni razvoj biljke. Biljke iz redovnog roka setve opstaju, zahvaljujući dobro razvijenom korenu koji usvaja vodu iz dubljih slojeva, gde je njen sadržaj postojaniji i uglavnom je od rezervi zimske vlage. Stanje zakorovljenosti postrnog zavisi od prethodnog useva. Deo korova se može uništiti pripremom zemljišta, a herbicidi, kao i u redovnoj setvi, treba da unište korove koji se pojave u toku vegetacije. U uslovima u kojima se ne može izvršiti potpuno uništavanje korova, uspeh postrnog gajenja soje je neizvestan.

U poslednjih nekoliko decenija klasičan način obrade je podvrgnut kritici, prvenstveno zbog velikog utroška energije i vremena. Počeli su se razrađivati jednostavniji sistemi obrade, preko raznih vidova smanjenja dubine obrade, izostavljanja pojedinih operacija ili potpunog izbegavanja obrade. Osnovni razlog za to je cena koštanja, jer je klasična obrada zemljišta najskuplja agrotehnička mera, a unutar nje oranje nosi preko 50% troškova. Prema Starčeviću i sar., (1995) kod nas se pod pojmom redukovane obrade podrazumeva obrada pri kojoj se ne koriste plugovi, a primenjuje se pretežno u proizvodnji ozimih žita, a manje kod okopavina. Može se reći da se redukovanom obradom smanjuje dubina obrade, kao i broj pojedinačnih operacija (spajanje više mera u jednu ili izbacivanje pojedinih mera), odnosno vrši se zamena jednostavnijim i jeftinijim merama, što utiče na smanjenje troškova proizvodnje, uz brže izvođenje i lakšu organizaciju rada. Razlozi za smanjenje obrade su različiti: očuvanje zemljišta u predelima podložnim eroziji, smanjenje zbijanja zemljišta manjim brojem prohoda teške mehanizacije, smanjenje utroška goriva i povećanje ekonomičnosti proizvodnje. Redukovana obrada pored prednosti ima i svoje nedostatke kao što su: neophodnost kupovine posebno prilagođenih mašina koje su relativno skupe, povećana zakorovljenost, otežano unošenje mineralnih đubriva i biljnih ostataka, samim tim smanjenje mikrobiološke aktivnosti i biohemijskih procesa u zemljištu, otežana setva i slabije nicanje. To znači da se uticaj pojednostavljene obrade mora pratiti kompleksno. Neophodno je razmatranje i prilagođavanje svih ostalih agrotehničkih mera kao što su đubrenje, setva, nega i zaštita useva, jer se smanjenje troškova ne sme odraziti na prinose odnosno rentabilnost proizvodnje. Takođe, treba razmatrati dugoročni efekat redukovane obrade na plodnost zemljišta, odnosno mora se pratiti i poznavati uticaj na fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta.

Uticaj redukovane obrade ispitivan je i na soji. Prema rezultatima Van Doren i Reicosky (1987) smanjenje dubine obrade do 12 cm ili još manje, izaziva smanjenje prinosa. Smanjenje prinosa je naročito izraženo ako se soja gaji bez obrade (8%), a produženim gajenjem na ovaj način smanjenje je 17,5%. Međutim, u svetu se redukovana obrada sve više primenjuje u proizvodnji soje, naročito ako se seje postrno. U našim uslovima Konstantinović i Spasojević (1994) dobili su u prvoj godini ispitivanja jednake prinose soje sa različitim varijantama obrade, dok je u drugoj godini prinos na varijanti bez obrade za 43% manji. Autori smatraju da istraživanja treba nastaviti. Ispitujući uticaj načina obrade na prinos zrna soje Molnar i sar. (1996) su dobili značajno manji prinos direktnom setvom (bez obrade) u odnosu na obrađivane varijante ogleđa. Razlozi su, kako navode autori, veća zakorovljenost useva i nemogućnost ostvarivanja željenog sklopa biljaka. Razlike u prinosu ostvarene oranjem, čizelom i tanjiranjem nisu bile statistički značajne. Za naše uslove Vučić (1987) smatra da se bez obrade samo povremeno mogu gajiti pojedine biljke na dobrom zemljištu, a "no-till" može samo da bude uključen u odgovarajući sistem obrade i odgovarajući plodored ili plodosmenu.

Dosadašnji rezultati primene redukovane obrade su brojni i kontradiktorni i zavise od uslova pod kojima su dobijeni, te se ne može dati uopštena preporuka. Obično se posmatraju i upoređuju prinosi pod uticajem različitih načina obrade posle jedne ili dve godine. Da bi se sagledala efikasnost redukovane obrade potrebno je pratiti efekte u plodoredu, u kompletnoj smeni useva, a ne svaki usev za sebe, odnosno kako načini obrade utiču na prinose, korove, đubrenje, plodnost zemljišta dugoročno.

SETVA

Vreme setve

Vreme setve jarih useva je bolje vezivati za temperaturu setvenog sloja zemljišta, nego kalendarski za datum. Takođe, treba imati na umu i otpornost ponika na kasne prolećne mrazove. Nije preporučljivo sejati soju dok se temperatura zemljišta ne stabilizuje na nivou od 10 do 12°C, odnosno ima tendenciju rasta, naročito ako seme nije dobrog kvaliteta. Niske temperature, odnosno suviše rana setva, usporava klijanje, a hladno i vlažno zemljište potencira pojavu bolesti semena i ponika, zbog čega se dobija ređi sklop useva i sporiji početni porast ponika zbog njegove iznurenosti i slabljenja vigora semena. Prema Hoeft i sar. (2000b) ponik soje je relativno otporan na niske temperature i otporniji je od kukuruza, iako je tačka rasta kukuruza ispod površine zemljišta do pojave 6 lista. Temperature koje potpuno unište nadzemni deo biljke kukuruza, mogu oštetiti samo vršni deo mlade biljke soje. Mlada biljka soje može da podnese kratkotrajne mrazeve od -3 do -4°C (Gutschy, 1950), te je opasnost od izmrzavanja manja nego kod kukuruza. Zbog toga se u našim uslovima, kao i zbog lakše organizacije setve preporučuje da se soja seje pre kukuruza. U našim uslovima setva je često limitirana različitim faktorima, od vremenskih prilika u polju do raspoložive mehanizacije, ali se obavlja najčešće tokom aprila kada je u toku i setva kukuruza. (Hrustić, 1996)

Za svaku fazu rasta i razvića soje potreban je određeni broj dana, odnosno određena suma efektivnih temperatura. Suma efektivnih temperatura (iznad 10°C) za nicanje soje konstantno je oko 100 °C, odnosno soja će nići kada nakupi tu sumu. Znači da će u ranijoj setvi pri dovoljnoj vlažnosti, period od setve do nicanja, kao i prve faze porasta biljke, trajati duže. Iz tih razloga, mesec dana ranija setva ne znači i isto toliko raniju žetvu. Kod iste grupe zrenja, u proseku sa kasnijom setvom za svaka 2-3 dana sazrevanje se produžava za 1 dan, s tim da kasnija setva uglavnom utiče na skraćivanje vegetativne faze (od nicanja do cvetanja) dok je uticaj na trajanje perioda od cvetanja do sazrevanja znatno manji. Ovo je posledica fotoperiodske reakcije soje, gde kasnije posejan usev počne pre da cveta, jer pre dođe u uslove kratkog dana. Zbog toga datum setve ima manji efekat na prinos ranih sorti, dok se kod kasnih sorti primećuje tendencija smanjenja prinosa sa kasnijom setvom. Kad se seje veći broj

sorti pravilo je da se prvo seju one sa dužom vegetacijom. Ako se setva obavi znatno iza optimalnog roka, dovodi se u pitanje dozrevanje soje (Slika 10.3).

Slika 10.3

Setva soje (foto: G. Kuzmanović)



U našim uslovima u redovnoj setvi, sorte II grupe zrenja, najduže vegetacije, treba sejati početkom aprila. Ranostasne sorte sa gledišta dužine vegetacije i dozrevanja moguće je sejati kasnije tokom aprila, čak i u maju. Međutim, zbog postizanja što boljih i stabilnijih prinosa, te sigurnijeg snabdevanja vodom u nicanju i izbegavanja suše u kritičnom periodu, kao i blagovremene žetve i kod ovih sorti se preporučuje ranija setva, tokom parila.

Soju je moguće sejati i van redovnog roka setve kasnije, bilo da se radi o presejavanju ili setvi kao drugog useva. U tim rokovima setve treba sejati sorte kraće vegetacije. Sorte iz grupe zrenja 0 mogu sazreti ako se poseju u maju, a ukoliko se seje u junu ili kasnije (početak jula) moraju se sejati sorte grupe zrenja 00 ili čak 000.

Gustina setve i količina semena

Jedna od osnovnih pretpostavki visokog prinosa je optimalni broj biljaka po jedinici površine. Taj broj je potrebno u svakom agroekološkom rejonu usaglasiti sa

sortom, vremenom setve, količinom padavina, sistemom obrade, raspoloživom mehanizacijom, mineralnom ishranom, zaštitom od korova i štetočina.

Soja je jako tolerantna prema gustini setve. Optimalna gustina se određuje na osnovu karakteristika odrasle biljke. Pri tome treba imati na umu da je brzo zatvaranje redova ključni faktor visoke proizvodnje; da visina prve mahune utiče na smanjenje gubitaka u žetvi, a takođe treba voditi računa o smanjenju opasnosti od poleganja i bolesti kao i o ceni semena koje se utroši. Istraživanja Rigsby i Board (2003) pokazuju da soja zahvaljujući većem grananju i formiranjem više mahuna po biljci izuzetno dobro nadoknađuje redak sklop. Prema Markley-Williams (1950, cit. po Beliću 1964) u pazuhu svakog lista soje nalazi se pupoljak koji u zavisnosti od uslova sredine može da se razvije u cvet ili granu. Ukoliko je setva gušća većina pupoljaka na donjim nodijama razvija se u cvetove, dok se kod ređe setve na donjim nodijama iz pupoljaka razvijaju grane. Zbog toga je prema Roth i sar. (2003) odluka o presejavanju soje vrlo delikatna, a osim toga treba imati u vidu i troškove ponovne setve i smanjenje prinosa zbog kasnije setve. Formirani prinos neće značajnije opasti sa manjim smanjenjem gustine, ali se značajnije povećavaju gubitci u žetvi. Prema Nafziger (2002) nedovoljna gustina ipak limitira visinu prinosa, zbog manjeg indeksa lisne površine i maksimalne lisne površine koja se postiže u fazi početka formiranja mahuna, što ima za posledicu manje iskorišćenje sunčeve svetlosti. Takođe u retkom sklopu, se češće javljaju i veća je konkurencija korova, a potencira se i grananje, odnosno formiranje mahuna bliže površini zemljišta što povećava gubitke u žetvi (Slika 10.4).

Slika 10.4

Pravilan raspored biljaka (foto: G. Kuzmanović)



Gustina setve je predmet ispitivanja kod nas i u svetu, ali se zbog razlika u uslovima gajenja i sortimentu rezultati veoma razlikuju. U raznim delovima sveta se gaje različiti genotipovi, a kao što je već rečeno, svako područje ima svoje rane, srednje i kasne sorte, koje zahtevaju i drugačiji sklop. Ako se sve izneto ima u vidu onda ne čudi podatak da je u nekim područjima optimalni sklop 200.000 biljaka po hektaru, a u nekim drugim 600.000 ili čak 800.000 biljaka po hektaru.

Broj biljaka po hektaru kao i njihov raspored bili su predmet mnogih ispitivanja u našoj zemlji. Zaključak većine radova je da rane sorte treba sejati gušće, dok kasne sorte najbolje prinose postižu sa manjim gustinama (Belić, 1964; Hrustić, 1983; Relić, 1996). Osnovne komponente prinosa su broj biljaka i broj mahuna, odnosno zrna po biljci kao i masa 1000 zrna. Broj mahuna po biljci značajno opada sa povećanjem broja biljaka po jedinici površine. Manji broj biljaka sa većim brojem mahuna daje isti prinos kao i veliki broj biljaka sa malim brojem mahuna na biljci (Rajičić, 1991). Zbog toga se prinosi postignuti sa manjim gustinama nalaze na nivou prinosa postignutim sa prevelikim gustinama. Stoga je za svaku sortu potrebno utvrditi pri kojoj gustini rastući broj biljaka po jedinici površine i opadajući broj zrna po biljci postižu najveći proizvod, odnosno najveći broj zrna po m² (Rajičić i Jocković, 1990).

Za postizanje visokih prinosa, osim gustine useva važan je pravilan raspored biljaka. Nekoliko manjih praznina u redu smanjuje prinos, ali manje nego jedna duga praznina zbog slabije kompenzacije prinosa. Praznine veću štetu nanose zbog pojave korova, nego zbog smanjenja samog prinosa (Stivers i Swearingin, 1980). No, soja je za razliku od kukuruza prilagodljiva nedostatku biljaka jer u retkom sklopu formira veću lisnu površinu i više se grana (Robinson i Conley).

Soja se kao okopavina gaji širokoredno, a širina međurednog razmaka zavisi od organizaciono tehničkih uslova i bioloških osobina. U proizvodnji je bio niz pokušaja da se različitim načinima setve postigne što bolji prinos. Proizvođači dobre rezultate u jednoj godini pripisuju uticaju samo jednog faktora, bilo da je to sorta ili određena mera koju su primenili i teško menjaju ustaljene navike. Međutim, brojna istraživanja i višegodišnja iskustva iz proizvodnje omogućila su stvaranje određene tehnologije gajenja, koja se sa manjim ili većim izmenama može preporučiti za većinu naših proizvodnih područja.

Pre svega ustanovljeno je da je razmak redova od 45 do 50 cm najpogodniji za naše uslove, kako sa gledišta raspoložive mehanizacije tako i sa gledišta međuredne obrade i borbe protiv korova (Tatić i sar., 2002; Vignjević, 2006). Razmakom biljaka u redu se reguliše broj biljaka po hektaru i on zavisi od vremena setve, sorte i od kvaliteta semena. Tako se za rane sorte (0 grupa zrenja) ako se seju u optimalnom roku preporučuje razmak biljaka u redu 4 cm, za srednje stasne od 4.5 do 5 cm i za kasne od 5 do 5.5 cm. Time se postiže oko 500.000 biljaka/ha za sorte grupe zrenja 0, od 400.000 do 450.000 biljaka/ha za sorte grupe zrenja I i od 350.000 do 400.000 biljaka/ha za sorte grupe zrenja II. Pošto se soja seje širokorednim pneumatskim sejalicama, gustina useva, odnosno broj semena po hektaru, se određuje preko rastojanja isejanih semena.

Zato je i kod uskorednih sejlica pogrešno gustinu useva vezivati za količinu semena po hektaru, odnosno setvenu normu jer krupnoća semena veoma mnogo varira u zavisnosti od godine i sorte Roth (2003). Poznato je da i klijavost semena varira u zavisnosti od godine zbog čega je neophodno da se broj isejanih zrna uskladi sa upotrebnom vrednošću semena. Zato u svakom konkretnom slučaju treba izračunati Razmak Isejanih Semena U Redu po sledećoj formuli da bi dobili preporučeni broj poniklih biljka za datu sortu (Crnobarac i sar.,2001).

$$RISUR (cm) = \frac{1000000 \times UV(\%)}{BBPH \times MR(cm)} \Rightarrow \frac{1000000 \times 88.20}{450000 \times 50} = 3.92 cm$$

Gde je:

- UV – Upotrebna vrednost semena koja predstavlja težinski procenat "semena" u vreći koji je sposoban da klija i niče, odnosno daje biljke a računa se:

$$UV (\%) = \frac{\check{C}ISTO\check{C}A (\%) \times KLIJAVOST (\%)}{100} \Rightarrow \frac{98 \times 90}{100} = 88,20\%$$

- BBPH – željeni broj biljka po hektaru recimo za sortu Sava 450000 biljaka

- MR – međuredno rastojanje obično je 50 cm

U idealnim uslovima ovakvim podešavanjem sejlice uz postojeći kvalitet semena sa ovim razmakom u redu praktično ćemo isejati 510000 semena da bi dobili tačan broj od željenih 450000 poniklih biljka po hektaru.

Najčešća greška u proizvodnji je što se "za svaki slučaj" poseje znatno više semena od potrebnog. Ukoliko se sa setvom kasni ili se seje u loše pripremljenu parcelu potrebno je povećati količinu isejanog semena, ali se pri tome mora imati u vidu činjenica da broj zrna nije činilac koji će kompenzovati neodgovarajuću agrotehniku, te da se samim povećanjem setvene norme ne može očekivati vrhunski prinos.

Za sorte izrazito kratke vegetacije koje se seju kasnije, zbog manjeg habitusa biljke, preporučuje se nešto manje rastojanje u redu, a samim tim i veći broj biljaka. Ove sorte potrebno je sejati na rastojanju od 3 do 3,5 cm čime se postiže od 550.000 do 600.000 biljaka/ha.

Posebno je pitanje broja biljaka po jedinici površine u uslovima navodnjavanja. Treba imati u vidu da se dodavanjem vode putem navodnjavanja stvaraju optimalni uslovi za razvoj biljke i da to kod soje nije razlog zbog koga treba povećati broj biljaka. Navodnjavanje ima zadatak da poboljša uslove vodosnabdevanja u optimalnom sklopu, a nije mera koja izaziva potrebu za većim brojem biljaka. U uslovima navodnjavanja može doći do nešto jačeg poleganja i pojave bolesti, te se neodgovarajućim brojem biljaka može postići efekat suprotan od željenog. U Francuskoj se kao optimalni

sklop za određene grupe zrenja preporučuje približan broj biljaka kao i u našim uslovima, međutim, za uslove navodnjavanja se preporučuje oko 10% manji sklop za rane sorte do 20% manji sklop za kasne sorte (Cetiom, 1996).

Količina utrošenog semena zavisi od kvaliteta, a pre svega od krupnoće semena. Tačna količina semena potrebnog za setvu može se izračunati na bazi predviđenog sklopa, upotrebne vrednosti i mase 1000 zrna.

$$Kolicina \ semena \ (kg / ha) = \frac{100 \times M1000 (g)}{RISUR (cm) \times MR(cm)} \Rightarrow \frac{100 \times 140}{3.92 \times 50} = 71.41 \text{ kg/ha}$$

Zbog velike razlike u krupnoći zrna potrebna količina semena po hektaru za isti sklop kreće se od 60 kg (500.000 zrna x 120 g) do 100 kg (500.000 zrna x 200 g). Pošto se uz seme dobijaju i osnovne karakteristike (masa 1000 zrna, klijavost) moguće je utvrditi potrebne količine za svaku konkretnu situaciju.

Prema sopstvenim podacima u semenskom usevu na Rimskim Šančevima, s obzirom na krupnoću semena, za setvu je utrošeno oko 80 kg/ha kod ranih sorti i oko 55 kg/ha kod sorti duže vegetacije. Prema tome, konstatacija da je za setvu jednog hektara potrebno 100 kg semena soje mora se posmatrati uslovno. To je samo gruba orijentacija, a konkretne potrebe za količinom semena očigledno zavise od predviđenog sklopa, krupnoće i kvaliteta semena.

Dubina setve

Dubina setve je bitna da bi se obezbedilo sigurno nicanje i postigao željeni sklop biljaka. Prilikom nicanja soja izduživanjem hipokotila iznosi kotiledone iznad površine zemljišta. Posle nicanja lučno savijeni hipokotil sa kotiledonima se ispravlja, nakon čega se kotiledoni razdvajaju i kada zauzmu horizontalni položaj smatra se da je biljka nikla. Ukoliko je zrno posejano duboko, a zemljište je pri tome hladno, nicanje će trajati dugo i može doći do oštećenja klijanca. Ukoliko je zrno posejano suviše plitko, postoji mogućnost isušivanja površinskog sloja zemljišta, što može da uspori klijanje ili dovede do sušenja već isklizalog zrna. Stoga je dubini setve potrebno posvetiti posebnu pažnju. Optimalna dubina za setvu soje u našim uslovima je od 4 do 5 cm. Na vlažnom i težem zemljištu, odnosno u ranijim rokovima setve i pri povoljnijoj predsetvenoj pripremi zemljišta sejati pliće i obrnuto. Ako je zemljište suvo ne treba po svaku cenu povećavati dubinu setve da bi se zrno posejalo u vlažan sloj. Važnije je da je dubina ujednačena kako bi, posle kiše, nicanje i početni rast biljaka bili što ujednačeniji, jer je ujednačenost biljaka u usevu jedan od osnovnih parametara visokog prinosa po jedinici površine. Kvalitetna setva podrazumeva i dobar kontakt semena i zemljišta, tj. blago zbijanje zemljišta oko semena što kod širokoredih sejlica ostvaruje dobro podešeni nagazni točak. Sve ove zahteve je mnogo teže ostvariti ako se soja seje uskorednom žitnom sejalicom.

INOKULACIJA SEMENA

Seme soje se, za razliku od većine ratarskih useva, uobičajeno pre setve ne tretira fungicidima, nego se obavlja inokulacija azotofiksirajućim bakterijama. Soja kao leguminoza ima sposobnost da svoje potrebe u azotu podmiruje usvajanjem ovog elementa iz zemljišta i iz vazduha putem simbioze za kvržičnim bakterijama. Početkom XX veka su počela intenzivna istraživanja ove simbioze, kako sa stanovišta biljke domaćina tako i sa stanovišta izučavanja bakterija roda *Rhizobium* i *Bradyrhizobium* koji učestvuju u ovoj simbiozi. Sa porastom značaja soje, postala su obimnija istraživanja na utvrđivanju genetske osnove na kojoj se zasniva ova simbioza, kao i na iznalaženju najefikasnijih sojeva bakterija koji će u zajednici sa biljkom soje ostvariti najbolju saradnju. Sa agronomske tačke gledišta to znači kako iskoristiti sposobnost biljke soje da upotrebi što više azot iz vazduha za formiranje biološkog prinosa.

S obzirom na sposobnost biljke da koristi različite izvore azota bitno je poznavati uslove pod kojima će se biljka opredeliti za koji izvor. U početku razvoja, tokom klijanja i nicanja, biljka koristi rezerve azota iz kotiledona koje traju sve do 20 dana posle nicanja, nakon čega se pri slaboj obezbeđenosti azotom iz zemljišta ili od fiksacije, na poniku soje mogu pojaviti simptomi nedostatka azota. Prve kvržice se javljaju oko nedelju dana posle nicanja i lako su vidljive jer intenzivno rastu, a posle 10-14 dana one su sposobne da zadovolje najveći deo potreba biljke u azotu. Kvržice su aktivne narednih 6-7 nedelja, nakon čega se njihova aktivnost smanjuje. Nove kvržice se formiraju i kasnije tokom vegetacije, no i njihovo odumiranje je tokom faze formiranja mahuna kada je maksimalna azotofiksacija. Broj formiranih kvržica je u obrnutoj srazmeri sa količinom azota u zemljištu, Prema Abendroth i sar. (2006) za fiksaciju N_2 se troši više energije nego za usvajanje mineralnog azota poreklom iz zemljišta ili đubriva, pa biljka radije usvaja ovaj oblik, što dovodi do smanjenja azotofiksacije.

Pošto zemljišta na kojima soja nije gajena uglavnom ne sadrže sojeve kvržičnih bakterija za soju (Sarić i sar., 1988), potrebno ih je uneti zajedno sa semenom. Na zemljištu gde je gajena soja, zbog veće brojnosti i manje aktivnosti prirodne populacije rizobiuma, unose se selekcionisani sojevi bakterija, neposredno uz seme, da bi se potencirao njihov razvoj. Nepovoljni uslovi za život bakterija, koji utiču i na smanjenu nodulaciju su: niska pH vrednost zemljišta, visoka ili niska temperatura, nedovoljna vlažnost zemljišta, mehanički sastav zemljišta, tretiranje semena fungicidima. Prilikom upotrebe preparata u kome kvržične bakterije dolaze do proizvođača, treba imati u vidu da se radi o živim organizmima koji u neodgovarajućim uslovima gube vitalnost. Preparat Nitragin se uglavnom isporučuje zajedno sa semenom, te se još pre njegove primene mora voditi računa da prilikom skladištenja ne bude izložen suviše niskim ili visokim temperaturama. Optimalna temperatura čuvanja preparata je 4°C.

Preparat se pakuje u količini za 50 ili 100 kg semena i nema svrhe koristiti ga u većim količinama. Izuzetno, ako se radi o kiselim zemljištima, u kojima je aktivnost

bakterija smanjena, povećana količina preparata (dvostruko veća od uobičajene) pospešuje formiranje kvržica. Uputstvo za upotrebu ovog mikrobiološkog preparata nalazi se na svakoj kesici i treba ga se pridržavati, jer samo tako će moći opravdati svoju primenu. Pre svega, treba primeniti propisanu količinu vode, do 0,5 l za 50 kg semena. Suviše mala količina vode neće omogućiti potpuno mešanje preparata sa semenom. Prevelika količina vode može dovesti do bubrenja zrna i neravnomernog rasporeda prilikom setve. Važno je primenjivati preparat u hladu jer pri neposrednom dejstvu sunčeve svetlosti bakterije mogu da izgube vitalnost. Neophodno je inokulaciju vršiti pre setve. Tretirane veće količine semena, koje se ne utroše isti dan, sigurnije je sutradan ponovo inokulisati. Potrebno je naglasiti da se Nitragin koji ostaje nakon setve ne može koristiti naredne godine.

NEGA USEVA TOKOM VEGETACIJE

Proizvodnja soje, zahteva i stalno praćenje rasta i razvoja biljaka blagovremenu reakciju u vidu odgovarajućih mera nege u toku vegetacije. Nega obuhvata: mehaničko i hemijsko suzbijanje korova; zaštita useva od bolesti i štetočina; navodnjavanje useva.

Suzbijanje korova je posebno bitno kod proizvodnje soje. Korovi utiču na smanjenje prinosa, konkurišući biljkama soje u hrani i vodi i povećavajući zasenčenost biljaka. To dovodi do nedovoljnog korištenja genetskog potencijala za rodnost sorti. Korovi takođe, otežavaju žetvu soje i smanjuju kvalitet zrna, a postoji i opasnost od njihovog širenja semenom, tako da je borba protiv korova neophodna mera u proizvodnji soje.

Međuredna kultivacija se izvodi prvenstveno radi uništavanja korova, a takođe i razbijanje pokorice i rastresanje površinskog sloja zemljišta. Prva kultivacija se može izvoditi čim se dobro raspoznaju redovi soje, odnosno kada usev soje ima prvi stalan list. Zadnja kultivacija se obavlja pred "zatvaranje redova". Obično se izvode dve međuredne kultivacije, praćene ručnim okopavanjem zaštitne zone. Ukoliko se primenjuju herbicidi za suzbijanje divljeg sirka iz rizoma, međuredno kultiviranje ne izvoditi najmanje 10 dana posle njihove primene. U slučaju izostanka dejstva osnovnih zemljišnih herbicida obavezno se preporučuje i druga međuredna kultivacija u fazi pred "zatvaranje redova" (Slika 10.5).

Smatra se da gornji rastresiti sloj zemljišta ima ulogu malča i smanjuje isparavanje vode iz dubljih slojeva zemljišta i stvaranje pukotina u zemljištu u slučaju ekstremne suše. Ovo omogućava bolje čuvanje vode u zemljištu za kritičan period cvetanja i formiranja mahuna, a takođe se zemljište provetrava što stimuliše rad mikroorganizama koji razlažu zaoranu organsku materiju u zemljištu i poboljšava se funkcionisanje kvržičnih bakterija, što u krajnjoj meri utiče na povećanje prinosa

(Crnobarac i sar., 2002). Prilikom izvršenja mora se voditi računa o kvalitetu ove, kao uostalom i svih ostalih agrotehničkih mera, jer će jedino tako doći do izražaja pozitivni efekti ove mere na prinos soje.

Slika 10.5

Međuredna kultivacija (foto: G. Kuzmanović)



Zadovoljavajući kvalitet se postiže ako se vodi računa o sledećim stavkama: nikako ne dozvoliti da korov preraste, jer to otežava prašenje, dovodi do pomeranja motičica, oštećenja i sečenja biljaka; zemljište ne sme biti suviše vlažno da bi nakon kultiviranja ostalo sitno mrvičaste strukture jer se tako smanjuje isparavanje iz dubljih slojeva i povećava mogućnost upijanja vegetacionih padavina; dubina rada mora biti ravnomerna na oko četiri do šest centimetara da ne bi došlo do povređivanja korena; zemljište nakon prašenja mora ostati što ravnije, jer se time smanjuje isparavajuća površina i nekorisno isparavanje direktno iz zemljišta (tolerišu se brazde do tri cm dubine); ne sme doći do izbacivanja donjih slojeva zemljišta na površinu; ukoliko su biljke još male voditi računa da zbog prevelike radne brzine (optimum je oko 6 km/h) ne dođe do njihovog zatrpavanja.

Prilikom prve kultivacije radni organi mogu biti bliže redovima dok u drugoj, zbog razvoja korenovog sistema, koji se pruža i u površinskom sloju zemljišta, preporuka je da se ide na manju dubinu rada i uže, kako bi se izbegla opasnost od oštećenja korenovog sistema. Neophodna zaštitna zona oko biljke koju kultivator ne obrađuje treba da je oko 15-20 cm, naravno uz obavezno korišćenje stabilizatorskih poluga koje sprečavaju slobodno pomeranje kultivatora.

Radi lakše i sigurnije vožnje preporučuje se da sa na prednjem delu traktora postavi "nišan" naspram reda biljaka, a takodje iz istih razloga preporučuje se da se kultiviranje obavlja u istom pravcu i smeru kao što je obavljana setva. Obavezno koristiti kultivator sa istim ili eventualno duplo manjim radnim zahvatom od sejalice kojom je usev posejan, da bi se dodirni redovi dva prohoda sejalice poklopili sa polovičnim krajnjim sekcijama kultivatora. Radne površine motika jedne sekcije kultivatora treba da se preklapaju najmanje tri-četiri cm, a takodje i da su motike dovoljno oštre, kako bi se sa sigurnošću odsekli eventualni preživeli korovi.

Osnovni način borbe protiv korova treba da budu: pravilan plodored i higijena polja, kao i sve agrotehničke mere obrade zemljišta, dok hemijsko suzbijanje korova treba da bude samo finalna dopuna. Herbicidi se mogu primenjivati pre setve, posle setve a pre nicanja ili posle nicanja soje i korova, odnosno u kasnijim fazama protiv višegodišnjih travnih korova. O potrebi međuredne kultivacije, u usevu u kome je hemijskim merama potpuno uništen korov, postoje različita mišljenja. Ipak, većina autora smatra da uništavanje pokorice, koja se često javlja između redova, te bolje čuvanje vlage u početnim fazama, zbog čega se povećava transpiracije u odnosu na evaporaciju, povoljno deluje na prinos. S toga se preporučuje makar jedna međuredna kultivacija u optimalnom momentu.

Treba napomenuti da je osim tretiranja cele površine, moguća i redukovana primena herbicida u trake zajedno sa setvom, pri čemu se tretira samo zaštitna zona u redu biljaka, širine oko 25 cm, dok se u međuredu korovi suzbijaju mehanički. Na taj način se ostvaruje značajna ušteda od 50% herbicida, a i ekološki je prihvatljivija (Sindić 1994).

Sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog veka, dok je soja bila redak usev na našim poljima, nije bilo većih problema sa napadom bolesti i štetočina. Međutim, sa povećanjem površina i učestalijom setvom soje na našim poljima, javljaju se i ovi problemi, kojima će se u narednom periodu morati posvetiti veća pažnja, a detaljno su obrađeni u posebnim poglavljima.

Navodnjavanje soje je obavezna agrotehnička mera pri gajenju soje u postrnoj setvi, a poželjna u gajenju soje kao glavnog useva, posebno semenskog. Detalji oko navodnjavanja kako u redovnoj tako i u postrnoj setvi dati su u posebnom poglavlju.

REGENERACIJA BILJAKA

Oštećenje useva u polju, tokom vegetacije može doći iz više razloga. Herbicidi, divljač ili grad su u našim uslovima najčešći uzroci koji izazivaju oštećenja u ranim fazama porasta, a moguće su i pojave kasnih prolećnih mrazeva. Tek ponikla soja može da podnese kratkotrajne slabije mrazeve, međutim jači i dugotrajni mrazevi mogu izazvati oštećenja.

Ukoliko su oštećenja samo na gornjim delovima mlade biljke, ona će se za kratko vreme oporaviti i nastaviti sa rastom. Neki herbicidi, naročito ako se ne primene pravovremeno i u adekvatnoj količini takođe mogu izazvati oštećenja, što usporava funkciju do tada formiranih listova.

Divljač i grad izazivaju slična oštećenja, odstranjujući jedan deo već formirane biljke. Divljač uglavnom oštećuje mladu biljku iznad kotiledona. Kao posledica pojavljuju se najčešće dve bočne grane na prvoj neoštećenoj nodiji. Može doći do produženja vegetacije oštećenog dela useva, a koliki će biti uticaj na prinos zavisi od veličine oštećene površine i sveukupnog stanja useva.

Najdrastičnija mogu biti oštećenja od grada. Ukoliko grad zahvati vrlo mlad usev i ošteti sve biljke ispod kotiledona nemoguća je bilo kakva regeneracija. U tom slučaju je presejavanje obavezno. Prilikom presejavanja je potrebno voditi računa o prethodno primenjenim herbicidima kao i o izboru sorte sa nešto kraćom vegetacijom. Ako grad zahvati usev u fazi nekoliko listova i ne ošteti donje nodije, najčešće dolazi do regeneracije. Regenerisani usev ima nešto dužu vegetaciju od neoštećenog, ali se znatno ublažava šteta izazvana gradom. Grad može da uništi deo lisne mase ili da odstrani deo stabla. U ranim fazama rasta, čak i jače oštećenje listova ima mali uticaj na prinos. Ukoliko do oštećenja od grada dođe kasnije tokom vegetativnog perioda, uticaj na prinos nije srazmeran oštećenju. Oštećenjem od grada do 50% biljaka pre cvetanja, prinos se smanjuje za 6-14% u zavisnosti od početne gustine (USDA, 2007).

Najveći problemi se javljaju ako grad ošteti usev u reproduktivnim fazama rasta, odnosno kada se na biljci nalaze cvetovi i već formirane mahune. Prema USDA (2007) oštećenje od 50% biljaka u fazi posle punog cvetanja smanjuje prinos za 28-35%. Osim toga, oštećenja na biljkama će izazvati retrovegetaciju tj. pojavu novih grana i novih cvetova što značajno produžava vegetaciju.

Razmatranje pitanja presejavanja soje je veoma delikatno jer zavisi od više faktora koji su međusobno povezani a to su: faza rasta i razvića useva, kalendarski datum, vremenski i zemljišni uslovi, kao i odnos cene koštanja presejavanja i cene prinosa soje (Roth i sar., 2003). Pre svega treba razmotriti kada se može očekivati zrenje naknadno posejanog useva. Kada se odlučuje o presejavanju treba poštovati sledeću proceduru: proceniti prinos iz redovne setve sa punom gustom; odrediti gustinu i raspored biljka u proređenom usevu; proceniti potencijalni prinos proređenog useva; proceniti potencijalni prinos presejanog useva prema uslovima u kojima bi se novi usev razvijao (vlaga, korovi i sl.); proceniti sve dodatne troškove presejavanja i na kraju uporediti finansijsku dobit od proređenog i presejanog useva. Zavisno od svih navedenih okolnosti donosi se odluka da li je presejavanje opravdano ili nije.

Ukoliko se odluči da se usev ne presejava, onda se oštećenim biljkama može pomoći da se što bolje regenerišu. To se postiže međurednom kultivacijom jer se razbije pokorica, koja obično nastane u takvim uslovima, a ujedno se unište korovi koji su se u međuvremenu pojavili.

Žetva soje se obavlja u tehnološkoj ili tehničkoj zrelosti koja prema Roth (2003) nastaje uobičajeno 7-14 dana posle fiziološke zrelosti (R7). Pojam fiziološke zrelosti je kod merkantilnih useva vezan za momenat posle kog prestaje dalje povećanje prinosa. Od fiziološke do tehničke zrelosti, zrno se samo suši na prirodan način u polju. Ovo sušenje je pasivan proces jer je biljka već odumrla, i brzina sušenja prvenstveno zavisi od vremenskih uslova, odnosno temperature i padavina. Prema Hoeftu i sar. (2000c) dnevno smanjenje sadržaja vode može iznositi i do 6%, a u uobičajeno je 3-4%. Zbog slabljenja veze između majčinske biljke i semena, tokom sušenja dolazi do gubitaka semena u polju, a takođe se oni povećavaju i u momentu žetve, što se posebno potencira pri kašnjenju sa žetvom. Znači da ostvareni prinos u polju može biti znatno umanjen zbog žetvenih gubitaka, stoga je ona veoma važna mera u procesu proizvodnje soje. Shay i sar. (1993) navodi da su u brojnim testovima gubici u žetvi soje do 12%, i da se pravilnim podešavanjem mogu smanjiti na prihvatljivih do 5%. Herbek i Bitzer (1997) navode da su prosečni gubici u žetvi oko 10%, te da variraju od najviše 20% do 1-2%. Prihvatljivi gubici su do 5% ili manje, a mogu se ostvariti pravilnim podešavanjem kombajna i ostalim merama. Pri prinosu 3 t/ha i smanjivanjem gubitaka sa 15% na 5% ubraćemo za 300 kg više plative soje. Autori kao grubu procenu navode da ukoliko se na ¼ m² (0.5*0.5 m) pronade 16 semena ukupni gubici su oko 100 kg/ha prinosa. Philbrook i Oplinger (1989) navode da u trogodišnjim ispitivanjima kašnjenje sa žetvom, kao prvo otežava žetvu, odnosno povećava žetvene gubite za 11 kg/ha, ili za 0,2% od prinosa sa svakim danom kašnjenja. Prosečni gubici su iznosili 10%, a u zavisnosti od godine kretali su se od 5,5% do 12,7%, odnosno u blagovremenoj žetvi su bili 6,1% a pri kašnjenju od 42 dana 13,7%. Procentualni udeo gubitaka se smanjuje sa porastom nivoa prinosa. Potrebno je naglasiti da pažljivo podešavanje i kombajniranje ne zahteva dodatne troškove, tako da se smanjenje gubitaka u žetvi direktno odražava na porast dobiti (Slika 10.6).

O gubicima u žetvi treba voditi računa još prilikom pripreme zemljišta, pri izboru sorte i kod određivanja gustine sklopa.

Gubici u žetvi mogu se smanjiti ako su razori još u jesen zatvoreni i ako je u predsetvenoj pripremi parcela dobro poravnata, što omogućava ujednačenu i nisku kosidbu tj. ostajanje manjeg broja mahuna ispod reza kose. Ako na većini stabljika ostane nepožnjeveno po nekoliko mahuna, sa dva ili tri zrna u svakoj, jasno je da su žetveni gubici, ostvareni samo na ovaj način, nekoliko puta veći od količine semena utrošenog za setvu.

Pravilnim izborom sorti se takođe može uticati na smanjenje gubitaka. Poznavajući kapacitete raspoložive opreme i dinamiku jesenjih radova na gazdinstvu, potrebno je odabrati sortu one dužine vegetacije čije će zrenje biti u vreme kada se žetva može blagovremeno obaviti. Setvom sorti različite dužine vegetacije proširuje se trajanje žetve, tako da se žetva svake sorte može obaviti pri optimalnoj vlažnosti što smanjuje žetvene gubitke (Herkbek i Bitzer, 1997).

Ukoliko zreo usev dugo stoji u polju, može doći do pucanja mahuna i gubljenja dela roda još pre žetve. Prema Hoefft-u i sar. (2000c) najveći gubici u polju se upravo javljaju zbog pucanja mahuna, čemu pogoduju nagle naizmenične smene vlažnog ili maglovitog vremena sa toplim ili vremenom sa niskom relativnom vlažnošću vazduha. Otpornost na pucanje mahuna je sortna karakteristika i zbog bržeg sazrevanja sklonije su joj sorte kraće vegetacije. Kod sorti duge vegetacije i koje sazrevaju kasno u jesen, kada su uslovi za žetvu otežani, može doći do potrebe za desikacijom ili sušenjem vlažnog zrna. Time se gube efekti potencijalno veće rodnosti sorti duže vegetacije.

Slika 10.6

Žetva soje (foto: S. Stevanov)



Gustina useva takođe može uticati na kvalitet žetve. U retkom usevu dolazi do grananja i do formiranja mahuna na donjim nodijama koje najčešće ostanu nepožnjevene, dok kod pregustog useva može doći do pojačanog poleganja što takođe otežava žetvu. Biljka soje će, ako ima dovoljno veliki vegetacioni prostor, formirati mahune već na prvim nodijama, što znači da visina najniže formirane mahune zavisi od veličine vegetacionog prostora u kome je biljka rasla. Optimalni vegetacioni prostor, između ostalog, podrazumeva formiranje najniže mahune na onoj visini koja neće izazvati gubitke u žetvi, i naravno da previsoko formirana prva mahuna ne utiče na smanjenje ukupnog broja mahuna i formiranje manjih prinosa. U cilju utvrđivanja uticaja visine najniže mahune u ukupnim žetvenim gubicima ispitivane su 23 novosadske sorte i linije soje (Miladinović i sar., 1996). U proizvodnim uslovima ukupni žetveni gubici su bili veoma niski, svega 3,75%, a gubici zbog nepokošenih mahuna su iznosili samo 0,69% od ukupnog prinosa. Na osnovu toga, autori zaključuju da se žetveni gubici agrotehničkim merama mogu svesti na podnošljiv nivo, a da ispitivani genotipovi formiraju najnižu mahunu na visini koja ne utiče na stvaranje velikih žetvenih gubitaka.

Sa žetvom treba početi kada je sadržaj vode u semenu 13-14%, mada može i ranije, no tada je neophodno dosušivanje, dok se pri kasnijoj žetvi povećavaju gubici i smanjuje kvalitet semena soje. Prema Hoefft i sar. (2000c) žetveni gubici i oštećenje semena je minimalno pri vlazi od 12-15%. Ne preporučuje se ranija žetva sa preko 18% vlage zbog povećanja gubitaka na vršalici, nagnječenja semena i oštećenja semenjače, kao i visokih dodatnih troškova sušenja (Herbek i Bitzer, 1997). Hurburgh (1995) navodi da je optimum za žetvu soje od 13-15% vlage. Soja se može vršiti posle sazrevanja zrna i otpadanja listova, no preko 18% vlage je otežana vršidba i dosta zrna se nagnječi. Ako je vlaga ispod 13% gubici u polju zbog poleganja i pucanja mahuna se povećavaju, a takođe i gubici u žetvi i mogu biti 10% ili veći. Sa svakim procentom vlage ispod 11% smanjuje se masa plative soje za 1,15%. U povoljnim vremenskim uslovima se tri do pet dana posle opadanja listova vlaga u zrnju smanji na 13%, što predstavlja optimum za žetvu kao i skladištenje soje (Hrustić, 1998).

Međutim, često se dešava da, zbog stresnih uslova tokom vegetacije (suša i visoka temperatura), biljka ubrzano prolazi neke faze razvoja i skraćuje vegetaciju. Tako se može desiti da se, iako su mahune zrele i zrno ima odgovarajuću vlagu, na biljci zadržavaju listovi koji otežavaju žetvu. Takođe se može desiti da se zbog kiše ili velike vlažnosti zemljišta ne može požeti već zreo usev.

Zrno soje je osetljivo na udar jer je embrion smešten neposredno ispod tankog semenog omotača i može biti lako oštećen mehaničkim dejstvom. Sadržaj vlage u zrnju utiče na ovu osetljivost, zrno sa 8 do 10% vlage je znatno osetljivije na udare nego zrno sa vlagom 11 do 15%. Oštećenja koja se dešavaju u zrnju ponekad nisu vidljiva, naročito kad je vlaga veća od 15%, ali ona znatno mogu da smanje klijavost. Hoefft i sar. (2000c) navode da bi žetvu semenske soje trebalo zbog pucanja i oštećenja semenjače završiti pre nego što vlaga u semenu padne ispod 12%, dok Hurburgh (1995) navodi da pri vlazi ispod 10% seme postaje vrlo krto i lako se raspada na

polovine prilikom žetve i manipulacije, pa i dorada takve semenske soje utiče na smanjenje klijavosti. Novi kombajni sa aksijalnim protokom mase dvostruko manje oštećuju seme u odnosu na kombajne sa klasičnim načinom vršidbe (Herbek i Bitzer, 1997; Taylor, 1997).

Na smanjenje gubitaka u značajnoj meri utiče i prilagođenost i podešenost kombajna biljci, odnosno uslovima konkretne sorte i polja. Tako Roth (2003) za smanjenje gubitaka u žetvi preporučuje manju brzinu kretanja kombajna, odgovarajući zazor i broj obrtaja bubnja, odgovarajuću podešenost sita i vazdušne struje, usklađivanje obodne brzine vitla i kretanja kombajna i što nižu kosidbu.

Najveći gubici u žetvi su na hederu i mogu iznositi i do 80% od ukupnih gubitaka i zato im treba posvetiti posebnu pažnju. Soja se lako izvršava iz mahuna, a veličina i oblik semena, kao i to što listovi otpadaju na parceli pre žetve, omagućavaju lako odvajanje od nečistoća, ali loše prilagođen kombajn uslovima useva i polja može značajno povećati gubitke Bennett. i sar. (1999). Zato treba obratiti pažnju na sledeća podešavanja kombajna u radu.

Brzina kretanja kombajna ne bi trebalo da prelazi 5 km/ha, jer pri većim brzinama kosa ne stiže da odseče stablo, nego ga delimično gura pre odsecanja što povećava gubitke. Brzinu kretanja kombajna treba smanjiti, ako je rez kose visok i neujednačen i ako su gubici na kosi veliki. Ako je zakorovljen usev brzina može biti i ispod 3 km/h da bi se sprečilo preopterećenje kombajna i omogućilo bolje izvršavanje i čišćenje semena.

Plivajući fleksibilan heder sa automatskom kontrolom visine reza omogućava kopiranje terena u pravcu i popreko na pravac kretanja kombajna i time nižu kosidbu, odnosno sakupljanje i najnižih mahuna na stablu. U odnosu na klasičan heder gubici kod ovih uređaja su manji za 25-30%. Prema Hoefl i sar. (2000c) ukupni gubici dobro podešenih kombajna sa ovakvim uređajima ne prelaze 4%, dok su kod klasičnih hedera iznosili 8-10%. Obično je visina reza od 5 – 8 cm, a već pri visini reza preko 10 cm značajno se povećavaju gubici (nepokošene ili presečene donje mahune).

Dovoljno oštra i dobro podešena kosa, uži prsti kose što omogućava veću režuću širinu kose i samim tim bolji rad pri većim brzinama kretanja kombajna.

Obodna brzina vitla može biti veća za oko 25% od brzine kretanja kombajna, a njegova osa teba da je 15-30 cm ispred kose.

Smanjiti brzinu bubnja na minimalni broj koji omogućava potpunu vršidbu uz što manje oštećenja semena. Sa smanjenjem vlage u semenu smanjuje se broj obrtaja bubnja i povećava zazor bubnja i podbubnja, a takođe se smanjuje i vetar (Herbek i Bitzer, 1997). Zrelo zrno soje lako upija i otpušta vlagu tako da vlažnost zrna varira i nekoliko procenata u toku dana, što treba imati u vidu kod podešavanja kombajna. Zato Heatherly i Elmore (2004) navode da podešavanja treba vršiti makar dva puta u toku dana (jutro-veče i podne) kako se menja sadržaj vlage u semenu. Prema podacima Hoefl i sar. (2000c) sadržaj vode u semenu je sa jutarnjih 15,3% u podne pao na 9,9%, što je praćeno smanjenjem relativne vlažnosti vazduha sa 82% na 42%.

Poželjno je što pre završiti žetvu, početi sa 15% vode u semenu, a ako je manja od 13% iskoristiti prilike kada je mahuna elastičnija (magla, slaba kiša, visoka relativna vlaga vazduha).

IZVOD

Za visoke prinose soje potreban je sklad svih proizvodnih činilaca. To praktično znači da treba pravilno odabrati parcelu i odgovarajući plodored, obaviti pravovremenu i kvalitetnu obradu zemljišta, đubrenje, suzbijanje korova i na kraju kod soje je posebno važna kvalitetna i blagovremena žetva. Takođe, treba poznavati sortne specifičnosti, njene zahteve za gustinom, dubinom i vremenom setve. Dobro odabranim i u višegodišnjem periodu proverenim agrotehničkim merama treba da se obezbede visoki i stabilni prinosi, dobrog kvaliteta uz zadovoljavajuću ekonomičnost i očuvanje plodnosti zemljišta. Nepoštovanje osnovnih agrotehničkih zahteva ili redukcija primene pojedinih mera neminovno dovodi do smanjenja prinosa, posebno u manje povoljnim godinama.

Propusti načinjeni u jednom delu proizvodnog procesa ne mogu se, bez posledica po prinos, nadoknaditi nekom kasnijom operacijom. Veća količina zasejanog semena ne može obezbediti dobar sklop na loše pripremljenom zemljištu; kasno uklanjanje korova će olakšati žetvu, ali su oni već odneli deo roda; neprimenjivanje "NS-Nitragina" će smanjiti rod ili zahtevati povećane troškove zbog dodavanja azota i dr. Zato se u cilju dobijanja visokih prinosa mora posvetiti pažnja blagovremenosti i kvalitetu izvođenja svake operacije u proizvodnom procesu gajenja soje.

LITERATURA

Abendroth L.J, Elmore R. W. and, Ferguson R.B. (2006): Soybean Inoculation: Understanding the Soil and Plant Mechanisms Involved (G1621) University of Nebraska-Lincoln Extension

Belić B. (1964): Uticaj vegetacionog prostora na kvantitativne osobine soje. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Belić B. i sar. (1987): Analiza proizvodnje soje i rezultati makrosortnih i agrotehničkih ogleda u Vojvodini u 1986. godini. Zbornik referata Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 441.

Bennett M., Hicks D., Naeve S.(1999):The Minnesota Soybean Field Book. Extension service, University of Minnesota, p.1-140

Bogdanović Darinka, Ubavić M., Dozet D. (1993): Hemijska svojstva i obezbeđenost zemljišta Vojvodine neophodnim makroelementima. Teški metali i pesticidi u zemljištu: Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine, Poljoprivredni fakultet

Cetiom (1988): La culture du soja, Pariz.

Cetiom (1996): Cahier technique, irrigation, soja, Pariz.

Crnobarac J., Tatić M. i Miladinović J. (2000): Uticaj pojedinih agrotehničkih mera na prinos soje u 1999. godini. "Zbornik referata", XXXIV Seminara agronoma, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, 179-190.

Crnobarac J., Tatić M., Miladinović J. (2001): Uticaj pojedinih agrotehničkih mera na prinos soje u 2000. godini. "Zbornik referata", XXXV Seminara agronoma, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, str. 329-350.

Crnobarac J., Tatić M. i Balešević-Tubić Svetlana (2002): Uticaj pojedinih agrotehničkih mera na prinos soje u 2001. godini. Zbornik radova sa 43. savetovanja industrije ulja "Proizvodnja i prerada uljarica", str. 65-70,

Crnobarac J., Tatić M., Balešević-Tubić Svetlana, Vignjević P. (2003): Uticaj agroekoloških uslova i tehnologije proizvodnje na prinos soje u Vojvodini 2002. godine. "Zbornik referata", XXXVI Seminar agronoma, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo

Ferguson R. B., Shapiro C. A. Dobermann A.R. and Wortmann, C.S. (2006): Fertilizer Recommendations For Soybeans, G-859, University of Nebraska-Lincoln Extension,

Ferreira M. C., Andrade D. S., Chueire L.M.O. Takemura S.M. and Hungria M.(2000): Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. Soil Biol. Biochem. 32:627-637.

Franzen D. and Gerwing J. (1997): Effectiveness of Using Low Rates of Plant Nutrients. North Central Regional Research Publication 341.

Gascho G.J., Andrade A.G. and Woodrugg J.M. (1989): Timing of supplemental nitrogen for soybean. Agron. Abstr. 1989: 316.

Gutschy Lj. (1950): Soja i njezino značenje u narodnom gospodarstvu, poljoprivredi i prehrani, Tehnička knjiga, Zagreb.

Heatherly L.G. and Elmore R. W. (2004): Managing Inputs for Peak Production. In Soybeans Improvement Production and Uses, Third Edition; Edit. by Boerma H. R and Specht J. E.; AGRONOMY 16; Madison, Wisconsin, USA

Herbek J.H. and Bitzer M.J. (1997): Soybean Production in Kentucky, Part V: Harvesting, Drying, Storage, and Marketing, Cooperative Extension Service, University of Kentucky, AGR 132

Hoelt R. G., Nafziger E. D., Johnson R. R. and Aldrich S. R. (2000): Nutrient Management for Top Profit. In Modern Corn and

Soybean Production, MCSP Publications, Printed by Donnelley and Sons, Champaign, IL, SAD, p. 107-171

Hoelt R. G., Nafziger E. D., Johnson R. R. and Aldrich S. R. (2000a) Planting Decisions and Operations in Modern Corn and Soybean Production, MCSP Publications, Printed by Donnelley and Sons, Champaign, IL, SAD, p. 81-107

Hoelt R. G., Nafziger E. D., Johnson R. R. and Aldrich S. R. (2000b): Soybean as a Crop. In Modern Corn and Soybean Production, MCSP Publications, Printed by Donnelley and Sons, Champaign, IL, SAD, p. 1-352

Hoelt R. G., Nafziger E. D., Johnson R. R. and Aldrich S. R. (2000c): Harvesting, Drying, Storing, and Marketing, in Modern Corn and Soybean Production, MCSP Publications, Printed by Donnelley and Sons, Champaign, IL, SAD, p. 315-334

Hoelt R. G., Nafziger E. D., Johnson R. R. and Aldrich S. R. (2000d) Precision Farming in Modern Corn and Soybean Production, MCSP Publications, Printed by Donnelley and Sons, Champaign, IL, SAD, p. 235-245

Hrustić Milica (1983): Uticaj gustine sklopa na komponente i prinos soje. Savremena poljoprivreda, vol. 31, br. 1-2: 41-52.

Hrustić Milica, Jocković Đ., Vidić, M. (1993): Stablnost prinosa novih NS-sorti soje. Savremena poljoprivreda, Vol. 40, broj 5: 55-60.

Hrustić Milica (1994): Soja, biljka još uvek nedovoljno poznata kod nas. Revija Agronomska saznanja, godište IV, broj 3: 17-18.

Hrustić Milica, Vidić M., Jocković Đ. (1995): Makroogledi sa sojom u 1993. i 1994. godini, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, sv. 23: 539-545.

Hrustić Milica, Vidić M., Jocković Đ., Rajčić M. i Relić S. (1996): Dvadeset godina u oplemenjivanju i proizvodnji soje. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 25: 179-184.

Hurburgh C.R. (1995): Soybean Drying and Storage Cooperative Extension Service, Iowa State University, Pm-1636

Jocković Đ., Vidić M., i Hrustić Milica (1994): Soja: interakcija sorta/sredina, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 22: 203-209.

Johnson, J.W. (1992): Soybean (Glycine max [L.] Merr.). In Wichmann, W. (ed.) IFA World fertilizer use manual. Limburgerhof, Germani, 191-200.

Johnson R.R. (1987): Crop Management. In Wilcox, J.R. (ed), Soybeans: improvement, production and uses. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 355-390.

Konstantinović, j., Spasojević, B. (1994): Sistemi obrade zemljišta i potrošnja goriva. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 22: 73-87.

Miladinović, J., Hrustić Milica, Rajčić, M., Vidić, M., Tatić, M. (1996): Žetveni gubici u zavisnosti od visine najniže mahune. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 25: 193- 1 98.

Molnar I.(2004): Opšte ratarstvo, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Molnar, I., Milošev, D., Kurjački, I. (1996): Ispitivanje mogućnosti gajenja kukuruza i soje u alternativnim sistemima obrade u dvopolju i monokulturi. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 25. 549-555.

Nafziger E. D. (2002): Illinois Agronomy Handbook, 23th Edition, 3. Soybean, http://iah.aces.uiuc.edu/pdf/Agronomy_HB/03chapter.pdf

Osborne S. L. and Riedell W. E. (2006): Starter Nitrogen Fertilizer Impact on Soybean Yield and Quality in the Northern Great Plains. Agron J 98:1569-1574

Pedersen, P. 2004. Soybean growth and development. PM1945. Iowa State Univ. Ext., Ames.

Philbrook B.D. and Oplinger E.S. (1989) Soybean Field Losses as Influenced by Harvest Delays. Agronomy Journal, Vol. 81, No. 2. p 251-258

Rajčić M. (1991): Uticaj vremena i gustine setve na žetveni indeks soje. Savremena poljoprivreda, vol. 39, br. 2: 31-36.

Rajčić M. i Jocković Đ. (1990): Uticaj gustine setve i razmaka redova na kvantitativna svojstva soje. Uljarstvo, god. 27, br. 3-4: 33-38.

Rajčić M., Relić S., Hrustić Milica, Vidić M. (1993): Uticaj nitragina i kombinacija NPK đubriva na prinos soje pri različitom nivou hraniva u zemljištu. Uljarstvo, Broj 1-4, 36-39.

Relić S. (1988): Rezultati agrotehničkih oglada sa sojom. Zbornik referata Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 378-380.

Relić S. (1996): Variranje komponenata prinosa u zavisnosti od genotipova i gustine sklopa i njihov uticaj na prinos soje. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Rigsby B., and Board J.E. (2003): Identification of soybean cultivars that yield well at low plant populations. *Crop Sci.* 43:234-239.

Robinson A. P. and Conley S.P. (2008): Soybean production system, Plant Populations and Seeding Rates for Soybeans, Purdue Extension publication AY-217-W, <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/AY/AY-217-W.pdf>

Roth W. Hatley O. Yocum O. (2003): The Agronomy Guide 2003 Part 1, Section 6, Soybean, p 67-72, Pensilvania

Sarić Zora, Mrkovački Nastasija, Milić Vera (1988): Azotifikacija soje, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 381-390.

Shay C. W., Ellis L. and Hires W. (1993): Measuring and Reducing Soybean Harvesting Losses, Department of Agricultural Engineering, University of Missouri-Columbia, Agricultural publication G01280

Sinclair.T.R. (1998): Options for sustaining and increasing the limiting yield-plateaus of grain crops. *Jpn.J. Crop Sci.* 67:65-75

Sindić, M. (1994): Efekti redukovane primene herbicida u trake pri setvi soje. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 22: 309-319.

Sinclair T. R. (2004): Improved Carbon and Nitrogen Assimilation for Increased Yield . In Soybeans Improvement, Production, and Uses Third Edition; edit. By Boerma H. R and Specht J. E.; AGRONOMY 16; Madison, Wisconsin, USA

Starčević Lj., Marković V., Malešević M., Marinković B. i Videnović D. (1995): Agrotehnika ratarskih i povrtarskih biljaka. Zbornik referata Biljna proizvodnja, prerada, kvalitet, promet, ekonomika i zaštita životne sredine. IV Kongres o hrani, Beograd.

Specht J. E., Hume D. J. and Kumudini S. V. (1999): Soybean Yield Potential—A Genetic and Physiological Perspective. *Crop Sci.* 39:1560-1570

Stefanović D. (1992): Plodored. Andrić, j. i sar. Šećerna repa (monografija), jugošećer, Beograd, 309-320.

Stivers R.K. and Swearingin M.L. (1980): Soybean yield compensation with different populations and missing plant patterns, *Agron. j.* 72: 98-102.

Šuput M. (1986): Soja - *Glycine hispida* (Moench.) max . Jevtić, S. i sar. Posebno ratarstvo, Naučna knjiga, Beograd, 334-352.

Tatić M., Balešević-Tubić Svetlana, Crnobarac J., Miladinović J. i Petrović Z. (2002): Uticaj međurednog razmaka na prinos soje. Zbornik radova Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Sveska 36, 125-132.

Taylor R. K. (1997): Harvesting Soybeans in Soybean Production Handbook, Kansas State University, C-449, <http://www.oznet.ksu.edu>, p27-27

USDA (2007): Federal crop insurance handbook, Number: 25440 (11-2005), 25440-1 (04-2007), Soybean loss adjustment standards handbook 2007 and succeeding crop years

Van Doren, O.M. and Reicosky O.C. (1987): Tillage and Irrigation. In Wilcox, J.R. (ed), Soybeans: improvement, production and uses. *Agron. Monogr.* 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 391-428.

Vanotti, M.B. and Bundy, L.G. (1995): Soybean effects on soil nitrogen availability in crop rotation, *Agron. j.* 87: 676-680.

Varco J.J. (1999): Nutrition and fertility requirements. p. 53-70. In L.G. Heatherly and H.E Hodges (ed.) Soybean production in the mid-south. CRC Press, Boca Raton, FL, USA

Vidić M., Hrustić Milica, Jocković Đ, Relić S., Rajičić M. i Miladinović, J. (1996): Analiza sortnih makroogleda sa sojom u 1995. godini, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 25: 185-191.

Vignjević P. (2006): Morfološka svojstva, kvalitet i komponente prinosa u zavisnosti od oblika vegetacionog prostora kod sorata soje različitih grupa zrenja. Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet Novi Sad

Vučić N. (1987): Vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta, Vojvodanska akademija nauke i umetnosti, Novi Sad.

NAVODNJAVANJE SOJE U REDOVNOJ, DRUGOJ I POSTRNOJ SETVI

Đuro Bošnjak

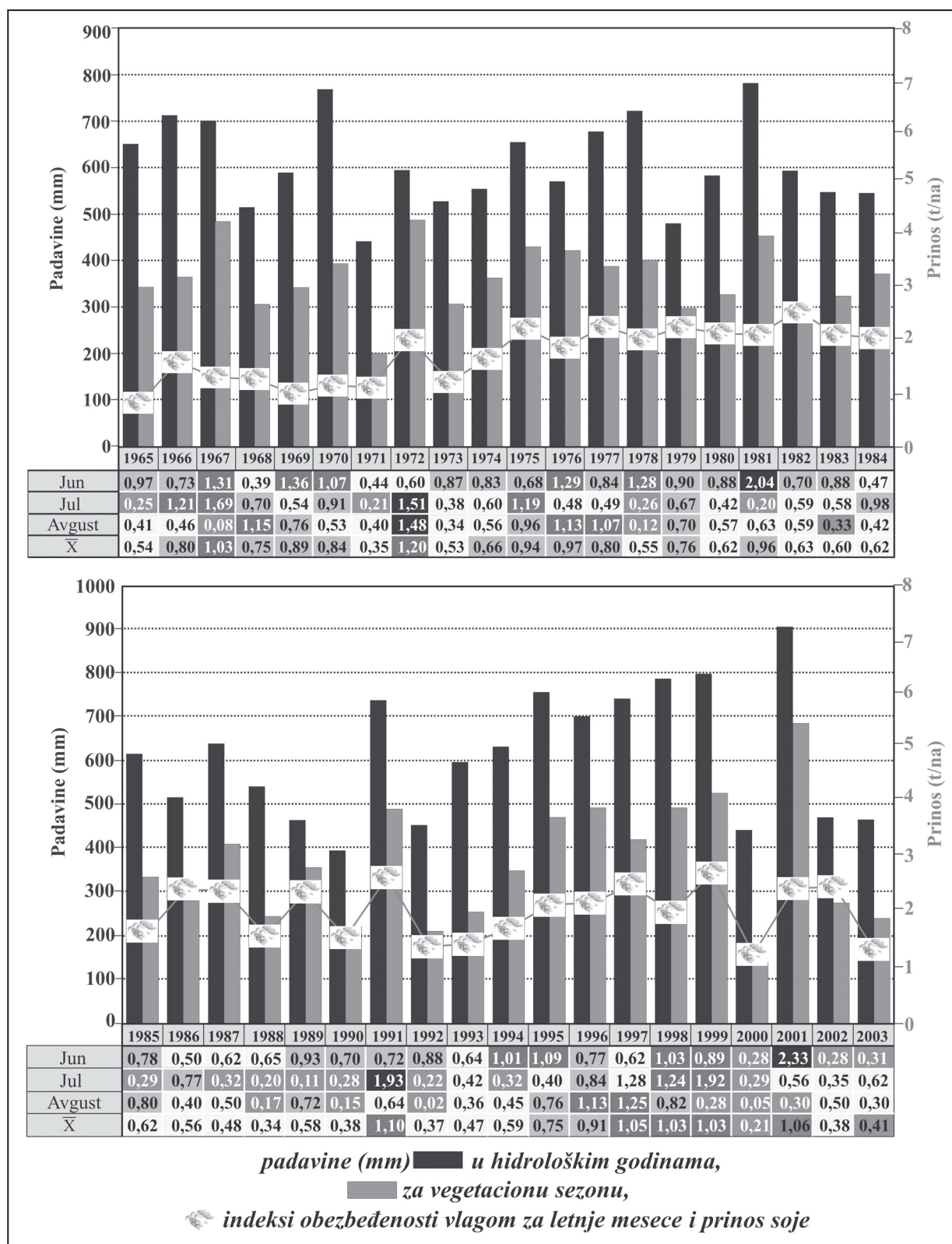
UVOD

Navodnjavanje je značajna mera tehnologije u proizvodnji soje u našem pedoklimatu, gde su vremenski uslovi promenljivi, nestabilni i nepredvidivi, to se prvenstveno odnosi na padavine kako po količini, tako i po rasporedu. Suša je redovna ili povremena pojava, javlja se skoro svake godine, traje kraći ili duži period i često ostavlja ozbiljne posledice na umanjenje prinosa u biljnoj proizvodnji, što se posebno manifestuje kod soje. Bošnjak (2004) je analizirao sušu u Vojvodini (Slika 11.1.) i sagledan je njen odnos prema postignutim prosečnim prinosima soje za poslednje četiri decenije. Konstantovao je variranje prinosa soje saobrazno količinama i rasporedu padavina. Prinosi su bili srazmerno manji u godinama kada je bio veći intenzitet i duže trajanje suše. U ovom periodu postignut je prosečan prinos soje 1,86 t·ha⁻¹, a varirao je od 0,92 – 2,75 t·ha⁻¹ sa vrlo visokim koeficijentom varijacije 27,55. Bilo je sušnih godina, kada je u pojedinim rejonima Vojvodine na nekim parcelama ostvaren prinos od svega nekoliko stotina kilograma.

Na nomogramu su prikazani mesečni indeksi obezbeđenosti vlagom u junu, julu i avgustu od kojih zavisi uspešnost biljne proizvodnje, obračunati su postupkom Hergreaves-a (1977 i 1992). Meseci se svrstavaju u aridne kada su vrednosti indeksa manji od 0,33, semiaridne 0,34 – 0,66, semihumidne 0,66 – 0,99, humidne 0,99 – 1,33 i perhumidne veći od 1,33. Prema preporuci Hergreaves-a ukoliko se u vegetaciji pojavi jedan mesec sa vrednostima indeksa manjim od 0,33 rejon se smatra nepovoljnim za uspešnu biljnu proizvodnju bez navodnjavanja, drugim rečima Vojvodina je rejon obaveznog navodnjavanja, a ne kako je mi svrstavamo u rejon dopunskog navodnjavanja.

Slika 11.1

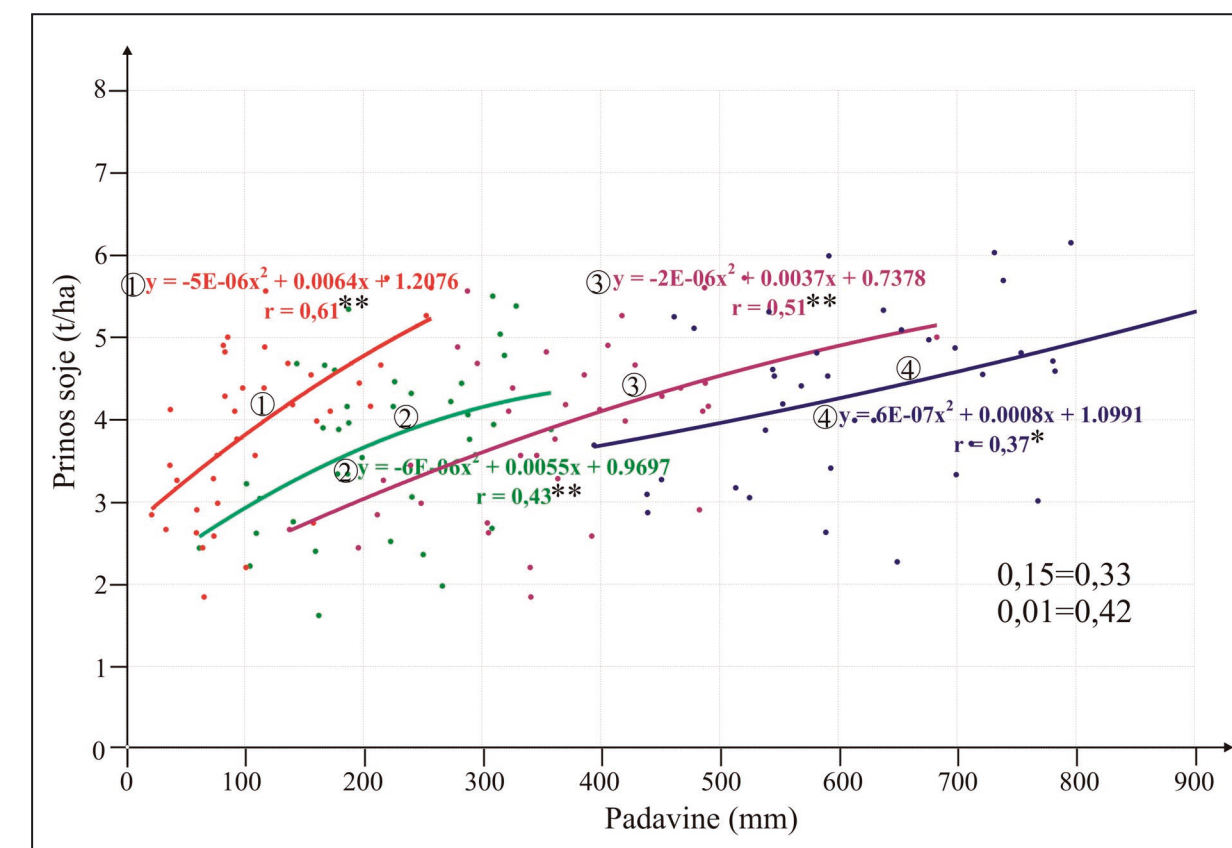
Klimanomogrami Vojvodine za periode 1965-1984. (gore) i 1985-2003. (dole)



Regresijom i korelacijom analizirana je zavisnost postignutih prinosa soje od padavina (Slika 11.2). Utvrđena je pozitivno visoka signifikantna korelacija prinosa soje sa padavinama u dva najtoplija meseca julu i avgustu, zatim tri presudna letnja meseca junu, julu i avgustu, i sa padavinama u vegetacionoj sezoni, dok je korelacija prinosa bila pozitivno signifikantna sa padavinama u hidrološkim godinama.

Slika 11.2

Zavisnost prinosa soje od padavina: 1. jul i avgust (crveno), 2. jun, jul i avgust (zeleno), 3. vegetaciona sezona (bordo) i 4. hidrološke godine (teget)



Prinosi soje su bili vrlo niski, daleko od genetskog potencijala rodnosti i mnogo manji od prinosa, koji se mogu postići u uslovima navodnjavanja. U široj proizvodnji na zalivnim sistemima, gde se navodnjavanjem u periodu vegetacije eliminiše prirodni deficit vode postizu se visoki i stabilni prinosi soje na nivou 4 t·ha⁻¹. Na pojedinim parcelama ostvareni su prinosi i preko 5 t·ha⁻¹. Međutim, brojniji su oni, koji u uslovima navodnjavanja postizu prinose soje ispod mogućnosti, uzrok je najčešće primena neracionalnog režima navodnjavanja.

Značaj navodnjavanja soje ogleda se i u tome što je kod nje neophodna planska proizvodnja, tim pre što se ona gaji na ograničenim površinama sa kojih bi trebalo obezbediti stabilne i visoke prinose. Obzirom da svaki podbačaj prinosa povlači

slabije korišćenje prerađivačkih kapaciteta, ili zahteva devize za uvoz soje ili njenih prerađevina. Takođe, proizvodnju soje u uslovima navodnjavanja ne treba posmatrati samo sa gledišta povećanja prinosa i poboljšanja kvaliteta i određene sigurnosti, već treba uvažavati njene specifičnosti kao jednogodišnje zrnene mahunjače, koje ona ima u plodoredu, ili bolje rečeno u plodosmeni na površinama zalivnih sistema, gde se zemljište intenzivno koristi, češće obrađuje, izloženo je većem stepenu dejstva vode, samim tim i pogoršanju fizičkih i hemijskih svojstava. Kao leguminoza soja poboljšava ova svojstva zemljišta, obogaćuje ga azotom, što se sve povoljno odražava na ostale useve u plodosmeni. Posebno je značajno navodnjavanje soje, kada se proizvodi kao drugi i postrni usev za zrno, ili zelenu masu.

U poslednje vreme navodnjavanje se intenzivno širi, sprovodi se na velikim površinama, grade se veliki zalivni sistemi, zahvaljujući novim tehničko tehnološkim rešenjima opreme i uređaja za navodnjavanje. Kod nas je navodnjavanje orošavanjem (veštačkom kišom). Kod soje se koriste pokretna bočna kišna krila tipa BK, ili najsavremeniji samohodni uređaji centralno stožernog ili linearnog tipa, koji su u potpunosti mehanizovali pa i automatizovali navodnjavanje, čime je olakšan rad na zalivnim sistemima. Tako da proizvođačima soje na zalivnim sistemima, ostaje da sa modernom i moćnom tehnikom primene savremenu tehnologiju i racionalan režim navodnjavanja, kako bi stvorili uslove da se genetski potencijal na najbolji način iskoristi u određenom agroekološkom rejonu i postignu visoki prinosi na fitoklimatskom nivou.

POTREBE SOJE ZA VODOM

Potrebe za vodom se izražavaju terminom potencijalna evapotranspiracija (ETP) i one predstavljaju onaj utrošak vode od jedne biljne vrste, kojim se postižu najveći prinosi dobrog kvaliteta. Potencijalna evapotranspiracija je osnova svih obračuna u melioracijama, neophodan je element vodnog bilansa, upoređuje se sa prirodnom obezbeđenosti vodom, obračunava se manjak vode, potreba za navodnjavanjem, ili višak vode potreba za odvodnjavanjem. Ustvari ETP je polazna osnova počev od projektovanja, izgradnje do eksploatacije hidromelioracionih sistema. Manjak vode određuje hidromodul navodnjavanja, višak hidromodul odvodnjavanja, oni dimenzionišu hidrograđevinsku opremu u oba slučaja. Na savremenim principima polazi se od ETP kod primene vodnog bilansa, kao osnove zalivnog režima, isto tako može da posluži za analizu uspeha biljne proizvodnje od obezbeđenosti vodom, kako u uslovima navodnjavanja, tako i bez navodnjavanja.

U starijoj literaturi se navodi da je soja vrlo otporna prema suši. Kasnija istraživanja su dala suprotne zaključke, da je soja biljka koja zahteva i troši dosta vode i da je njena otpornost prema suši prividna. Soja dobro podnosi sušu do faze

cvetanja, a ukoliko se suša produži i na kasnije periode, ona daje vrlo niske prinose. Soja se formirala u uslovima klime sa kišnim i toplim letom, te ima visoke vrednosti transpiracionog koeficijenta. Niz autora (Enken cit. Vučić, 1976) konstatuje da se transpiracioni koeficijent soje, u zavisnosti od uslova, kreće od 390 do 744, a navode se i znatno veće vrednosti od 600 do 1000. Bez obzira na razlike u navedenim vrednostima, neosporno je da soja troši znatne količine vode za proizvodnju jedinice suve materije. Našim eksperimentalnim istraživanjima na Oglednom polju Rimski Šančevi, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, za desetogodišnji period utvrđeno je da soja troši 1100 do 2000 litara vode za produkciju jednog kilograma zrna (Bošnjak, 1987).

Soja je posebno osetljiva na sušu u fazi cvetanja i formiranja zrna. Prema ispitivanjima na Kubanskoj oglednoj stanici (Vučić, 1976) navodi se da je suša umanjila prinose zrna raznih sorti soje u fazi cvetanja za 48 do 58%, a u periodu formiranja zrna za 41 do 87%. Ukoliko je vlažnost zemljišta optimalna u prvim fazama do punog cvetanja, soja razvija bujnu masu i formira veliki broj mahuna, ako potom nastupi suša do kraja vegetacije, biljkama opadaju mahune u većem stepenu, formira se sitnije zrno i prinos se značajno umanjuje. Ukoliko suša potraje do završetka cvetanja oplodi se manji broj cvetova, ali ako se kasnije poboljša snabdevanje vodom ostvaruje se znatno veći prinos poređenjem u odnosu na sušu u fazi nalivanja zrna.

Sionit i Kramer (1977) su takođe konstatovali da vodni stres u fazi porasta i formiranja mahuna znatno više smanjuje prinos soje, nego u cvetanju. Doss i sar. (1974) su utvrdili da je najkritičniji period za navodnjavanje soje u fazi porasta mahuna. Brown i sar. (1985) su ispitivali uticaj deficita vlažnosti zemljišta u različitim reproduktivnim fazama razvoja soje. Utvrdili su različite efekte stresa suše koji su varirali u R2 – R3 i R4 – R8 faze, a u sušnim godinama najkritičnija se pokazala R4 faza (završetak porasta mahuna i početak nalivanja zrna).

Kod nas je Dragović (1993 i 1994) detaljno ispitivao uticaj suše u različitim reproduktivnim fazama razvića (R1-R8) na prinos i kvalitet soje. U odnosu na optimalnu vlažnost zemljišta, suša je umanjila prinos soje za 2 do 92% u zavisnosti od vremena pojave i dužine trajanja suše. Suša je umanjila prinose soje u fazi cvetanja (R1-R2) koja je trajala 21 dan 2%, u fazi formiranja mahuna (R3-R4) 21 dan 12%, u fazama R1-R4 39 dana 21%. Suša od faze nalivanja zrna do pune zrelosti (R5-R8) od 52 dana umanjila je prinos 35%, a u fazama R3-R8 (period od 73 dana) za 54%, dok je sušni period od cvetanja do zrenja (R1-R8), 88 dana smanjio prinos 92%.

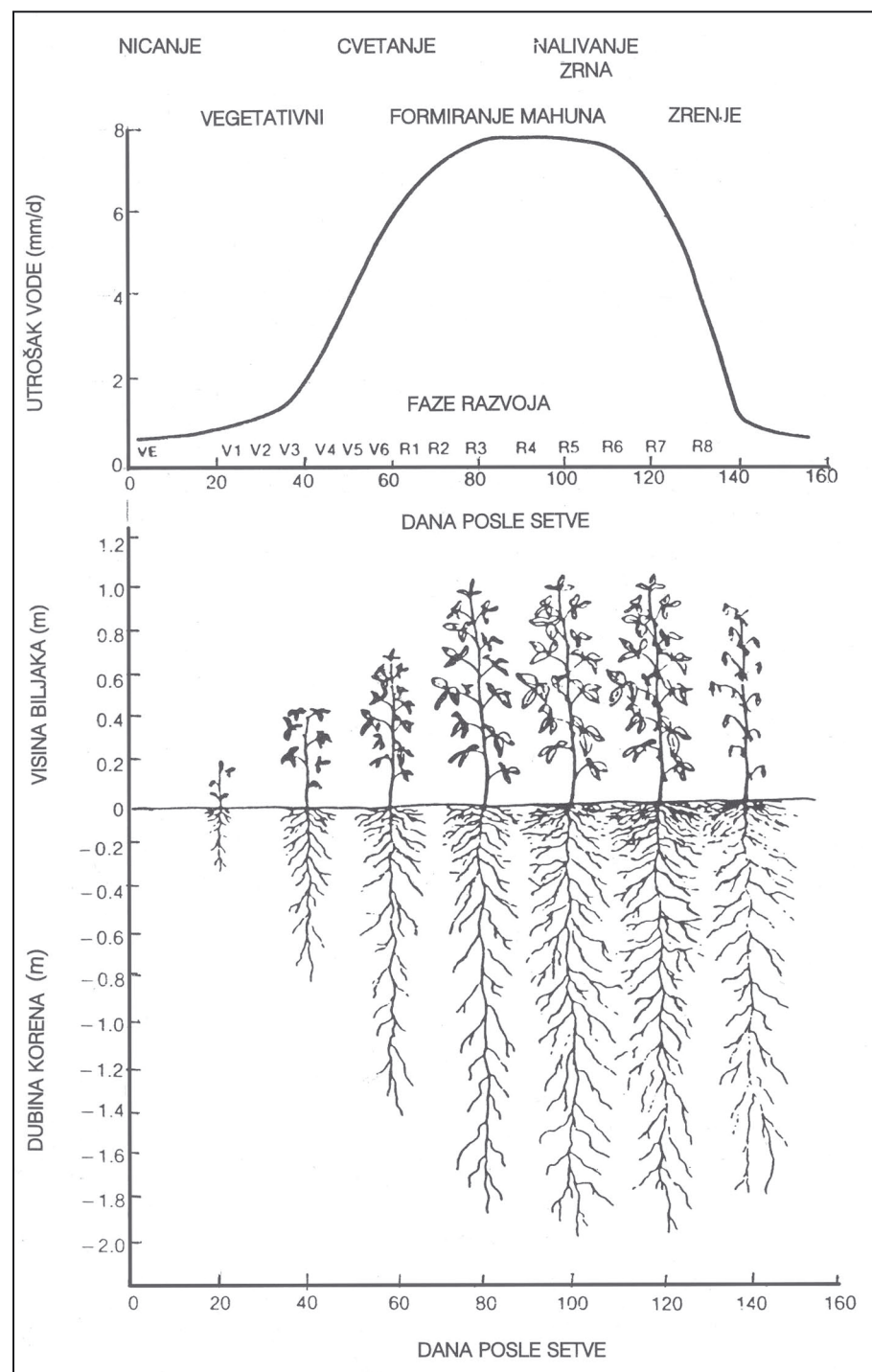
Soja ne troši vodu ujednačeno u periodu vegetacije. Potrošnja zavisi od energentskih evapotranspiracionih zahteva spoljne sredine, odnosno promene meteoroloških uslova u periodu vegetacije i fenofaza rasta i razvića biljaka. Dinamike potrošnje vode na evapotranspiraciju u periodu vegetacije prikazan je na narednoj slici (Slika 11.3).

Takođe su ilustrativno prikazane faze razvoja soje, vegetativne (V1 – V6) i reproduktivne (R1 – R8) prema Fehr-u i sar., (1971), kao i dinamika porasta biljaka u visinu i korena u dubinu tokom perioda vegetacije. Prikazana je dinamika kvalitativne

potrošnje vode u periodu vegetacije, dok su kvantitativne vrednosti različite u pojedinim agroekološkim rejonima, što zavisi od pedoklimatskih uslova.

Slika 11.3

Šematski prikaz dinamike evapotranspiracije soje, faza razvoja, visine biljaka i dubine korena u periodu vegetacije (Reicosky i Heatherly, 1990).



Generalno, soja troši malo vode na evapotranspiraciju u peirodu nicanja i početnim fazama vegetacionog razvoja, porast utroška vode je od V3 do V6 faze. Soja najviše troši vodu od R1 do R6 faze, kada su biljke u punom porastu i imaju najveći habitus. Od faze završetka nalivanja zrna i početka zrenja evapotranspiracija soje opada. Dnevni utrošak vode zavisi od uslova i može biti vrlo visok. Prema podacima Hobss i Muendel (1983) i Brun i sar. (1985) najveći dnevni utrošak vode je krajem jula i početkom avgusta.

U literaturi se sreću različite vrednosti ukupnih potreba soje za vodom – potencijalne evapotranspiracije: Timons i sar. (1976) za Minesotu 432 do 462 mm, Singh i Whitson (1976) za Fort Velley State USA od 392 do 412 mm, Allison i sar. (1958) za severnu Karolinu 706,1 do 967,7 mm, Herpich (cit. Henderson, 1967) za Kansas 500 do 600 mm i Nebrasku 450 do 575 mm. Za evropski deo SSSR-a 450 do 500 mm. Vučić (1976) citira više autora koji su u različitim delovima sveta konstatovali da dobar usev soje zahteva 375 do 750 mm vode. Doorenbos i Pruitt (1977) su konstatovali da su ukupne potrebe soje za vodom od 450 do 825 mm. To se odnosi za period vegetacije soje koji varira od 100 do 190 dana u zavisnosti od temperaturnih uslova, odnosno geografske širine rejonu gde se soja proizvodi.

POTREBE SOJE ZA VODOM U VOJVODINI

Na osnovu podataka iz literature može se konstatovati da potrebe soje za vodom zavise od kompleksnog delovanja pedoklimatskih uslova u datom rejonu. Stoga se poslednjih decenija vrlo intenzivno radilo na utvrđivanju potreba soje za vodom u našem agroekološkom rejonu.

Vučić i Bošnjak (1980) su za klimatske uslove Vojvodine utvrdili potencijalnu evapotranspiraciju soje, za sorte 0 grupe zrenja čiji su predstavnici u ogledu bili Wilkin i Traverse 460 mm, za sorte I grupe zrenja Steel i Hark 480 mm, a za sorte II grupe zrenja Corsoy i Wels 500 mm. Bošnjak (1983) je utvrdio potencijalnu evapotranspiraciju soje sorte Hodgson iz I grupe zrenja 440 do 450 mm. Takođe su utvrđene i mesečne potrebe za vodom (Tabela 11.1).

Tabela 11.1

Potencijalna evapotranspiracija soje (mm) (Bošnjak, 1987)

Godina	Mesec						Ukupno
	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1979	25.0	88.4	103.7	104.9	63.6	5.0	390.6
1980	57.2	103.9	115.3	111.6	44.2	12.6	444.8
1981	39.1	117.7	119.8	110.3	55.9	12.3	451.2
Prosek	39.1	103.3	112.9	108.7	54.6	10.0	428.8

Potrebe soje za vodom rastu od setve, najviše su u letnjim mesecima junu, julu i avgustu, zatim opadaju do kraja vegetacije, što je povezano sa rastom, razvićem, formiranjem prinosa i zrenjem soje, kao i promenama meteoroloških uslova u periodu vegetacije.

Potencijalna evapotranspiracija soje u 1979. godini bila je manja nego u ostale dve godine i treba je posmatrati sa određenom rezervom, jer je izostavljeno jedno zalivanje iz tehničkih razloga, te se može konstatovati da je potencijalna evapotranspiracija 440 do 450 mm.

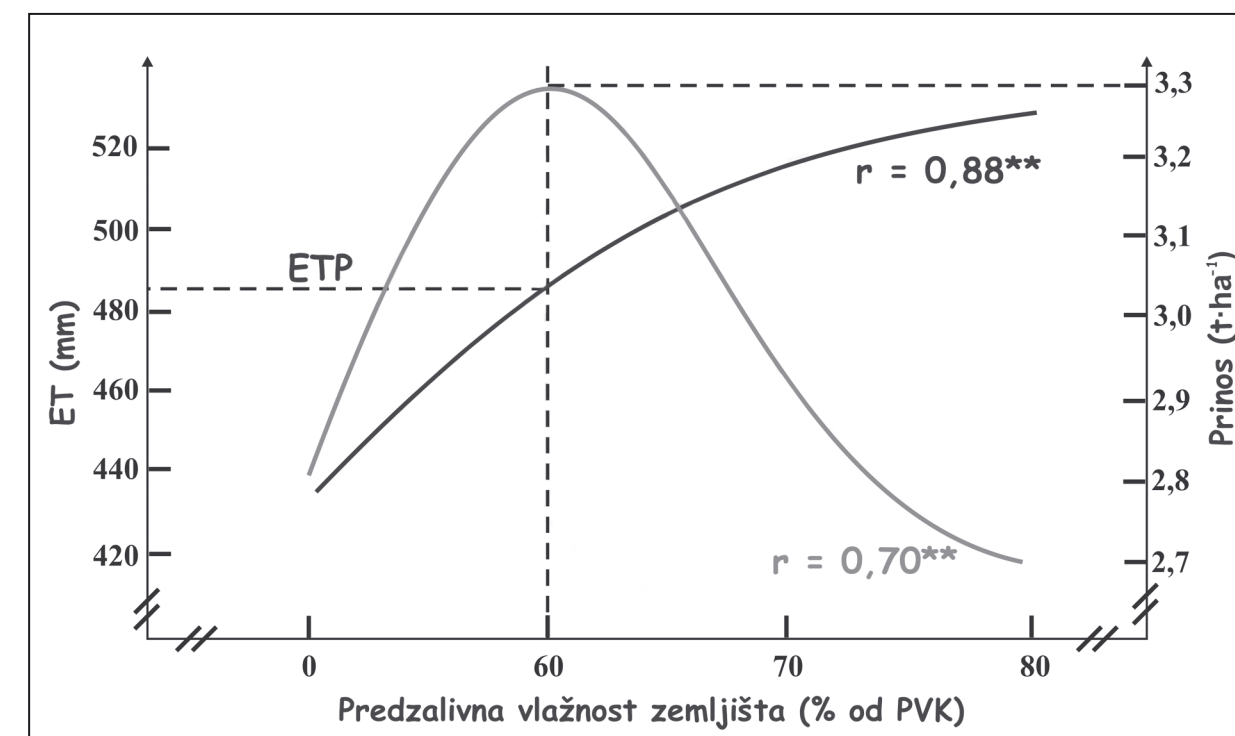
Mesečna potencijalna evapotranspiracija u pojedinim godinama bila je različita. Najveće razlike su ostvarene u početku vegetacije: dok je usev bio mali, a površina zemljišta nezasađena te je veći udeo evaporacije sa površine zemljišta nego transpiracije biljaka. U početku vegetacije potencijalna evapotranspiracija zavisi od meteoroloških uslova, od količine i rasporeda padavina. U maju 1980. godine padavine su bile tako raspoređene da su najčešće vlažile površinski sloj zemljišta (64,7 mm u 18 kišnih dana), odakle je voda vrlo lako isparavala, te je u ovoj godini evapotranspiracija najveća. Sasvim je suprotno u maju 1979. godine, kada je evapotranspiracija bila najmanja zbog male količine padavina i malog broja kišnih dana, a površinski sloj zemljišta bio je dobro razrahljen, što je sprečilo veću evaporaciju iz dubljih slojeva. U 1981. godini potencijalna evapotranspiracija bila je na nivou trogodišnjeg proseka. Može se konstatovati da potrebe biljaka za vodom zavise od kompleksnog delovanja više faktora biotičke i abiotičke prirode. U letnjem periodu vrednosti mesečne potencijalne evapotranspiracije soje u pojedinim godinama znatno manje odstupaju od proseka, najviše do 15%.

Evapotranspiracija i prinos soje zavise od nivoa predzalivne vlažnosti zemljišta (Slika 11.4). Sa povišenjem predzalivne vlažnosti zemljišta, utrošak vode na evapotranspiraciju soje je rastao, ostvarena je pozitivno visoko signifikantna kvadratna korelacija (Bošnjak, 1988). Međutim, prinos zrna bio je najveći pri predzalivnoj vlažnosti zemljišta 60% od PVK, a sa daljim povišenjem predzalivne vlažnosti prinos je opadao. Čak je bio manji pri predzalivnoj vlažnosti 80% od PVK, nego u kontroli bez navodnjavanja. Pri povišenoj vlažnosti zemljišta, soja luksuzira vodom, troši je neracionalno, pri tom formira veliku vegetativnu masu, biljke poležu, međusobno se zasenjuju i većim delom nisu fotosintetski aktivne. Tako se stvoreni asimilativi troše na samoodržanje bujne vegetativne mase umesto da formiraju prinos zrna.

Za osamnaestogodišnji period istraživanja, od 1976 do 1994. godine u usloviima navodnjavanja, izmeren je utrošak vode na evapotranspiraciju soje od 390 do 550 mm u zavisnosti od varijante navodnjavanja, meteoroloških uslova i sorte, odnosno njene dužine vegetacije. To su bile ekstremne vrednosti, najučestaliji utrošak vode na evapotranspiraciju je varirao od 440 do 500 mm, odnosno u najvećem broju slučajeva bio je 450 do 480 mm, što predstavlja potrebe soje za vodom – potencijalnu evapotranspiraciju za klimatske uslove Vojvodine.

Slika 11.4

Prinos i evapotranspiracija soje u zavisnosti od predzalivne vlažnosti zemljišta (Bošnjak, 1988)



Mesečne potrebe soje za vodom variraju u zavisnosti od uslova: u aprilu 10 do 40 mm, maju 30 do 60 mm, junu 90 do 110 mm, julu 100 do 125 mm, avgustu 100 do 120 mm, septembru 50 do 80 i oktobru do 40 mm. Prosečne dnevne potrebe soje za vodom su od 1 do 4 mm, najviše su u letnjim mesecima junu, julu i avgustu, 3 do 4 mm. Najviša dnevna potrošnja vode na evapotranspiraciju soje u najtoplijim letnjim danima u našim uslovima dostiže 5,5 mm, što je utvrđeno bilansiranjem potrošnje vode između dva zalivanja.

ZALIVNI REŽIM

Osnovno pitanje u praksi navodnjavanja je određivanje vremena zalivanja, odnosno primena racionalnog zalivnog režima određene biljne vrste sa punim uvažavanjem klimatskih i zemljišnih uslova. Oskudnim zalivanjem biljke su nedovoljno snabdevene vodom i daju niže prinose. Čestim zalivanjem bez stvarnih potreba, voda se troši neracionalno, troši se više vode nego što je potrebno, što uslovljava prevlaživanje zemljišta. To je nepovoljno ne samo za prinos soje, nego može da uzrokuje neželjene posledice navodnjavanja (zabarivanje, zaslanjivanje, ispiranje asimilativa itd.).

Podjednako su štetna preobilna vlaženja i oskudna zalivanja. Stoga određivanju vremena zalivanja treba posvetiti pažnju, posebno u promenljivim klimatskim uslovima, gde su velika variranja padavina u pojedinim godinama, kako po količini tako i po rasporedu, a Vojvodinu karakteriše upravo takav klimat.

U nauci je razrađeno, a u praksi se primenjuje više načina za određivanje vremena zalivanja. Koji način će se primenjivati zavisi od kadrovskih i tehničkih mogućnosti, nivoa intenzivnosti proizvodnje i prirodnih uslova. Od zalivnog režima zavisi efekat navodnjavanja, racionalna potrošnja vode, štednja energije, ekonomičnost navodnjavanja, čuvanje zemljišta itd. Razrađeni su postupci za sve slučajeve, od onih kada se na zalivnom sistemu ne nalazi odgovarajuća stručna služba, ni potrebna oprema da bi se pratili pojedini elementi vodnog režima, ili vodnog bilansa zemljišta ili biljaka, do onih kada je sve to obezbeđeno na potrebnom nivou. Uvek je bolje primenjivati najjednostavniji zalivni režim, koji je zasnovan na određenim principima, nego određivanje vremena zalivanja prepustiti stihiji i trenutnim odlukama.

Kod primene zalivnog režima posebno treba analizirati obezbeđenost zalivnog sistema vodom. U slučajevima gde nema dovoljno vode (npr. akumulacije Telečke visoravni i sl.), zalivni režim mora da teži maksimalnoj biljnoj proizvodnji u odnosu na jedinicu upotrebljene vode. I obratno, tamo gde su površine zemljišta ograničene (mali zalivni sistemi) a vode ima u izobilju, od zalivnog režima se zahteva maksimalna biljna proizvodnja na jedinici površine.

Zalivni režim prema kritičnim periodima za vodu

Kritični periodi za vodu daju osnovu za primenu zalivnog režima prema fazama razvika biljaka. Kod soje nastupaju početkom cvetanja i traju dugo, do završetka nalivanja zrna. U tom periodu je neophodno održavati optimalnu vlažnost zemljišta, da bi se postigli visoki prinosi. U našim uslovima, sa zalivanjem obično treba početi u punom cvetanju, jer u početku cvetanja u zemljištu ima dovoljno vlage akumulirane u predvegetacionom zimskom periodu, koja se dopunjuje padavinama, kojih uglavnom ima dovoljno do kraja juna. Izuzetno, samo u izrazito sušnim godinama sa oskudnim predvegetacionim rezervama vlage, sa zalivanjem treba početi ranije, u fazi početka cvetanja. Treba biti krajnje oprezan, jer povišena vlažnost zemljišta početkom perioda vegetacije uzrokuje veću bujnost biljaka, više biljke, koje kasnije lako poležu, što se nepovoljno odražava na prinose. U proizvodnji su česte greške, jer se u početku vegetacije navodnjavanjem isforsiraju bujne biljke, a kasnijim oskudnim zalivanjima se ne postiže željeni efekat navodnjavanja.

Znači u našim uslovima prema kritičnim periodima za vodu, soju bi trebalo zaliti dva do tri puta. Zalivanja bi se obavljala u cvetanju i nalivanju zrna. Kod primene zalivnog režima prema kritičnim periodima, seme zalivanja su čvrste, ali ih treba primenjivati krajnje elastično, moraju se prilagođavati meteorološkim uslovima svake godine, pre svega količini i rasporedu padavina.

Neophodno je analizirati predvegetacione zimske padavine, zatim padavine u periodu vegetacije meriti neposredno na parceli poljskim kišomerom, pratiti faze razvika soje i određivati vreme zalivanja. Prema rezultatima Vučića i sar. (1980) nisu utvđene značajne razlike u visini prinosa soje između zalivanja po kritičnim fazama i prema vlažnosti zemljišta.

Zalivni režim prema vlažnosti zemljišta

Najpouzdanije bi bilo primenjivati zalivni režim prema vlažnosti zemljišta, pri čemu je neophodno poznavati: tehnički minimum vlažnosti za soju, tj. donju granicu optimalne vlažnosti zemljišta, pratiti dinamiku vlažnosti zemljišta u periodu vegetacije, posedovati odgovarajuću opremu i imati osposobljenu stručnu službu. Posao je obiman, često vrlo tegoban, te je nerado prihvatljiv od stručnjaka i praktičara, koji teže da na što jednostavniji način odrede vreme zalivanja. Zbog svoje pouzdanosti ovaj metod za sada nalazi pojedinačnu primenu u široj proizvodnji, a u budućnosti će biti sve više zastupljen, jer omogućuje racionalno korišćenje vode u praksi navodnjavanja. Meri se vlažnost zemljišta i kada se utroši lakopristupačna voda, odnosno kada sadržaj vode dospe na nivo tehničkog minimuma, pristupa se zalivanju.

U literaturi se navode različite vrednosti tehničkog minimuma vlažnosti za soju, što je razumljivo, jer se odnose na različite pedoklimatske uslove. Za naše uslove Bošnjak (1978; 1983b), Vučić i sar. (1981), su utvrdili tehnički minimum vlažnosti za soju, koji iznosi 60% od PVK. U literaturi se navodi da se najveći prinosi soje postižu održavanjem vlažnosti zemljišta iznad 80% od PVK. To nije ostvareno u našim ispitivanjima. Vučić i sar. (1981) su utvrdili da prinos soje ne raste sa povećanjem predzalivne vlažnosti zemljišta iznad 60% od PVK (Tabela 11.2).

U uslovima Južne Bačke na zemljištu tipa karbonatni černozelem terase, sa povećanjem predzalivne vlažnosti zemljišta prinos soje je opadao. To nije bio slučaj u rejonu Severnog Banata na ritskoj crnici (humoglej), prinos soje je ostao na istom nivou, ili je neznatno rastao sa povišenjem predzalivne vlažnosti zemljišta. To povećanje prinosa nije bilo značajno.

Tabela 11.2

Efekat različite predzalivne vlažnosti zemljišta na prinos soje (Vučić i sar., 1981)

Lokalitet	Sorta	60% od PVK		70% od PVK		80% od PVK		Kontrola	
		(t/ha)	%	(t/ha)	%	(t/ha)	%	(t/ha)	%
Rimski Šančevi	Wilkin	3,250	108	3,411	113	3,545	118	3,015	100
	Traverse	3,043	110	3,363	112	3,581	130	2,754	100
	Steele	2,762	101	2,832	104	3,000	110	2,723	100
	Hark	2,649	101	2,564	97	2,769	105	2,627	100
	Corsoy	2,774	92	3,060	101	3,220	107	3,012	100
	Wels	3,382	102	3,556	107	3,765	113	3,315	100
Prosek		2,977	102	3,131	113	2,930	100	2,908	100
Kikinda	Wolkin	3,472	137	3,311	131	3,181	128	2,526	100
	Merit	3,257	134	3,202	132	3,329	137	2,431	100
	Traverse	3,283	125	3,245	124	3,198	122	2,621	100
	Steele	3,174	127	2,992	119	3,215	128	2,506	100
	Hark	3,403	112	3,209	106	3,172	105	3,029	100
	Corsoy	3,733	121	3,607	117	3,712	120	3,083	100
Prosek		3,387	126	3,261	122	3,301	123	2,699	100

Vodni bilans kao osnova zalivnog režima

U poslednje vreme pruža se mogućnost primene vodnog bilansa kao osnove zalivnog režima, kojim se svakodnevno bilansira stanje sadržaja lakopristupačne vode u zoni aktivne rizosfere sa pozicija priliva i utroška, u cilju određivanja rokova i rasporeda zalivanja. Metoda je pogodna za promenljive klimatske uslove, koji su karakteristični za Vojvodinu i ostale rejone naše zemlje, obzirom da padavine značajno variraju iz godine u godinu, kako po količini tako i po rasporedu. Zbog svoje jednostavnosti prihvatljiv je za praksu, a verifikovana mu je pouzdanost i tačnost, koja je na istom nivou sa zalivnim režimom prema vlažnosti zemljišta (Vučić, 1976; Bošnjak i Dobrenov, 1986). Za primenu vodnog bilansa kao osnove zalivnog režima u praksi navodnjavanja, neophodno je poznavati njegove elemente, prvenstveno potrebe soje za vodom, i to ne na globalnom planu, nego dnevni utrošak vode na nivou potencijalne evapotranspiracije. Treba poznavati kapacitet zemljišta za lakopristupačnu vodu u zoni aktivne rizosfere, meriti padavine neposredno na parceli, a u slučaju ekstremno visokih padavina obračunati proceđenu vodu. Ukoliko je nivo podzemne vode plitak, u obzir se uzima njen uticaj na snabdevanje biljaka vodom.,-

U literaturi se sreću brojne metode za obračun potencijalne evapotranspiracije. Najčešće se primenjuju jednostavni obračuni, formulama, čije su osnove meteorološki i drugi elementi. Formule imaju veliku praktičnu vrednost, ali su lokalnog karaktera.

Vučić (1971 i 1973) je utemeljio bioklimatski metod za svakodnevni obračun utroška vode na potencijalnu evapotranspiraciju primenom bioklimatskih koeficijenata.

Vučić i Bošnjak (1980) su za naše uslove utvrdili bioklimatski indeks soje u odnosu prema temperaturi, odnosno hidrofitermički indeks, koji iznosi 0,16 do 0,17. Kasnije je Bošnjak (1983a) detaljnom analizom utvrdio vrlo visoku zavisnost potencijalne evapotranspiracije soje od temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, deficita zasićenosti vazduha vodenom parom, dužine solarne insolacije i globalnog zračenja. Ovi meteorološki elementi mogu biti pouzdana osnova za obračun potencijalne evapotranspiracije soje. Stoga su utvrdjeni hidrofitermički indeksi soje u odnosu na navedene meteorološke elemente (Tabela 11.3). Oni pokazuju koliko milimetara vode soja troši na nivou potencijalne evapotranspiracije za svaku jedinicu srednje dnevne vrednosti meteorološkog elementa.

Tabela 11.3

Hidrofitermički indeksi soje

Mesec	Temperatura vazduha	Deficit zasićenosti	Relativna vlaž. vazduha	Trajanje sisanja sunca	Globalno zračenje
V	0,11	0,33	0,02	0,21	0,49
VI	0,17	0,50	0,05	0,42	1,78
VII	0,18	0,52	0,05	0,46	1,94
VIII	0,17	0,53	0,05	0,43	2,04
IX	0,11	0,39	0,02	0,29	1,53
Prosek za vegetaciju	0,15	0,45	0,04	0,37	1,65
Prosek za VI, VII i VIII	0,17	0,52	0,05	0,44	1,93

Primenom jednog ili više meteoroloških elemenata u obračunu potencijalne evapotranspiracije dobijaju se dobri rezultati. Međutim, ovom postupku se zamera, da se preko pojedinačnih elemenata ne može sagledati sveukupnost delovanja spoljne sredine na potrošnju vode od strane biljaka. Stoga se predlaže korišćenje evaporacije vode iz evaporimetara, kao osnove za obračun potencijalne evapotranspiracije, jer se preko nje na najbolji način indirektno obuhvata kompleksno delovanje svih meteoroloških elemenata na potrošnju vode od strane biljaka.

Iako nema sličnosti između evaporimetara i zemljišta pokrivenog vegetacijom, konstatovana je visoka korelacija između evaparacije iz evaporimetara i potencijalne evapotranspiracije (Bošnjak, 1983a; 1984). Stoga su za naše uslove utvrdjeni korekcionni indeksi potencijalne evapotranspiracije soje u odnosu na evaporaciju iz evaporimetara Clase A, Wild-a i Pich-a lociranih na meteorološkoj stanici, kao i u odnosu na evaporimetre Clase A locirane na parceli pored useva kukuruza, u usevu soje sa i bez navodnjavanja (Tabela 11.4).

Tabela 11.4

Korekcionni indeksi potencijalne evapotranspiracije soje u odnosu na evaporaciju iz evaporimetara

Mesec	Klasa A Met. stanica	Wild Met. stanica	Pich Met. stanica	Klasa A Pored kukuruza	Klasa A U soji sa nav.	Klasa A U soji bez nav.
V	0,37	0,77	0,28	0,37	0,37	0,37
VI	0,63	1,55	0,59	0,65	0,65	0,65
VII	0,69	1,47	0,66	0,82	0,86	0,86
VIII	0,64	1,56	0,64	0,94	1,19	1,19
IX	0,50	1,26	0,44	0,67	0,81	0,81
Prosek za vegetaciju	0,57	1,32	0,51	0,71	0,73	0,73
Prosek za VI, VII i VIII	0,65	1,53	0,63	0,80	0,90	0,90

Jednostavnim postupkom može se obračunavati dnevna potencijalna evapotranspiracija soje, primenom utvrđenih hidrofitermičkih indeksa, ili korekcionnim indeksom potencijalne evapotranspiracije u odnosu na evaporaciju iz evaporimetara. Potrebno je poznavati srednje dnevnu vrednost jednog od meteoroloških elemenata, ili visinu evaporacije iz evaporimetara, koja može da se uzme sa najbliže meteorološke stanice, ili da se meri neposredno na gazdinstvu i pomoću formule se obračunava potencijalna evapotranspiracija.

$$ETP = Me \times k \text{ ili } ETP = Eo \times ki$$

ETP = dnevna potencijalna evapotranspiracija (mm)

Me = dnevna vrednost meteorološkog elementa

k = hidrofitermiološki indeks

Eo = dnevna evaporacija iz evaporimetara (mm)

ki = korekcionni indeks potencijalne evapotranspiracije u odnosu na evaporaciju iz evaporimetara

Postoji više mogućnosti za obračun dnevne potencijalne evapotranspiracije. Međutim, osnovni je princip da se koristi najjednostavniji postupak, koji obezbeđuje potrebnu tačnost. Za naše uslove najprihvatljivije je koristiti hidrofitermiološke indekse u odnosu prema temperaturi tzv. hidrofitermičke indekse, koji pokazuju koliko milimetara vode troši soja za svaki stepen srednje dnevne temperature. Ova metoda je kod nas eksperimentalno verifikovana i tačnost joj je na nivou zalivnog režima prema vlažnosti zemljišta. U praksi je prihvaćena, ne samo zbog svoje jednostavnosti, nego i zato što je do vrednosti srednje dnevne temperatura lako doći, bilo da se mere termografom neposredno na imanju, ili da se uzima sa najbliže meteorološke stanice. Pored toga vrednosti srednje dnevne temperatura se ne razlikuju značajnije u pojedinim lokalitetima šireg prostora Vojvodine.

Kada se utvrdi dnevna potencijalna evapotranspiracija, svakodnevno se bilansira stanje sadržaja lakopristupačne vode u zemljištu sa pozicija priliva i utroška u cilju određivanja vremena zalivanja. Bilansiranjem se vrlo jednostavno, tabelarno ili grafički, evidentira stanje sadržaja lakopristupačne vode i kada se njene rezerve svedu na minimum, pristupa se zalivanju (Tabela 11.5 i Slika 11.5).

Prilikom obračuna vodnog bilansa u obzir se uzimaju padavine, dodaju se rezervi lakopristupačne vode. Ukoliko su padavine veće od kapaciteta zone aktivne rizosfere zemljišta za lakopristupačnu vodu, koja za soju iznosi 60 cm, neophodno je obračunati procedenu vodu u dublje slojeve. Visoki i stabilni prinosi se postižu pri optimalnoj vlažnosti u zoni aktivne rizosfere. Kada se ta voda utroši, biljke koriste teže pristupačne oblike i kategorije vode iz aktivne rizosfere, kao i vodu iz dubljih slojeva zemljišta na uštrb umanjena prinosa.

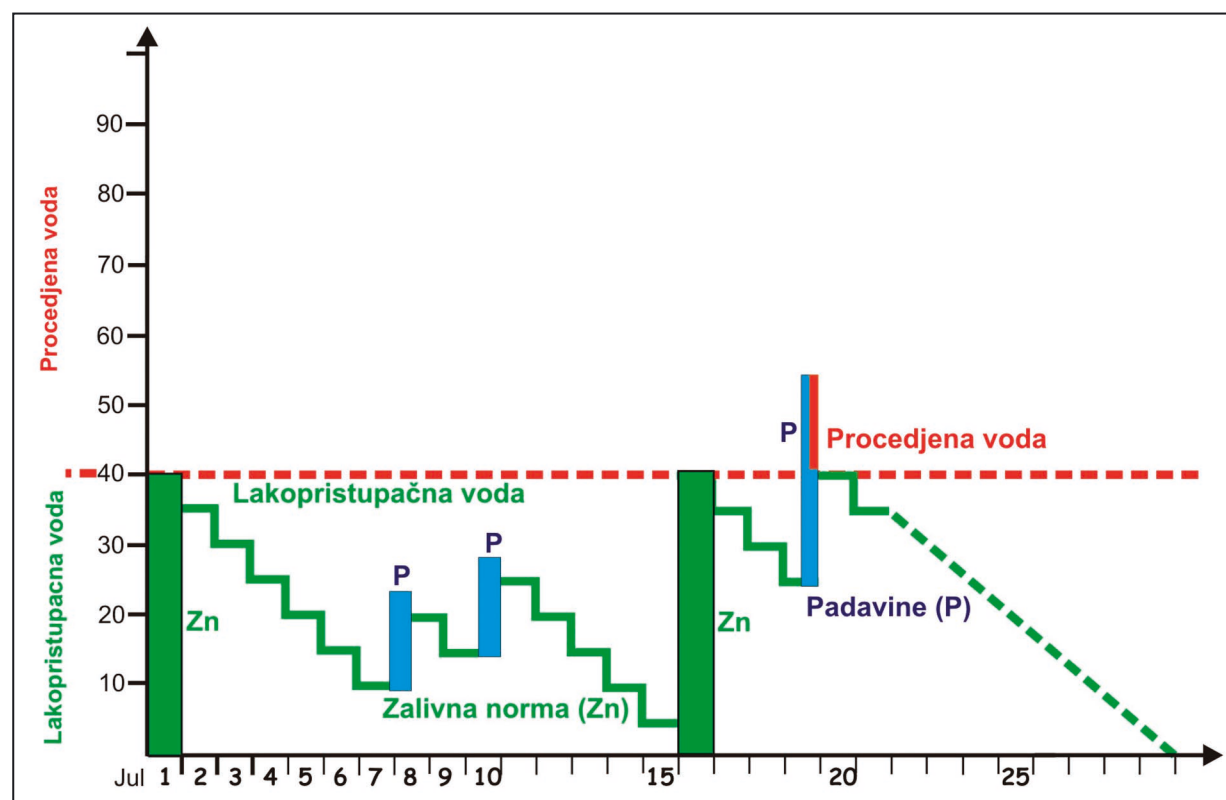
Tabela 11.5

Primer tabelarnog obračuna vodnog bilansa kao osnove zalivnog režima (Bošnjak, 1993)

Datum	Temperatura (°C)	Dnevna ETP (mm)	Padavine, Zalivanje (mm)	Lakoprisup. voda (mm)	Proced. voda (mm)
1.VII	23,5	4,2	40,0z	40,0	
2.	24,1	4,3		35,8	
3.	23,2	4,2		31,5	
4.	22,1	4,0		27,3	
5.	24,2	4,3		23,3	
6.	23,1	4,2		19,0	
7.	22,5	4,0		14,8	
8.	20,0	3,6	10,5p	10,8	
9.	21,8	3,9		17,2	
10.	19,5	3,5	12,0p	13,3	
11.	22,1	4,0		21,8	
12.	23,5	4,2		17,8	
13.	22,1	4,1		13,6	
14.	23,4	4,2		9,5	
15.	20,0	3,6		5,3	
16.	22,1	4,0	40,0z	1,7	
17.	23,4	4,2		37,7	
18.	19,9	3,6		33,5	
19.	18,1	3,3	24,0p	29,1	
20.	20,0	3,6		40,0	9,8
				36,4	

Slika 11.5.

Grafički prikaz vodnog bilansa kao osnove zalivnog režima



EFEKAT NAVODNJAVANJA NA PRINOS I KVALITET SOJE

U promenljivim klimatskim uslovima, koji karakterišu Vojvodinu, prinosi poljoprivrednih useva variraju iz godine u godinu i u direktnoj su zavisnosti od količine i rasporeda padavina. Tako efekti navodnjavanja na povećanje prinosa mogu biti vrlo različiti, što je slučaj i sa sojom (Tabela 11.6).

Korišćeni su rezultati višegodišnjih ispitivanja. U ogledu su bile po dve vodeće sorte iz 0, I i II grupe zrenja, čiji su prinosi prikazani na nivou opšteg proseka. Efekat navodnjavanja na povećanje prinosa može se posmatrati za više potperioda. U periodu od 1977 do 1984. godine navodnjavanje je povećalo prinos soje za 323 do 720 kgl/ha ili 10,1 do 29,5%, što se slaže sa rezultatima više autora (koje navodi Vučić 1976) da navodnjavanje u našim uslovima povećava prinos soje do 30%.

Tabela 11.6

Efekat navodnjavanja na povećanje prinosa soje (Bošnjak. 1996a)

Godina	Prinos sa navodnjavanjem (t/ha)	Prinos bez navodnjavanja (t/ha)	Efekat navodnjavanja	
			(t/ha)	%
1977	3,534	3,211	0,323	10,1
1978	3,527	2,919	0,608	20,8
1979	2,861	2,320	0,541	23,3
1980	3,088	2,704	0,384	14,2
1981	3,115	2,405	0,710	29,5
1982	3,482	3,037	0,445	14,6
1983	3,143	2,698	0,445	16,5
1984	3,863	3,143	0,720	22,9
1985	2,589	1,799	0,790	43,9
1986	3,369	2,742	0,627	22,9
1987	3,865	2,800	1,065	38,0
1988	3,723	2,705	1,018	37,6
1989	3,380	2,510	0,870	34,7
1990	4,164	0,951	3,213	337,8
1991	3,943	4,085	-0,142	-
1992	4,243	2,561	1,682	65,7
1993	4,644	2,820	1,824	64,7
1994	4,840	3,186	1,654	51,9
Prosek	3,632	2,700	0,932	34,5

Međutim, u narednom periodu postignut je znatno veći efekat navodnjavanja na povećanje prinosa soje, jer je u pojedinim godinama bilo znatno manje padavina od višegodišnjeg proseka. Godina 1990. je bila izrazito sušna, proglašena je elementarnom nepogodom. U kontroli je ostvaren vrlo nizak prinos, tako da je navodnjavanje povećalo prinos soje preko četiri puta, što nije zabeleženo ranijim istraživanjima. Sasvim suprotna bila je 1991. godina, kada je bilo dovoljno padavina sa povoljnim rasporedom, tako da su biljke bile obezbeđene lakopristupačnom vodom, odnosno vlažnost zemljišta bila je iznad tehničkog minimuma tokom celog perioda vegetacije, te nije obavljeno ni jedno zalivanje, a prinosi su bili vrlo visoki i na istom nivou u obe kombinacije tretmana. Poslednjih godina u uslovima navodnjavanja postignuti su vrlo visoki prinosi soje preko 4 t/ha. U trogodišnjem periodu od 1992 do 1994. godine povećanje prinosa iznosilo je od 51,9 do 65,7%.

Navodnjavanje doprinosi poboljšanju kvaliteta zrna soje. Ne samo kod soje, već uopšte, pitanje uticaja navodnjavanja na kvalitet proizvoda je stalno aktuelno. Od poslednjeg zalivanja do žetve potrebno je određeno vreme da se procesi zrenja obave normalno. U promenljivim klimatskim uslovima, padavine u periodu zrenja nepovoljno utiču na kvalitet proizvoda, što je na navodnjavanim površinama izraženije, jer padavine posle poslednjeg zalivanja izrazitije pogoršavaju kvalitet zrna soje. Navodnjavanje smanjuje sadržaj ulja u zrnu.

U našim uslovima sadržaj ulja može biti manji do 1,5% u odnosu na nenavodnjavanu soju. Međutim, sadržaj proteina, zbog čega se soja prvenstveno gaji, u uslovima navodnjavanja je veći do 2,5%. Poseban efekat navodnjavanja je na povećanje mase 1000 zrna, koja je značajan element kvaliteta soje, odnosno značajna komponenta prinosa. U izrazito sušnim godinama, kod pojedinih sorti u uslovima navodnjavanja, masa 1000 zrna može biti veća do 80 pa i 100 grama. Takođe semenski kvaliteti, energija klijanja i ukupna klijavost, su visokih i stabilnih vrednosti kod navodnjavane soje bez obzira na uslove godine (Bošnjak, 1987).

NAČINI NAVODNJAVANJA I REALIZACIJA RACIONALNOG ZALIVNOG REŽIMA

Mada se navodnjavanje primenjuje od davnina, problem realizacije racionalnog režima navodnjavanja sa aspekta norme zalivanja i danas je vrlo aktuelan, ne samo kod soje, već i kod drugih poljoprivrednih biljaka. To je normalno, jer su se usavršavali načini navodnjavanja, usavršavala se tehnika i oprema za navodnjavanje. Svako novo rešenje otklanjalo je brojne postojeće nedostatke, a istovremeno otvaralo nove probleme.

Najpre su primenjivani površinski načini navodnjavanja i to limano plavljenje ili potapanje, jer se činilo da se njime zemljište najbolje kvasi. Njih su zamenile brazde i prelivanje, koje se danas primenjuju na preko 80% navodnjavanih površina u svetu. Zbog otežane raspodele vode, norme zalivanja su bile neuobičajeno velike, a koeficijent iskorišćavanja mali 0,3 do 0,4 (Maslovarić i Nestorova, cit. Vučić 1976). Navodnjavanje su pratile neželjene posledice: ispiranje hraniva, zabarivanje, zaslanjivanje, sabijanje zemljišta, pogoršanje infiltracije itd.

Problemi prevelike zalivne norme su izraženi kod klasičnih sistema za površinska navodnjavanja, tamo gde se voda na parcelu dovodi otvorenim dovodnim, podeonim i razvodnim kanalima, ili kanalima I, II i III reda. Danas su postignuta takva rešenja da na savremenim sistemima za površinska navodnjavanja nema kanala. Voda se dovodi na parcelu podzemnim cevima, a zatim distribuira tzv. "prenosnim zalivnim cevovodom" ili pak lakim metalnim cevima. Na njima su otvori za upuštanje vode u brazde ili prelivne leje, kojima se dozira norma zalivanja i reguliše protok i jačina zalivne struje. Prenose se lako i brzo na narednu radnu poziciju, tako da rešavaju probleme dužine brazda i prelivnih leja. Najsavremeniji sistemi za površinska navodnjavanja poseduju opremu sa potpunom automatizacijom navodnjavanja.

Soja se kao usev širokoredne setve, navodnjava brazdama, koje se izvlače neposredno pre sklapanja redova. Zemljište treba da je besprekorno ravno sa blagim padom u jednom pravcu. Kod klasičnih sistema, gde se voda dovodi i raspoređuje

otvorenim kanalima, norme zalivanja su 80 do 100 mm, jer je teško realizovati manje norme. Sa poboljšanom tehnikom mogu se realizovati manje norme od 50 do 80 mm. Navodnjavanje brazdama ima niz nedostataka u odnosu na veštačku kišu, koja je jedina zastupljena na navodnjavanim površinama Vojvodine, što ne znači da i kod nje nema problema.

Veštačka kiša, kao način navodnjavanja, se počela primenjivati dvadesetih godina prošlog veka. Prvi uređaji su bili na točkovima, jer su cevi bile od gvožđa, teške, sa krutim spojkama. Kasnija izrada cevi od lakih legura aluminijuma i cinka sa "brzim" spojkama, omogućuju da se navodnjavanje veštačkom kišom sve više primenjuje u široj proizvodnji. Prvo su korišćena prenosna kišna krila, potom se uvode pokretna kišna krila na točkovima, kao i pojedinačni dalekometni rasprskivači. Danas se intenzivno širi najsavremenija oprema, za koju se smatra da neće biti prevaziđena u pogledu tehničkih rešenja za narednih 20 do 30 godina. Reč je o širokozahvatnoj samohodnoj opremi, tipa centralno stožernih i linearnih mašina, koje su kod nas zastupljene na značajnim površinama.

Kod prenosnih, kao i kod pokretnih kišnih krila tipa BK i kišnih krila na šasiji tipa "Boom", normu zalivanja je moguće vrlo precizno dozirati i realizovati. Kada se prokvasi sloj aktivne rizosfere, koja je u sloju 40 do 60 cm, ova oprema se premešta na narednu radnu poziciju. Veličina norme zalivanja zavisi od vodnofizičkih svojstava zemljišta i njegovog kapaciteta za lakopristupačnu vodu. Nešto složenije, ali opet jednostavno, realizaciju norme zalivanja omogućuje mašina tipa "Tifon" koja je opremljena jednim dalekometnim rasprskivačem tzv. "topom", koji se u poslednje vreme zamenjuje kišnom rampom (40 do 60 m) sa rasprskivačima ili sprej diznama.

Problem režima navodnjavanja, sa aspekta norme zalivanja, najoštrije je izražen kod širokozahvatnih samohodnih mašina, koje se za vreme zalivanja kreću po navlaženom zemljištu. Sa njima se u većini slučajeva u jednom proходу ne može realizovati količina vode koja prokvašava zonu aktivne rizosfere. U zavisnosti od uslova u jednom proходу se može realizovati 20 do 30 mm eventualno 40 mm taloga, što upućuje na činjenicu da se u takvim uslovima mora menjati režim navodnjavanja. Stoga je postavljen zadatak da se sa aspekta primene različitih normi zalivanja, uključujući i plića prokvašavanja zemljišta, utvrdi najmanja dubina zemljišta u kojoj je navodnjavanjem neophodno održavati optimalnu vlažnost, pod uslovom da se postiču visoki i stabilni prinosi.

Istraživanja su obavljena na Oglednom polju Rimski Šančevi, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. U ogledu su bile zastupljene tri kombinacije navodnjavanja sa normom zalivanja 20, 40 i 60 mm, odnosno prokvašavan je sloj zemljišta 20, 40 i 60 cm. U zemljištu je održavano stalno prisustvo lakopristupačne vode. Vreme zalivanja je određivano primenom vodnog bilansa korišćenjem hidrofitermičkog indeksa za soju 0,16. Navodnjavanje je vrlo značajno povećalo prinos ispitivanih sorti soje, dok razlike između pojedinih kombinacija zalivanja nije bilo (Tabela 11.7).

Tabela 11.7

Prinos zrna soje (t/ha) u zavisnosti od sorte i norme zalivanja (Bošnjak, 1996b)

Godina	Sorta	Norme zalivanja (mm)				AB	A	
		20 mm	40mm	60mm	Kontrola			
1991	Bačka	3.650	4.234	4.145	4.110	4.035	3.893	
	Balkan	3.999	4.297	4.046	4.208	4.138		
	Vojvodanka	3.302	3.297	3.490	3.938	3.544		
AC		3.650	3.943	3.894	4.085			
1992	Bačka	3.462	3.414	3.489	2.198	3.141	3.749	
	Balkan	4.187	4.352	4.477	2.756	3.943		
	Vojvodanka	4.336	4.964	4.757	2.594	4.163		
AC		3.995	4.243	4.24	2.516			
1993	Bačka	4.368	4.165	4.296	2.651	3.870	4.124	
	Balkan	4.295	4.162	4.56	2.632	3.901		
	Vojvodanka	4.891	5.211	5.120	3.176	4.600		
AC		4.518	4.513	4.644	2.820			
1994	Bačka	5.159	4.669	4.761	3.408		4.541	
	Balkan	5.232	4.775	4.557	2.956			
	Vojvodanka	5.532	5.046	5.202	3.193			
AC		5.308	4.830	4.840	3.186	B		
BC		4.159	4.121	4.173	3.092	3.886		
		4.428	4.396	4.399	3.138	4.091		
		4.515	4.630	4.642	3.225	4.269		
C		4.368	4.382	4.405	3.152			
LSD	%	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
	5	0.208	0.191	0.132	0.381	0.264	0.228	0.457
	1	0.229	0.259	0.175	0.518	0.350	0.303	0.607

Za soju je dovoljno održavati optimalnu vlažnost zemljišta u sloju 20 cm dubine, odnosno najbolje je zalivnom normom prokvašavati oranični sloj zemljišta. Međutim, u takvim uslovima treba primenjivati odgovarajući režim navodnjavanja što pokazuje utrošak vode na evapotranspiraciju (Tabela 11.8). Norma navodnjavanja u svim kombinacijama bila je na istom nivou u pojedinim godinama. Međutim, režim navodnjavanja se bitno razlikuje u pogledu broja zalivanja i obrnuto je proporcionalan normi zalivanja. U stvari, režim navodnjavanja je neophodno uskladiti sa normom zalivanja.

Tabela 11.8

Evapotranspiracija soje (mm) u zavisnosti od norme zalivanja (Bošnjak, 1996b)

Godina	Zalivna norma (mm)	Predvegetacione rezerve (mm)	Padavine (mm)	Norma navodnjavanja (mm)	Broj zalivanja	Ukupno
1991	20	65.0	427.9	-	-	492.9
	40					
	60					
	∅					
1992	20	111.1	181.7	160	8	458.8
	40	109.8	181.7	160	4	451.5
	60	121.4	181.7	180	3	483.1
	∅	225.9	181.7	-		407.6
1993	20	79.0	222.6	200	10	501.6
	40	89.9	222.6	200	5	512.5
	60	66.9	222.6	240	4	529.5
	∅	221.5	222.6	-		444.1
1994	20	86.9	297.5	140	7	524.4
	40	67.7	297.5	160	4	525.2
	60	49.0	297.5	180	3	526.5
	∅	166.0	297.5	-		463.5

NAVODNJAVANJE SOJE KAO USEVA DRUGE I POSTRNE SETVE

Soja je usev kratke vegetacije, posebno ranostasnije sorte pružaju izvanredne mogućnosti gajenja kao drugog useva za zrno i postrnog useva za zrno ili zelenu masu. Kao drugi usev soja se može gajiti posle ranih preduseva, koji napuštaju njivu tokom maja i juna. To su neke povrtarske vrste, od kojih je najznačajniji konzumni grašak na većim zalivnim sistemima. Takođe treba naglasiti u slučaju vremenskih nepogoda (poplava, grada), koji unište useve prolećne setve, onda setvom ranostasnijih sorti soje tokom maja i juna može se dobiti zrno u toj godini.

Posle žetve strnine, koje se gaje na oko milion hektara u našoj zemlji ostaje 70-100 dana a u nekim godinama i duži period do pojave prvih jesenjih mrazeva. Taj period u uslovima navodnjavanja može da se iskoristi za gajenje postrnih useva, gde soja daje dobre rezultate. Najveća želja ratara je dobijanje dva useva u zrnu u jednoj godini. Za sazrevanje ranostasnih sorti soje, pored povoljne vlažnosti zemljišta, koja se obezbeđuje navodnjavanjem, potrebna je suma temperatura preko 2050°C (Šiškov, cit. Vučić 1976). Treba računati samo bioklimatske temperature veće od 10°C ili 12°C, koje su neophodne za normalno sazrevanje soje u jesenjem periodu.

Za sazrevanje nisu dovoljne biološke temperature veće od 5°C, a temperature ispod 0°C, mrazovi prekidaju vegetaciju soje.

Pojava mraza i trajanje bioklimatskih temperatura nema pravilnosti u našim uslovima. Prvi jesenji mraz se javlja u proseku u drugoj dekadi oktobra, bilo je godina da su se mrazovi javili i početkom septembra, kada prestaje vegetacija soje. U takvim slučajevima ni više temperature od bioklimatskih u septembru i oktobru nemaju značaja za dozrevanje soje. Međutim u pojedinim godinama mogu biti duge i tople jeseni sa pojavom prvog mraza u novembru, što je posebno povoljno za zrenje soje.

Ako se uzme da je žetva strnina početkom jula, onda se setva soje u najboljem slučaju može obaviti do kraja prve dekada jula. Žetva strnina može biti i ranija u nekim godinama, ali se pošlo od prosečnih uslova da bi se sagladalo raspoloživa suma bioklimatskih temperatura za vegetacioni period postrne soje.

jul	21 dan	21,4°C = 449°C
avgust	31 dan	21,0°C = 651°C
septembar	30 dana	17,2°C = 516°C
oktobar	15 dana	12,3°C = 184°C

Ukupno		1800°C

U proseku za postrnu soju u našim uslovima obezbeđena je suma bioklimatskih temperatura oko 1800°C. Od proseka ima odstupanja, u zavisnosti od pojava prvog jesenjeg mraza, tako da suma bioklimatskih temperatura varira od 1500-1600 do 2100-2200°C u pojedinim godinama. Što znači da zavisi od uslova godine, soja može imati dovoljnu sumu temperatura za zrenje, a u nekim godinama deficit može biti vrlo visok i do 500-600°C.

Prve rezultate o uspešnoj proizvodnji zrna soje u postrnoj setvi publikovao je Vučić (1981) na osnovu oglada u 1979. godini izvedenih na Oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Rimskim Šančevima (Tabela 11.9).

Tabela 11.9

Soja u postrnoj setvi u 1979. godini (Vučić, 1981)

Sorta	Gr. zrenja	Br. biljaka (000)	Prinos (t/ha)	Visina biljaka (cm)	Br. mahuna	Vlažnost zrna (%)	Ulje (%)	Proteini (%)	Masa 1000 zrna (g)
Wilkin	0	853	2,640	51	11	16,9	12,5	42,9	135,4
Šafarova	00	530	1,860	49	12	14,4	13,0	38,0	129,1
Altona	00	657	3,040	50	13	16,3	11,7	42,4	156,7

Soja je posejana 13. jula, žetva je bila 26. oktobra, utvrđeno je moguće sazrevanje, što pokazuju elementi kvaliteta zrna, takođe je prinos bio dobar, na nivou soje u redovnoj setvi bez navodnjavanja. Međutim, u narednoj 1980. godini postignuti su znatno niži prinosi, a soja nije sazrela, jer je vlažnost zrna bila visoka 50% i više, mada je žetva bila 7. novembra. Možemo konstatovati da je proizvodnja zrna soje u postrnoj setvi nesigurna u našim uslovima svake godine. Kada soja ne sazri u potpunosti, može se iskoristiti kao zelena masa za spravljanje silaže, posebno je pogodna da se meša sa drugim krmnim usevima. Ona poboljšava kvalitet silaže obzirom na sadržaj proteina i ulja. Vučić je (1981) konstatovao da se mogu postići preko 15 t/ha prinosi zelene mase soje. Kasnije Bošnjak i Dragović (1998) na osnovu višegodišnjih rezultata su utvrdili da se u našim uslovima u postrnoj setvi može postići prinosi zelene mase od 14,8 do 29,0 t/ha dok je prosek na nivou 21-22 t/ha.

Soja je posebno interesantna za setvu tokom juna, kada ima velike izgleda za uspešnu proizvodnju zrna. U uslovima navodnjavanja soja se proizvodi kao usev druge setve za zrno posle kombajniranja konzumnog graška kao i krmnih smeša na manjim površinama, koje se sukcesivno skidaju tokom juna, tako da soji ostaje na raspolaganju veća suma temperatura, te da bi se postigli dobri rezultati, potreban je značajki izbor sorte.

Prema podacima (M.Pantovića, koje navodi Vučić 1981) na proizvodnoj parceli PIK-a Bečej površine 20 ha soja sorte Wilkin je posejana 10. juna 1975. godine, kombajnirana je 30.septembra, dala je prinos 2,264 t/ha čija je vlažnost zrna bila 11,5%. Takođe isti autori navode rezultate druge setve soje obavljene 14. jula čija je žetva bila 12. oktobra. Bilo je zastupljeno jedanaest sorti i linija iz I, 0, 00, 000 – grupe zrenja, postignut je prinos od 1,583 – 2.605 t/ha, vlažnost zrna je varirala od 9,6 – 15,7%. Sorte duže vegetacije dale su veće prinose i imale su veću vlažnost zrna, koja je bila na nivou pune zrelosti. Može se konstatovati da se do polovine juna mogu sejati sorte soje iz prve grupe zrenja, a kasnije sve do 25. juna, sa sortama kraće vegetacije sigurno se može dobiti zrno soje, jer u našim uslovima i u najnepovoljnijim godinama obezbeđene su sume bioklimatskih temperatura za potpuno zrenje soje. U slučaju nekih ekstremno nepovoljnih uslova, vlažnost zrna u procesima zrenja može dostići nivo 30-40%, tada se može primeniti desikacija soje u jesenjem periodu, kojom zrno ubrzano gubi vlagu i prisilno sazreva. Kasnija setva je rizična, jer se ne može očekivati da će soja sigurno sazreti svake godine. Danas postoje sorte soje kraće vegetacije, među kojima se posebno ističu novosadske kreacije, čija je dužina vegetacije iz 0-grupe 100-110 dana, 00-grupe 90-100 i 000-grupe 85-90 dana.

Soja gajena u drugoj i postrnoj setvi intenzivno se razvija u letnjim mesecima, kada su temperature visoke, pa su i evapotranspiracioni zahtevi sredine veliki, da bi se uravnotežio energetska bilans sredine, soja troši velike količine vode na evapotranspiraciju. Takođe letnji period je redovno oskudan padavinama pa je navodnjavanje obavezno, tim pre što su i rezerve vlage u zemljištu često minimalne, jer je vodu utrošio predusev.

Potrebe soje za vodom u drugoj i postrnoj setvi su znatno manje, za oko trećinu manje u odnosu prema soji u redovnoj setvi. Međutim, norma navodnjavanja je ista, a u nekim godinama može biti i nešto veća. Potrebe za vodom variraju u širokom rasponu od 250 do 350 mm što zavisi od roka setve i vremenskih uslova godine. Kod proizvodnje zrna u drugoj setvi potencijalna evapotranspiracija je 300-350 mm, a kod postrne setve je 250-300 mm.

Kod useva druge i postrne setve, pa i kod soje primenjuje se zalivni režim po turnusima u modifikacionom obliku, gde se u obzir uzimaju padavine i u zavisnosti od količine padavina zalivanje se odlaže za određeni broj dana. Može se primenjivati u našim uslovima, jer su u letnjem periodu evapotranspiracioni zahtevi visoki (visoke su temperature), a period je redovno oskudan padavinama. Pored toga postupak je jednostavan, obezbeđuje potrebnu tačnost, što je eksperimentalno provereno (Vučić, 1981; Bošnjak, 1999) stoga je prihvatljiv za stručnjake i praktičare.

Prvo zalivanje se obavlja pre ili posle setve, što zavisi od uslova. Kada je zemljište suvo posebno težeg mehaničko testurnog sastava obavljaju se predsetvena zalivanja i uvek po potrebi kod površinskih načina navodnjavanja, koriste se brazde ili prelivne leje preduseva. Prednosti predsetvenih zalivanja su kvalitetnija obrada zemljišta, predsetvena priprema i setva. Nedostatci velike zalivne norme, a eventualne padavine posle zalivanja odlažu setvu.

Kod nas je navodnjavanje orošavanjem, te se uglavnom obavljaju posle setvena zalivanja, obzirom da je teškom mehanizacijom izvodljiva nasilna obrada zemljišta u slučaju suše. Obavlja se normom zalivanja 30 mm, što je dovoljno za bubrenje, klijanje i nicanje semena. Kasnija zalivanja se obavljaju po turnusima u modificiranom obliku sa normom zalivanja 30-50 mm. Posle setve norme su 30 mm kasnije 50 mm, dužina turnusa je 6-10 dana. Soji u drugoj i postrnoj setvi treba obezbediti 5 mm vode dnevno. U slučaju padavina zalivanja se pomeraju i odlažu. Padavine manje od 5 mm u jednom danu ne remete dužinu turnusa i zalivanja se sprovode kao da nije bilo kiše. Kod većih padavina naredno zalivanje se odlaže jedan dan za svakih 5 mm kiše. Ako padne kiša jednaka ili veća od norme zalivanja naredno zalivanje se pomera za jedan turnus od dana kada su bile padavine, odnosno padavine se računaju kao da je tada bilo zalivanje. Ekstremno visoke padavine se proceđuju u dubinu, prokvašavaju dublje slojeve zemljišta, a za visoke prinose optimalnu vlažnost je neophodno održavati u zoni aktivne rizosfere iz koje se voda utroši za jedan turnus.

Navodnjavanje soje je značajno u našem pedoklimatu gde su vremenski uslovi promenljivi, nestabilni i nepredvidivi što se prvenstveno odnosi na padavine, kako po količini, tako i po rasporedu. Za visoke i stabilne prinose padavine soji ne obezbeđuju potrebne količine vode, čija je ukupna potencijalna evapotranspiracija 450-500 mm, a mesečne vrednosti su u aprilu do 40 mm, maju 30-60 mm, junu 90-100 mm, julu 110-125 mm, avgustu 100-120 mm i septembru 50-80 mm.

U redovnoj setvi najpouzdanije je primenjivati zalivni režim prema vlažnosti zemljišta, pri čemu je tehnički minimum 60-65% od PVK. U praksi se najčešće koristi zalivni režim prema kritičnim periodima, gde bi u fazi cvetanja i nalivanja zrna trebalo održavati optimalnu vlažnost zemljišta. U poslednje vreme pruža se mogućnost primene vodnog bilansa, kao osnove zalivnog režima, pri čemu se svakodnevno obračunava stanje sadržaja lakopristupačne vode u zoni aktivne rizosfere zemljišta sa pozicije priliva i utroška. Kada se njene rezerve svedu na minimum pristupa se zalivanju. Obračun dnevnog utroška vode na potencijalnu evapotranspiraciju se obavlja bioklimatskim postupkom primenom hidrofitemeteoroloških indeksa, koji su utvrđeni za soju u našim uslovima. Takođe, može se primenjivati evaporacija sa slobodne vodene površine iz evaporimetara, pošto su utvrđeni korekcionni indeksi evapotranspiracije u odnosu na evaporimetre. Preporučuje se korišćenje srednje dnevnih temperatura i hidrofitermičkih indeksa, postupak je jednostavan, prihvatljiv za praksu i daje potrebnu tačnost.

Efekat navodnjavanja na povećanje prinosa soje može biti različit od skromnog do vrlo visokog, što zavisi od uslova godine, prvenstveno količina i rasporeda padavina. Ustvari navodnjavanje stabilizuje prinose na visokom nivou i poboljšava kvalitet zrna soje.

U uslovima navodnjavanja soja je vrlo interesantna za dobijanje dve žetve godišnje. Gaji se kao drugi ili postrni usev za zrno ili zelenu masu. Potrebe za vodom su joj manje za oko trećinu u odnosu na redovnu setvu, dok je norma navodnjavanja ista, a ponekad i veća. Potencijalna evapotranspiracija soje kao drugog useva je 300-350 mm i postrnog 250-300 mm. Prvo zalivanje se obavlja po potrebi posle setve, a naredna po turnusima u modificiranom obliku, u obzir se uzimaju padavine pa se naredna zalivanja odlažu jedan dan za svakih 5 mm kiše. Ukoliko padne veća kiša naredno zalivanje se odlaže najduže za jedan turnus, računajući padavine kao da je tada obavljeno zalivanje. Ustvari soja utroši lakopristupačnu vodu iz aktivne rizosfere za jedan turnus, gde je zalivanjem potrebno održavati optimalnu vlažnost za visoke prinose soje.

LITERATURA

Allison, EL, Roller, LM. i Raney, WA. (1958): Relationship between evapotranspiration and yields of crops grown in lysimeters receiving natural rainfall. *Agron. J.* 50: 506-511.

Bošnjak, Đ. (1978): Uticaj zalivnog režima na fenološke pojave i morfološke karakteristike sorti soje različite dužine vegetacije i njihov odnos prema prinosu. *Zbornik za prirodne nauke Matice Srpske*, 56: 79-93.

Bošnjak, Đ. (1983a): Evaporacija sa slobodne vodene površine kao osnova zalivnog režima i njen odnos prema HP kukuruza i soje. Doktorska disertacija (odbranjena 1. X 1982) objavljena u skraćenoj verziji. *Arhiv za polj. nauke* 44, 155: 323-344.

Bošnjak, Đ. (1983b): Zavisnost potencijalne evapotranspiracije soje od meteoroloških elemenata u agroekološkim uslovima Vojvodine. *Savremena poljoprivreda*, 31, 5-6: 217-232.

Bošnjak, Đ. (1984): Evaporacija u zavisnosti od tipa evaporimetra kao osnova za obračun ETP u Vojvodini. *Vodoprivreda*, 16, 87: 3-6.

Bošnjak, Đ., Dobrenov, V. (1986): Vodni bilans i efekt navodnjavanja kukuruza. *Zbornik radova Poljoprivrednog fakulteta, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, 331-336.

Bošnjak, Đ. (1987): Potrebe za vodom i zalivni režim soje. *Nauka u proizvodnji, Osijek*, 15: 47-56.

Bošnjak, D. (1988): Evapotranspiration rate depending on pre-irrigation soil moisture and its relation with soybean yield. *ICID, Proc. vol. 2: 11-15*.

Bošnjak, Đ. (1993): Evapotranspiracija i prinos soje u klimatskim uslovima Vojvodine. "Korišćenje i održavanje meloracionih sistema", Posebna publikacija, Beograd, 139-144.

Bošnjak, Đ. (1996a): Potrebe za vodom i realizacija racionalnog zalivnog režima soje. *Vodoprivreda* 28: 55-65.

Bošnjak, Đ. (1996b): Režim navodnjavanja u zavisnosti od dubine prokvašavanja rizosfere. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, sv. 25: 489-499.

Bošnjak, Đ., Dragović, S. (1998): Navodnjavanje soje u Monografiji Soja:(227-252). Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad i Sojaprotein Bečej.

Bošnjak, Đ. (1999): Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Monografija 340 str. Poljoprivredni fakultet Novi Sad

Bošnjak, Đ. (2004): Suša i njen odnos prema ratarskoj proizvodnji. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, sv. 40: 45-55.

Brown LA., Caviness, CL i Brown D.A. (1985): Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. *Agron. J.* 77: 274-278.

Brun LJ., Prunty L, Karsen J.K. i Enz J.W (1985): Evapotranspiration and soil water relationships for spring wheat and soybean. *Soil Science*, 139: 547-552.

Doorenbos, J., Pruitt, W.O. (1977): Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No 24, FAO, Roma.

Doss B.D., Pearson R.W. i Rogers H.T. (1974): Effect of soil water stress of various growth stage on soybean yield. *Agron. J.* 66: 620-623.

Dragović, S. (1993): Uticaj suše u različitim fazam organogeneze (R1 -RS) na prinos i kvalitet soje. "Korišćenje i održavanje meloracionih sistema", Posebna publikacija, JDON-a u JDPZ, Beograd, 131-138.

Dragović, S. (1994): Uticaj suše u različitim fenofazama razvića na prinos soje i efekat navodnjavanja. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, Sv. 22, 143-152.

Fehr W.R., Caviness CL, Burmood D.T. i Pannington J.5. (1971): Stage of development description for soybeans, *Glycine max.* (L). *USA Crop Sci.* 11: 929-931.

Hoobs LH. i Muendel H.H. (1983): Water requirement of irrigated soybean in southern Alberta. *Canadian Jour. Plant Science*, 63: 855-860.

Hergreaves H.G. (1977): *World Water for Agriculture*. Washington.

Hergreaves H.G. (1992): Defining and Preparing Drought in Europe. *ICID 16th European Regional Conference „Drought Phenomena” Proc 1: (171-177) Budapest*.

Reicosky D.c. i Heatherly LG. (1990): Soybean, *Monografija Irrigation of agriculture crops*, 639-673, USA.

Singh, B.P. i Whitson E.N. (1976): Evapotranspiration and water use efficiency by soybean lines differing in growth habit. *Agron. J.* 68: 834-843.

Sionit, N. i Kramer, P.J. (1977): Effect of water stress during different stages of growth of soybean. *Agron J.* 69: 274-278.

Timons, D.R., Holt R.F. i Tompson, R.L (1976): Effect of plant population and row spacing on evapotranspiration and water-use efficiency by soybeans. *Agron. J.* 59:262-265.

Vučić, N. (1971): Bioklimatski koeficijenti i zalivni režim biljaka; teorija i praktična primena. *Vodoprivreda*, 6-8: 463-467.

Vučić, N. (1973): Bioclimatic method for scheduling irrigations: Experiment with maize in Vojvodina. *Yugoslavia. Ecological Studies, Analysis and Synthesis* 4: 287-291.

Vučić, N. (1976): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Vučić, N. i Bošnjak, Đ. (1980): Potencijalna evapotranspiracija soje u klimatskim uslovima Vojvodine. *Arhiv za polj. nauke*, 41, 144: 569-575.

Vučić, N., Dragović, S., Bošnjak, Đ. (1980): Produktivnost i kvalitet introdukovanih sorti soje u klimatskim uslovima Vojvodine. *Savremena poljoprivreda* 28, 7-8: 327-335.

Vučić, N. (1981): Navodnjavanje i dve žetve godišnje, *Nišro "Dnevnik"*, Novi Sad, str. 148.

Vučić, N., Dragović, S., Bošnjak, Đ. (1981): Zalivni režim soje u klimatskim uslovima Vojvodine, *Vodoprivreda*, 13,72: 311-314.

SEMENARSTVO SOJE

Svetlana Balešević - Tubić, Mladen Tatić

U okrilju savremene poljoprivrede semenarstvo je postalo spona između sve uspešnijeg oplemenjivanja biljaka i razvoja jedne racionalnije i znatno produktivnije biljne proizvodnje. Dosadašnja i buduća dostignuća iz domena oplemenjivanja biljaka nije moguće uspešno preneti u praksu bez temeljnog poznavanja i tome primerenog razvoja semenarstva (Mirić, 1998). Može se reći da semenarstvo predstavlja objedinjene delatnosti iz sfere nauke, agrotehnike i biotehnike, a završava se ekonomskim aspektom, odnosno prometom.

Osnovni zadaci semenarstva soje koje definišu Milošević i sar. (1998) su:

- Umnožavanje semena priznatih sorti. U momentu kada je novostvorena sorta soje priznata, raspolaže se malim količinama semena, te je potrebno seme umnožiti u onim količinama koje su dovoljne za podmirenje potreba poljoprivredne proizvodnje.
- Čuvanje morfoloških, bioloških i agronomskih osobina sorti soje, odnosno čuvanje sortne čistoće, kvaliteta semena i genetskog potencijala za prinos. U toku gajenja kod nekih sorti može doći do promena ovih osobina i do opadanja genetskog potencijala za prinos.
- Očuvanje semenskih kvaliteta soje. Obzirom na to da je seme živi materijal i nosilac i prenosilac velikog broja genetski uslovljenih osobina, pri svim operacijama u semenarstvu mora se voditi računa o očuvanju semenskih kvaliteta.
- Organizacija proizvodnje semena soje. Osnovni cilj je da se na efikasan način obezbedi proizvodnja sortnog i kvalitetnog semena, kao i da se zaštiti proizvodnja semena od svih mogućih propusta.

Razvijenim, dobro organizovanim i efikasnim semenarstvom, može se obezbediti dovoljna količina kvalitetnog semena soje. Kvalitet se postiže kroz dug proizvodni proces koji počinje zasnivanjem semenskog useva sortnim semenom, negom useva, stručnim pregledom useva, a završava preko žetve, dorade, ispitivanja kvaliteta i deklarisanja semena. Semenarske delatnosti podležu strogim zakonskim uzansama. Tako je oplemenjivanje bilja podvrgnuto propisima o priznavanju, proveru i zaštiti sorti, a proizvodnja i promet semena strogim donjim i gornjim granicama normi kvaliteta, propisanim za brojna svojstva. Sem toga propisima se uspostavljaju uslovi koje moraju ispunjavati proizvođači, dorađivači, aprobatori i laboratorije koje se bave ispitivanjem semena.

Organizacionu celinu u ciklusu proizvodnje semena čine naučno-istraživački instituti, proizvođači semena, dorađivači i prometne organizacije. Proizvodnja semena soje visokih kategorija obavlja se u okviru instituta, a pod nadzorom oplemenjivača, u svrhu očuvanja kvaliteta i sortnih karakteristika, kako novostvorenih genotipova, tako i sorti koje se već nalaze u proizvodnji. Umnožavanje komercijalnog semena soje vrši se u proizvodnim organizacijama, koje su ugovorom vezane za institut. Ove organizacije mogu da se bave proizvodnjom semena kao specifičnom delatnošću ako ispunjavaju zakonom propisane uslove za semensku proizvodnju.

Kontrolu proizvodnje obavljaju poljoprivredne stručne službe (agroinstituti, zavodi, poljoprivredne stanice), a kontrolu kvaliteta vrše ovlašćene laboratorije specijalizovane za ovu vrstu ispitivanja. Promet semena čini organizovana distribucija semena soje, od centra za doradu do krajnjeg korisnika.

Kategorije semena soje

Sorta je osnovni proizvodni faktor biljne proizvodnje, u kom pogledu je preduslov zasnivanja i planiranja proizvodnje, prerade i prometa (Mirić, 1998). Novim sortama se obezbeđuje stalno obogaćivanje i dotok inovacija u biljnu proizvodnju, te se može reći da je sorta glavni činilac rasta i razvoja biljne proizvodnje.

Posle registracije nove sorte na raspolaganju je ograničena količina semena, koju je potrebno umnožiti da bi ono došlo u dovoljnim količinama na tržište, odnosno do proizvođača. Umnožavanje semena se zasniva na sistemu ograničenog broja reprodukcija, a svaka reprodukcija mora imati potpuno poznato poreklo. U proizvodnji semena soje, postoje sledeće kategorije:

- predosnovno
- osnovno
- sertifikovano seme prve generacije
- sertifikovano seme druge generacije

Predosnovno seme se proizvodi u organizacijama u kojima je sorta stvorena i nalazi se pod direktnom kontrolom oplemenjivača, uz posebne mere nege i odabir samo tipičnih biljaka. Količina ovog semena je ograničena, te ono ne ulazi u promet, nego služi kao osnovni materijal za dalju reprodukciju. Seme soje kategorije osnovno seme proizvodi se takođe pod nadzorom oplemenjivača uz obavezno sortno plevljenje, kao i primenu svih dodatnih mera nege za semenske useve. Koristi se za proizvodnju sertifikovanog semena prve generacije. Proizvodnja semena kategorije sertifikovano seme prve i sertifikovano seme druge generacije vrši se kod poljoprivrednih organizacija koje su upisane u registar proizvođača semena. Proizvodnja ovih kategorija semena soje vrši se pod nadzorom oplemenjivača, odnosno naučnih ustanova, i nadležnih inspeksijskih organa.

Da bi se obezbedila garancija čistoće sorte i kvalitetno seme, razvijen je sistem nadzora nad semenskom proizvodnjom i ustanovljene su norme za proizvodnju semena soje. Nadzor uključuje vođenje evidencije o umnožavanju sorti, kontrolu useva soje na njivi i kontrolu semena koje se priprema za tržište.

U okviru kontrole procesa proizvodnje semena soje, vrše se pregledi kojima se utvrđuje sorta, kategorija i poreklo upotrebljenog semena, primenjene agrotehničke mere, prisustvo korova, čistoća sorte i količina proizvedenog i doradenog semena. Prvi pregled se vrši u vreme cvetanja biljaka, radi ustanovljavanja sortne čistoće i zakorovljenosti. Drugi pregled je u vreme zrenja biljaka, kada se potvrđuje sortna čistoća i procenjuje prinos semena soje. Za oba pregleda se prave zapisnici i ako usev zadovoljava sve propisane norme za semenski usev, izdaje se uverenje o priznavanju semenskog useva soje.

Površine i količine semena soje po kategorijama

Planiranje površina pod semenskim usevima je veoma značajno sa aspekta obezbeđenja potreba tržišta. Zbog toga je potrebna vrlo detaljna procena svih značajnih faktora, kako bi se obezbedila količina semena soje po kategorijama koja će biti uspešno realizovana na tržištu. Veoma bitni faktori u proceni su raspoloženje poljoprivrednih proizvođača za zasnivanje površina pod sojom, kao i ekonomski parametri koji opredeljuju proizvođače za setvu. Pored toga, površine pod semenskim usevom soje zavise i od procene klimatskih uslova tokom proizvodne godine koji mogu u mnogome uticati na visinu prinosa semena. Kada se sve to uzme u obzir, dolazi se do informacija o potrebnim površinama za proizvodnju semena soje, koje treba da obezbede i potrebnu količinu semena po kategorijama.

Kao što je napred navedeno površine pod merkantilnim usevima soje diktiraju i površine pod semenskim usevima ove biljne vrste. Obzirom da već nekoliko godina površine pod sojom u Srbiji prelaze 100000 ha, može se reći da od godine do godine površine i količine semena prate ovaj trend merkantilne proizvodnje (Tabela 12.1).

Tabela 12.1

Površina i količina semena soje po kategorijama

Kategorija semena Godina proizvodnje	Predosnovno / Super elita		Osnovno/ Elita		Sertifikovano seme prve generacije/ Original		Sertifikovano seme druge generacije/ I sortna reprodukcija	
	ha	t	ha	t	ha	t	ha	t
1999	12	42	22	81	364	1138	6661	15426
2000	17	26	25	69	567	1500	7743	10763
2001	21	86	42	138	525	1828	8294	15650
2002	20	56	41	108	471	1118	4800	10031
2003	20	50	44	83	365	1090	5000	9470
2004	20	60	45	100	450	1000	6500	13000
2005	20	69	61	241	553	1890	8430	17290
2006	19	59	55	266	630	2110	7736	20044

SPECIFIČNOSTI AGROTEHNIČKIH MERA U PROIZVODNJI SEMENA SOJE

Uvođenjem agrotehlike primerene sorti i uslovima mikrolokacije, proizvodnja semena se značajno razlikuje od merkantilne proizvodnje. Svaki postupak treba prilagoditi potrebi semenskog useva, razradom specifičnih agrotehničkih mera i primenom adekvatne mehanizacije. Bitno skuplja i osetljivija, semenska proizvodnja podrazumeva izbor najboljih parcela, obučeniye i savesnije radnike i stručnjake, da bi se dobila srazmerno ekonomičnija proizvodnja (Mirić, 1998).

Različitošć uslova gajenja može rezultirati u ograničavanju gajenja semna soje u pojedinim područjima. Međutim, visoki prinosi i kvalitet semena soje su pokazali da se soja uspešno može gajiti u mnogim rejonima naše zemlje uz pravilnu rejonizaciju sorti i primenu odgovarajuće agrotehlike.

Izbor parcele i plodored

Za proizvodnju semena soje treba posebnu pažnju posvetiti izboru parcele. Najbolja su duboka, plodna zemljišta, neutralne reakcije i povoljnih vodno-vazdušnih osobina jer stepen plodnosti zemljišta, dubina i struktura oraničnog sloja imaju veliki uticaj na prinos. Takođe, za proizvodnju semena soje mora se odabrati parcela koju je moguće navodnjavati, da bi se isključio rizik proizvodnje, s obzirom da stres izazvan dugotrajnom sušom tokom nalivanja semena uzrokuje značajno smanjenje prinosa i kvaliteta semena soje (Balešević-Tubić i sar., 2001). Prilikom izbora parcele za proizvodnju semena soje, prema zakonskim propisima, treba obezbediti prostornu

izolaciju od 1 m. Obzirom da je soja samooplodna biljna vrsta sa prisustvom stranoplodnje oko 0,4%, ovo rastojanje je dovoljno da se obezbedi sortna i genetska čistoća semena.

Soja se veoma dobro uklapa u plodored jer je dobra kao predusev za većinu ratarskih biljaka. Najčešći predusevi su: pšenica, kukuruz i šećerna repa. Suncokret i uljana repica su vrlo rizični predusevi za soju zbog zajedničkih bolesti, a prema važećim zakonskim propisima, semenski usev se ne sme sejati na parceli na kojoj je u prethodne dve godine sejan suncokret, uljana repica ili soja.

Osnovna obrada i predsetvena priprema

Za uspešnu proizvodnju semena soje, osnovna obrada se mora izvoditi pravovremeno, odnosno u jesen. Prolećno oranje utiče veoma negativno na prinos semena soje, što je posebno izraženo u nepovoljnim godinama. Mada je i u povoljnoj godini zabeleženo smanjenje prinosa semena soje posejane na prolećnom oranju, u odnosu na jesenje oranje, za oko 1200 kg/ha (Tatić i sar., 2006). Da bi se sačuvala vlažnost zemljišta, odmah s proleća, čim vremenske prilike i stanje zemljišta dozvole, izvodi se zatvaranje zimske brazde i ravnanje zemljišta.

Fina predsetvena priprema izvodi se neposredno pred setvu, na dubinu 4-5 cm, u pravcu setve. Predsetvena priprema ima zadatak da obezbedi uslove za kvalitetnu setvu, ujednačeno nicanje i ukorenjavanje biljaka, što se kasnije odražava na porast biljaka i prinos. Sa ovom operacijom se mogu uneti zemljišni herbicidi, a uništavaju se i korovske biljke (Slika 12.1).

Đubrenje

Prilikom đubrenja semenskih useva soje, mora se uzeti u obzir obezbeđenost zemljišta hranivima, planirani prinos, ekonomski efekat, te na osnovu agrohemisjkih analiza zemljišta i potreba biljaka, utvrditi da li postoji potreba za unošenjem mineralnih đubriva. Na ovaj način ne postoji opasnost od unošenja neadekvatnih količina đubriva, a takođe se smanjuju i finansijski troškovi ove agrotehničke mere. Uobičajeno je kod nas da se soja ne đubri mineralnim đubrivima, međutim, problem koji je izražen u poslednjih nekoliko godina je smanjenje upotrebe đubriva i za ostale useve, tako da dolazi do osiromašenja zemljišta. Prema tome, ukoliko se žele postići visoki prinosi i očuvati zemljište od osiromašenja, mora se voditi računa o đubrenju soje. Na zemljištima koja su dobro obezbeđena hranivima, treba dodati samo one količine koje se iznesu prinosom, a to je najčešće oko 30 kg N, 50-60 kg P i 40-50 kg K. Ako je zemljište slabo obezbeđeno u pojedinim hranivima, količine navedenih hraniva treba udvostručiti.

Slika 12.1

Predsetvena priprema zemljišta za soju (foto: G. Kuzmanović)



Inokulacija semena

Soja je biljna vrsta koja ima sposobnost da koristi različite izvore azota. Ako su u zemljištu pristupačne veće količine azota, biljka će se opredeliti za taj izvor, što ima negativan uticaj na nodulaciju. Prisustvo zemljišnog azota u početku rasta soje je bitno i kada je izvršena adekvatna inokulacija. Međutim, ako u toku vegetacije biljka koristi zemljišni azot umesto vazdušnog, to neće dovesti do povećanja prinosa.

Prilikom upotrebe Nitragina treba imati u vidu da su kvržične bakterije živi organizam i da u neodgovarajućim uslovima gube vitalnost. Pripremu preparata treba vršiti u hladu, a inokulaciju semena neposredno pred setvu. Bakterije gube vitalnost nakon devet meseci. Preparat se pakuje u kesice dovoljne za 50 ili 100 kg semena i uglavnom se isporučuje zajedno sa semenom.

Setva

Vreme setve je određeno temperaturom zemljišta i sortom. U našim uslovima setva se obično obavlja tokom aprila meseca. Setvu treba otpočeti kada se sloj zemljišta na dubini setve zagreje 10-12 °C i to prvo se seju sorte duže vegetacije, odnosno sorte II grupe zrenja, zatim I, a setva se završava ranim sortama 0 grupe zrenja. Ustanovljeno je da je razmak redova od 45-50 cm najpogodniji za naše uslove,

kako sa gledišta raspoložive mehanizacije, tako i sa gledišta međuredne kultivacije i suzbijanja korova. Razmak biljaka u redu zavisi od vremena setve i sorte i može biti od 3 do 5 cm. Veoma je važno da se poštuje preporučeni sklop jer najčešća greška u proizvodnji je što se za svaki slučaj poseje malo više. Ukoliko se sa setvom kasni ili se poseje u loše pripremljenu parcelu, treba imati u vidu da povećana količina semena nije činilac koji će kompezovati neodgovarajuću agrotehniku, te da se povećanjem setvene norme ne može očekivati i vrhunski prinos.

Nega useva

Da bi se proizvelo zdravo i kvalitetno seme potrebno je sprovesti mere nege koje smanjuju ili kompenzuju negativan uticaj ekoloških činilaca (Hrustić i sar., 2004). Mere nege mogu biti usmerene na regulisanje i podsticanje rasta i razvoja useva i na zaštitu useva od korova, biljnih bolesti i štetočina (Milošević i sar., 1998).

Međuredna kultivacija se obavlja radi regulisanja vodnog i vazdušnog režima zemljišta, razbija se pokorica čime se smanjuje gubitak vlage, zemljište se provetrava, podstiče se rad mikroorganizama. Sa druge strane, uništavaju se korovi. Kultivacija se izvodi dva puta: u fazi prvog troperog lista i pred sklapanje redova, na dubini 3-10 cm (Slika 12.2).

Slika 12.2

Nega useva soje (foto: G. Mulić)



U našim uslovima hemijske mere nege primenjuju se isključivo radi suzbijanja korova. U proizvodnji semena soje posebnu pažnju treba posvetiti suzbijanju korovskih biljaka kojih ne sme biti u semenskom usevu soje, a to su *Xantium* spp. i *Solanum nigrum*. Herbicidi se mogu primenjivati pre setve, posle setve a pre nicanja ili posle nicanja soje i korova. Kod soje se, u našoj zemlji, ne primenjuju fungicidi radi suzbijanja bolesti. Seme se ne tretira pre setve, niti usev tokom vegetacije. Stalnim porastom površina pod sojom, problem bolesti postaje sve značajniji i kod nas, te je neophodno imati u vidu da se pravilnom i pravovremenom agrotehnikom opasnost od pojave bolesti može znatno umanjiti.

Navodnjavanje

U promenljivim klimatskim uslovima, kakvi su kod nas, gde se smenjuju sušne i kišne godine, proizvodnja semenske soje je veoma rizična bez primene navodnjavanja. U sušnim, pa i u kišnim godinama, raspored padavina je veoma važan za neometano snabdevanje biljaka vodom prema njihovim zahtevima i potrebama u datoj fazi razvoja. Nedostatak padavina u fazi formiranja i nalivanja zrna ima najveći negativan uticaj koji se manifestuje znatnim smanjenjem prinosa semena, kao i pogoršanim kvalitetom semena soje. U našim agroekološkim uslovima, soju je najcelishodnije zalivati od polovine jula do kraja avgusta meseca, kada prolazi kroz kritične faze razvoja. Proizvođačima soje u uslovima navodnjavanja ostaje da savremenom agrotehnikom i racionalnim zalivnim režimom obezbede potrebne elemente, kako bi genetski potencijal sorte i klimatski uslovi agroekološkog rejona bili na najbolji način iskorišćeni (Bošnjak i Dragović, 1998).

Sortno plevljenje

U proizvodnji semenskog useva soje, sortno plevljenje je veoma značajna mera za održavanje sortne čistoće semena. Obavezna su dva sortna plevljenja koja se obavljaju u fazama kada su razlike između sorti najuočljivije. Prvo plevljenje obavlja se u punom cvetanju, kada se prema boji cveta i drugim morfološkim karakteristikama odstranjuju atipične biljke. Drugo plevljenje obavlja se u punoj zrelosti, kada je moguće najbolje uočiti sve atipične biljke (visina, boja dlačica, vreme sazrevanja), čime se obezbeđuje visok stepen sortne čistoće.

Žetva

Kvalitetna i pravovremena žetva je veoma bitan momenat za uspeh proizvodnje semena soje i zato joj se mora posvetiti veća pažnja u odnosu na žetvu merkantilnog useva.

Žetva soje se izvodi žitnim kombajnom podešenim za rad u usevu soje. Posebno se mora voditi računa o broju obrtaja bubnja i zazoru između bubnja i podbubnja jer je zrno soje veoma osetljivo na udar i može lako biti oštećeno mehaničkim dejstvom. Sadržaj vlage u zrnu je veoma značajan, tako da bi semensku soju trebalo žeti kada sadržaj vlage u zrnu iznosi 12 – 15%. Zrno sa manjom vlagom je znatno osetljivije na udare, a zrno sa većom vlagom bi trebalo sušiti (Hrustić i sar., 2004). U semenskoj proizvodnji, posle kombajniranja svake sorte, obavezno se vrši kompletno čišćenje kombajna i transportnih sredstava, kako bi se očuvala sortna čistoća.

DORADA I SKLADIŠTENJE SEMENA SOJE

Dorada semena

Dorada semena predstavlja jedan od tri segmenta semenarstva soje (proizvodnja semena na njivi, dorada i promet). Zadatak dorade je da eliminiše višak vlage i neželjene primese, a doradeno seme tretira, upakuje, odnosno pripremi za promet. Doraduje se aprobirano, odnosno stručno kontrolisano «naturalno» seme.

Dužina života semena tokom čuvanja zavisi od smanjenja sadržaja vlage u semenu na nivo dovoljno nizak da spreči fiziološko i patološko oštećenje. Visoke temperature tokom sušenja semena mogu oštetiti seme prekomernim sušenjem ili interakcijom sadržaja vlage u semenu i ubrzanog fiziološkog oštećenja. Uspešnost sušenja semena zavisi od postizanja balansa između troškova, oštećenja sušenjem i destrukcije čuvanjem semena sa visokim sadržajem vlage.

Proces dorade semena soje počinje prijemom naturalnog semena u usipni koš koji obavezno mora imati ublaživač pada. Iz usipnog koša seme se transportuje do aspiratora gde se vrši fino čišćenje semena. Nakon finog čišćenja, seme dolazi do spiralnog separatora gde se vrši odvajanje celog semena i polovina semena. Može da se vrši i gravitaciono separiranje, po masi semena. Takođe, u zavisnosti od zdravstvenog stanja semena, može se vršiti tretiranje semena fungicidima.

Proces dorade se završava odmeravanjem određene količine semena i pakovanjem u vreće. Na svaku vreću se prišiva deklaracija koja sadrži sledeće podatke: naziv radne organizacije koja je izvršila doradu semena, broj partije semena, kategoriju, godinu proizvodnje, naziv sorte, težinu pakovanja, napomenu da li je seme tretirano i kojim sredstvom, kao i datum do kojeg važi deklaracija (Slika 12.3).

Slika 12.3

Deklarisano seme soje (foto: G. Kuzmanović)



Skladištenje semena

Čuvanje semena znači očuvanje životne sposobnosti semena. Rešavanje ovog problema mora početi u polju tokom proizvodnje semena i nastaviti se nakon žetve semena. Seme ne može da isključi ili kompenzira oštećenje, već se ono akumulira tokom vremena.

Istraživanja putem elektroforetske varijacije proteina i enzima svežeg i ostarelog semena soje pokazuju veoma značajan pad vigora semena soje čuvanog u redovnim skladišnim uslovima. Uočene su kvalitativne promene proteina i enzima u ostarelom semenu soje. Postojanje velikog broja različitih traka u suvom ostarelom semenu, pokazuje da postoji aktivacija kontrolisana od strane gena za pokretanje klijavosti, kao i ekspresija raznih drugih fenotipskih osobina tokom procesa starenja. Istraživanjima je utvrđeno da starenje ne proizvodi samo fenotipsku i genotipsku varijabilnost, već dovodi do hromozomskih aberacija, različite vrste hlorofilnih i fenotipskih mutacija u populaciji (Chauhan i sar., 1985).

Masne kiseline, merene u semenu, dugo godina su uzimane kao indeks kvaliteta semena. Smanjenje nivoa polunezasićenih masnih kiselina jasno je povezano sa smanjenjem procenta klijavosti i vigora skladištenog semena soje (Hailstones i Smith, 1988). Spontana oksidacija nezasićenih masnih kiselina uzrokuje visoku reaktivnost slobodnih radikala, hidroperoksida i sekundarnih produkata. Isti autori navode da je kod semena soje podvrgnutog prirodnom starenju uočeno smanjenje linolenske kiseline za 4,3%, a linolne za 6,8%, od ukupne lipidne frakcije. U frakciji polarnih lipida

te razlike su bile male: linolenska kiselina je bila smanjena samo za 1,3%, dok linolna kiselina nije pokazivala vidljive promene.

Glavni spoljašnji faktori koji utiču na oštećenje semena tokom čuvanja su temperatura, relativna vlažnost vazduha, kao i kiseonik. Mogućnost regulisanja ovih faktora predstavlja osnovu za duže čuvanje semena soje. Seme sa niskom životnom sposobnošću strada prvo. Seme gubi energiju klijanja, zatim vigor, a na kraju postaje kompletno bez životne sposobnosti.

Unutrašnji faktori koji utiču na mogućnost čuvanja semena su sadržaj vlage i početni kvalitet semena. Pri skladištenju semena sa sadržajem vlage iznad 12%, pri većoj relativnoj vlažnosti vazduha, brži je stepen oštećenja semena. Takođe, pri ovakvim uslovima, skladišne gljive postaju problem za čuvanje semena. Seme soje sa 12,5% sadržaja vlage, bilo je zaraženo sa skladišnim gljivama (Anderson i Baker, 1983). Sadržaj vlage pri kome je napad skladišnih gljiva minimalan kod soje iznosi oko 9-10%.

Informacija o klijavosti semenskih partija je veoma korisna u pogledu odluke o skladištenju semena. Partije semena soje klijavosti od 70% imaju slabiju mogućnost očuvanja kvaliteta tokom skladištenja u odnosu na partije sa klijavašću od 95%. Obično ne postoji alternativa što se tiče čuvanja partija sa različitom klijavašću, međutim, trebalo bi obratiti pažnju na dužinu čuvanja partija semena sa lošijom klijavašću (Deoluche i Baskin, 1973).

Proces starenja semena uključuje oštećenje mnogih sistema unutar tkiva. Vremenom tkivo postaje propustljivije što pokazuje da je došlo do oštećenja membrana ćelija, a dolazi i do raznih negativnih promena u metabolizmu. Seme sa ovakvim promenama ima znatno slabiji vigor. Takođe je utvrđeno da je veliki broj karakteristika narušen do krajnje posledice – umiranje semena: smanjenje metaboličke aktivnosti, povećanje osetljivosti na stresne uslove, smanjenje klijavosti i porasta ponika, smanjenje sposobnosti za skladištenje, smanjenje prinosa. Sposobnost čuvanja partija semena zavisi od postupaka pre skladištenja: vremenskih uslova tokom vegetacione sezone, vremena i načina izvođenja žetve, sušenja, dorade i sl (Deoluche i Baskin, 1973).

Jedno od značajnih pitanja kada se govori o čuvanju semena je održavanje optimalnih uslova za očuvanje semenskih kvaliteta tokom skladištenja. Sadržaj vode u semenu i temperatura skladištenja su veoma značajni faktori koji određuju životnu sposobnost semena i potencijal za čuvanje. Smanjenje klijavosti nakon šest meseci čuvanja uočeno je kod ispitivanih sorti soje, u zavisnosti od temperature čuvanja (0, 25, 35, 45 i 55 °C) i relativne vlažnosti vazduha (45, 55, 65, 75 i 84%). Predloženi optimalni uslovi skladištenja, na osnovu ovih istraživanja su temperatura 25 °C i relativna vlažnost vazduha 55-65%, tj. partije dobrog kvaliteta, požnjevene sa 15% vlage i niže, mogu se uspešno čuvati u ovim uslovima šest meseci (Nkang i Umoh, 1996).

Oštećenje semena tokom skladištenja je kumulativni fenomen: žetva pre optimalne zrelosti, loši uslovi tokom sazrevanja semena, loši uslovi sušenja, skladištenje

semena sa visokim sadržajem vlage. Veoma često se oštećenje semena tokom čuvanja ne manifestuje smanjenjem klijavosti, već gubitkom vigora semena. S toga, dizajniranje i implementacija sistema skladištenja semena mora se usmeriti na očuvanje vigora semena.

ISPITIVANJE KVALITETA SEMENA SOJE

U semenskoj proizvodnji, jedan od značajnih nedostataka je setva semena koje nema sposobnost da produkuje dobro razvijene i zdrave biljke koje će obezbediti visok i stabilan prinos. Testiranje semena je upravo razvijeno da bi se smanjio ovaj rizik ispitivanjem kvaliteta semena pre setve. Ispitivanje semena je koncept sastavljen iz više postupaka.

Uzorkovanje semena

Preciznost i tačnost rezultata ispitivanja semena zavisi od tačnosti uzorkovanja partije semena. Zato ovu operaciju mora izvoditi obučeni uzorkivač, po određenim pravilima (ISTA, 1999). Uzorkovanje partije semena soje izvodi se Nobeovim šupljim šilom, koje ima uzdužni otvor. Uzima se pojedinačni uzorak iz vreće od kojih se pravi zbirni uzorak. U zavisnosti od veličine partije, određen je i broj vreća iz jedne partije koje treba uzorkovati, po šemi uzorkovanja (ISTA, 2003). Partija semena soje može biti mase 10.000 do 20.000 kg. Zbirni uzorak za partiju semena soje mase 20.000 kg iznosi 1000 g. Uzorak koji se dostavlja laboratoriji za ispitivanje semena mora tačno reprezentovati partiju iz koje je uzet. Iz tih razloga, veoma je važno pre uzorkovanja proveriti ujednačenost partije semena (ISTA, 1999). Prosečan uzorak se pravi iz zbirnog uzorka i za soju iznosi 500 g. U laboratoriji se iz prosečnog uzorka, pomoću delitelja semena, pravi radni uzorak za određene analize u ispitivanju kvaliteta semena.

Ispitivanje čistoće semena

Svrha ispitivanja čistoće semena je određivanje procenta komponenti u odnosu na masu radnog uzorka, čime se izvodi zaključak o komponentama partije semena, determinacija semena različitih vrsta koje se nalaze u uzorku, kao i inertnih materija. U osnovi, radni uzorak soje se deli na tri komponente: čisto seme, otalo seme, odnosno seme drugih vrsta i inertne materije, a procenat svakog dela određuje se merenjem njegove mase. Pojam čisto seme obuhvata zrelo i neoštećeno seme uobičajene veličine, deo semena veći od polovine normalne veličine, pod uslovom da je deo semenjače prisutan. Ostalo seme uključuje seme bilo koje biljne vrste

koje ne pripada čistom semenu. Ova kategorija je ograničavajuća za seme soje jer se u njemu ne sme nalaziti seme drugih gajenih vrsta, niti korova. Inertne materije čine mehaničke primese (zemlja, kamenčići i sl.), delovi drugih biljnih organa, kao i seme soje manje od polovine normalne veličine i seme bez semenjače.

Određivanje sadržaja vlage

Masa uzorka za određivanje sadržaja vlage u semenu soje iznosi 4-5 g, a uzimaju se dva nezavisna uzorka. Za seme soje je obavezno mlevenje pre sušenja. Mlevenje se obavlja tako da najmanje 50% mlevenog materijala prolazi kroz sito sa otvorima od 4 mm. Ukoliko je seme soje koje se ispituje sa sadržajem vlage iznad 10%, mora se vršiti prethodno sušenje. Dva nezavisna uzorka od po 2,5 g se mere, suše do vlage ispod 10% i ponovo mere da bi se odredio gubitak vlage. Radni uzorak semena soje se suši po metodi niske konstantne temperature, odnosno na temperaturi 103 ± 2 °C u trajanju od 17 ± 1 sat. Sadržaj vlage u semenu izražava se u procentu (preko mase vlažnog semena i semena nakon sušenja) sa jednim decimalnim mestom. Ako je seme bilo izloženo procesu prethodnog sušenja, sadržaj vlage se izračunava iz rezultata dobijenih u prvoj i drugoj fazi sušenja.

Ispitivanje klijavosti

Određivanje klijavosti semena soje predstavlja utvrđivanje maksimalnog potencijala klijalih semena jedne partije. Dobijeni rezultati se mogu koristiti za upoređenja kvaliteta različitih partija semena, ukazuju na povrede, oboljenja i druga svojstva semena, a koriste se i za određivanje količine semena za setvu soje. Kao podloga za ispitivanje klijavosti semena soje može da se koristi filter papir ili pesak. Najčešće se upotrebljava pesak jer obezbeđuje prirodan rast ponika, njegovo lako vađenje bez oštećenja, a takođe smanjuje mogućnost sekundarne zaraze štetnim mikroorganizmima. Inokulacija se obavlja u klijalštima na temperaturi od 20-30 °C ili pri konstantnoj temperaturi od 25 °C. Nakon pet dana vrši se očitavanje energije klijanja, a nakon osam dana isčitava se klijavost, odnosno vrši se ocena ponika. Pojam normalan ponik obuhvata tri kategorije: 1) Ceo, neoštećen, zdrav ponik koji ima dobro razvijen, dugačak, tanak primarni koren koji je obično prekriven mnogobrojnim korenskim dlačicama i završava se tankim vrhom; razvijen izdanak sa uspravnim i izduženim hipokotilom, s obzirom da soja ima epigealni tip klijanja; dva kotiledona koji su zeleni i slični listu, karakterističnog oblika i veličine; zelen i dobro razvijen primarni list. 2) Ponik sa slabim oštećenjem koji u porastu ne zaostaje za neoštećenim ponikom. 3) Ponik sa sekundarnim zarazama uzrokovanim gljivama ili bakterijama ali kod kojeg se uočava prisustvo svih osnovnih struktura. Klijavost se izražava kao procenat normalnog ponika, preko njegovog broja (Slika 12.4).

Slika 12.4

Klijanac semena soje (foto: Z. Nikolić)



Ispitivanje zdravstvenog stanja semena

U zavisnosti od vrste patogena, za utvrđivanje zdravstvenog stanja semena soje, primenjuju se različite metode (Jovičević i Milošević, 1990). *Peronospora manshurica* može se detektovati direktnim pregledom pomoću lupe ili stereomikroskopa, pri čemu se uočavaju beličaste navlake na površini semena soje. *Cercospora sojina* se utvrđuje metodom naklijavanja semena na filter papiru ili vlažnom pesku, ili zasejavanjem semena na hranljivu PDA (krompir-dekstrozni agar) podlogu. *Diaporthe phaseolorum* var. *soyae* najčešće se određuje metodom hranljive MA (malt-agar) ili PDA podloge. U kulturi se formiraju strome crne boje, a na semenu piknidi sa piknosporama. Prisustvo gljive *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* utvrđuje se metodom hranljive PDA podloge. Kolonija gljive se javlja u vidu beličastog paperja. *Phomopsis longicola* moguće je konstatovati u uzorku semena metodom hranljive PDA podloge, na 23-25 °C u trajanju od pet do sedam dana. Prisustvo ovog parazita može biti veoma značajno s obzirom da klijavost semena može biti značajno umanjena pri intenzivnijoj zarazi semena ovom gljivom. *Colletotrichum dematium* var. *truncatum* određuje se najčešće metodom filter papira. Na semenu se javljaju beličaste prevlake, a klijavost zaraženog semena je smanjena. Za određivanje *Fusarium* spp. koristi se filter papir ili se koristi hranljiva PDA podloga. Za ustanovljavanje gljive *Ascochyta soyaecola* koristi se metod filter papira (na semenjači se javljaju piknidi cimetastomrke boje) ili hranljive PDA podloge. Utvrđivanje prisustva bakterije *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* vrši se metodom makroskopskog pregleda kod jako zaraženog semena, pri čemu se na

semenu uočavaju okruglaste ili poligonalne pege svetle do tamnokestenjaste boje. Soybean mosaic virus se utvrđuje test biljkama indikatorima. S ekstraktom plumule, individualno pripremljenom, inokulišu se mlade biljke *Dolichos uniflorus* ili *Phaseolus lathyroides*. Simptomi se mogu uočiti već nakon 15 dana. Takođe, za dokazivanje prisustva ovog virusa u uzorku semena može se koristiti i ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) test.

PRIMENA BIOHEMIJSKIH I MOLEKULARNIH MARKERA U SEMENARSTVU SOJE

Metode biotehnologije su postale sastavni deo oplemenjivanja i semenarstva soje. Primenjuju se pri ispitivanju kvaliteta semena, njegove genetske čistoće, otpornosti na bolesti, stresne uslove sredine, kao i mnogih drugih karakteristika.

Identifikacija sorti i kontrola genetske čistoće semena veoma su važne u semenarstvu soje, kako za zaštitu autorskih prava, tako i za kontrolu genetskog materijala koji se nalazi u proizvodnji. Analiza genetske čistoće semena pomaže proizvođačima semena da koriste seme visokog kvaliteta. Identifikacija sorti se može posmatrati sa više aspekata: identifikacija u osnovnom značenju – koja je to sorta; sortna različitost – da li je ta sorta različita u odnosu na ostale; sortna čistoća – da li se u uzorku nalazi više od jedne sorte; deskripcija sorte – mogu li se dobiti podaci koji će se koristiti za opis sorte.

Tradicionalni, morfološki markeri se koriste za proveru različitosti, uniformnosti i stabilnosti sorte, tzv. DUS testovi. UPOV koristi standardne reference u opisu nove sorte, a naročito kada se radi o genetskoj autentičnosti semena namenjenog tržištu. Kod soje se za razlikovanje genotipova najčešće koriste sledeći morfološki markeri: boja cveta, boja dlačica, oblik lista, tip rasta stabla, dužina vegetacije, a nekada i svojstvo otpornosti prema određenoj vrsti patogena.

Međutim, u savremenom oplemenjivanju soje stvaraju se sorte koje se fenotipski malo razlikuju, s obzirom da se stvaraju visoko adaptabilne sorte. Isto tako, na osnovu morfoloških markera ne može se utvrditi stepen čistoće semena jer uslovi spoljne sredine, kao i stres tokom razvoja semena, mogu maskirati specifične morfološke osobine. Pored ovoga, postoji i niz drugih nedostataka korišćenja poljskih ogleda za ispitivanje genetske čistoće semena soje: usev se mora uzgajati u rejonu gde je sorta dobro adaptirana; poljski ogledi zahtevaju vremenski period od najmanje šest meseci da bi se sve karakteristike ispoljile tokom vegetacione sezone; skupi su, zahtevaju zemljište, opremu i osoblje za izvođenje, kao i stalne kontrole; morfološke karakteristike koje se koriste za opisivanje sorte ne mogu se koristiti i za identifikaciju svih sorti; tokom ispitivanja može se pojaviti subjektivna ocena osoblja koje izvodi testove.

Biohemijski markeri – Izoenzimi

Primena biohemijskih markera je u prednosti u odnosu na morfološke, s obzirom na ispitivanja koja su na nivou genotipa, nasuprot fenotipu, a uticaj spoljašnje sredine je minimalan. I proteini i aminokiseline omogućavaju primenu podesnog analitičkog metoda za identifikaciju sorti. Proteini su direktni produkti gena i stoga su veoma pogodni kao markeri strukturalnih gena. U biljkama postoje proteini koji su visoko polimorfni, posebno rezervni proteini u semenu ali i drugi proteini semena i vegetativnih delova, kao i enzimi.

Može se reći da se elektroforeza proteina i enzima uspešno koristi u oplemenjivanju, proizvodnji i prometu semena, kao izvor genetskih markera, pri priznavanju sorti u DUS testovima i zaštiti autorskih prava, u proizvodnji i sertifikaciji semena, u smislu kontrole identiteta sorte i genetske čistoće, dokumentovanje genetskih resursa u gen bankama i drugim kolekcijama. Ova tehnika je usvojena od strane ISTA kao standardni referentni metod pri ispitivanju kvaliteta semena.

Elektroforeza izoenzima, zasnovana na različitoj migraciji polimorfnih enzimskih proteina kroz gel u električnom polju, pojavila se kao pogodna tehnika za identifikaciju sorti. Partije semena se mogu putem izoenzimskog fingerprinta u veoma kratkom vremenskom roku ispitati i identifikovati.

Sortno specifična izoenzimska varijabilnost kod soje predstavljena je sa nekoliko enzima kao što su α -amilaza, peroksidaza, ureaza i izocitrat dehidrogenaza. Uspešnost korišćenja izoenzimskog fingerprinta u identifikaciji sorti soje ukazuje na mogućnost kombinovanja ove tehnike sa tradicionalnom, tj. sa morfološkim markerima. Sprovedena ispitivanja pokazuju povećanje identifikacije sa 77% (samo izoenzimi) na 95% (izoenzimi i morfološki markeri), što potvrđuje da treba nastaviti upotrebu i tradicionalnog metoda identifikacije (Cardy i Beversdorf, 1984). Korišćenjem morfoloških markera, od 36 ispitivanih sorti soje, identifikovano je samo šest, dok je upotreba izoenzimskih markera bila mnogo efikasnija jer se uspelo identifikovati 15 sorti soje.

U ispitivanju kvaliteta semena, elektroforetsko variranje proteina i enzima može se koristiti za utvrđivanje stepena oštećenja semena tokom starenja. Uočeno je povećanje broja traka proteina, esteraze i glutamat oksalo-acetat transaminaze, u suvom semenu, sa povećanjem perioda starenja semena. Ovo ukazuje da u ostarelom semenu soje dolazi do kvalitativnih promena proteina i enzima (Chauhan i sar., 1985)

Laboratorijske tehnike su znatno brže i jeftinije u odnosu na poljske, a takođe su i vremenski fleksibilnije. One su našle svoje mesto kada je potreban brz pregled novih biljnih genotipova, kao i za otkrivanje promena u genomu u semenu soje koje se umnožava ili je čuvano u skladištima.

Molekularni markeri

Molekularni markeri predstavljaju nove mogućnosti za oplemenjivače u iznalaženju novih izvora varijabilnosti i pronalaženju genetskih faktora koji kontrolišu osobine koje se nasleđuju kvantitativno.

Početni tip DNK markera, koji uključuje korišćenje grupe bakterijskih proteina nazvanih restrikcioni enzimi (RE) za sečenje DNK na fragmente nazvan je RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism). RFLP su prvi široko korišćeni molekularni markeri u semenarstvu soje pri ispitivanju kvaliteta i genetske čistoće semena. Ovi markeri i epistatičke interakcije među njima objašnjavaju 71% varijabilnosti svojstva. Pomoću RFLP tehnike markirana su dva QTL alela koji kontrolišu sadržaj proteina i ulja u semenu soje. Takođe je pronađeno da QTL alel za visok sadržaj proteina uzrokuje redukciju prinosa (Sebolt i sar., 2000).

U 1990. godini je ustanovljeno da se nova molekularno genetska tehnika, nazvana Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), može koristiti za identifikaciju sorti. Uslovi spoljne sredine, starenje semena, zaraženost gljivama i poreklo proizvodnje, nemaju uticaja na stabilnost RAPD u semenu soje, tako da se ova tehnika može koristiti rutinski u programu ispitivanja semena. Ovo je brza, jednostavna i relativno jeftina metoda, mnogi lokusi se mogu veoma brzo identifikovati, te se RAPD markeri mogu uspešno koristiti u identifikaciji sorti soje (Jianhua i sar., 1996a). Tako su na osnovu četiri korišćena prajmera nađene genetske razlike između sorti soje, što može biti put ka njihovoj kompletnoj identifikaciji (Zlokolica i sar., 1999). Ispitivanjem RAPD profila veštački i prirodno starenog semena soje, preko 188 prajmera, utvrđeno je da je šest pokazalo polimorfizam između prirodno ostarelog i svežeg semena, a dva je pokazalo polimorfizam između veštački ostarelog i svežeg semena (Jianhua i sar., 1996b).

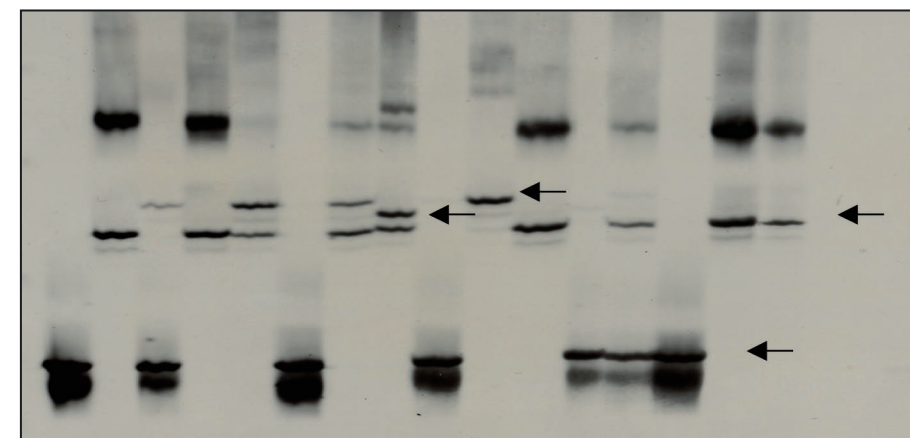
U poslednjih nekoliko godina mikrosateliti se široko istražuju u biljkama jer su jednostavni za detektovanje korišćenjem PCR, pokazuju značajan polimorfizam i kodominantni su u prirodi. Sistem markera kao što su SSR (Simple Sequence Repeat) su postali veoma često korišćeni markeri za genetsko mapiranje. SSR markeri pokazuju odličnu komplementarnost sa RFLP i RAPD markerima za upotrebu u molekularnoj biologiji, genetici i oplemenjivanju soje. SSR metod je u osnovi osetljiviji u odnosu na tradicionalno korišćenje morfoloških i biohemijskih metoda za identifikaciju sorti soje, te će verovatno u budućnosti postati standardan metod za identifikaciju sorti i utvrđivanje genetske čistoće semena soje (Slika 12.5). Pored osobina kvaliteta semena soje, molekularni markeri se koriste kako bi olakšali otkriće i korišćenje novih gena otpornosti na bolesti. Identifikovani su SSR markeri koji bi se mogli koristiti za početak mapiranja alela za rezistentnost na *Phytophthora sojae* (Burnham i sar., 2002).

Dijagnostički DNK markeri, odnosno predviđajuća sposobnost DNK markera zavisi od njihove vezanosti za gene otpornosti i fenotipsku ekspresiju gena u drugačijim uslovima spoljne sredine i genetske osnove. U procesu identifikovanja i priznavanja sorti soje, otkrivanju razlika u genomima između sorti, kao i proceni genetske

divergentnosti, neophodno je korišćenje molekularnih markera. Svaka sorta bi trebalo da ima svoju "ličnu kartu" koja bi se sastojala iz deskriptora morfoloških osobina i specifične kombinacije ili šifre polimorfnih molekularnih markera (Nikolić, 2002).

Slika 12.5

SSR polimorfizam genotipova soje (foto: Z. Nikolić)



IZVOD

Semenarstvo u najširem smislu reči obuhvata proizvodnju, doradu i promet semena. Ono podrazumeva niz faza koje čine jednu celinu: zasnivanje i gajenje, kontrolu semenskih useva u polju, ubiranje, doradu, ispitivanje i utvrđivanje semenskih kvaliteta, uskladištenje i čuvanje, distribuciju i promet semena. Semenarstvo se može smatrati i završnom fazom oplemenjivanja, jer novostvorene proizvodne osobine imaju i novu biološku vrednost.

Organizacionu celinu u ciklusu proizvodnje semena čine naučno-istraživački instituti, proizvođači semena, dorađivači i prometne organizacije. Proizvodnja visokih kategorija semena obavlja se u organizacijama u kojima je sorta stvorena i nalazi se pod direktnom kontrolom oplemenjivača, a seme nižih kategorija u poljoprivrednim organizacijama, a pod nadzorom oplemenjivača, odnosno naučnih ustanova, i nadležnih inspeksijskih organa.

Proizvodnja semena soje je odgovoran posao, te pri projektovanju tehnologije proizvodnje sve elemente treba tako postaviti da se rizik proizvodnje svede na minimum, ekonomski efekti naglase i ispuni zakonska regulativa. Kvalitetno seme je prvi uslov visoke proizvodnje, te da bi se on postigao, seme se dorađuje, pakuje, ispituje i ako zadovoljava zakonom propisane norme kvaliteta, pušta u promet.

LITERATURA

Anderson, D.J. i Baker, E.J. (1983): Deterioration of Seed During Aging. *Phytopathology* 53: 321-325

Balešević-Tubić Svetlana, Hrustić Milica, Milošević Mirjana, Tatić Mladen, Vujaković Milka (2001): Uticaj suše na kvalitet i prinos semena soje. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, sveska 35: 383-390.

Bošnjak, Đ., Dragović, S. (1998): Navodnjavanje soje: Hrustić Milica, Vidić, M., Jocković, Đ. (red.): *Soja. Institut za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej: 227-252.

Burnham, K.D., Fransis, D.M., Dorrance, A.E., Fioritto, R.J., Martin, S.K., St. (2002): Genetic Diversity Patterns among Phytophthora Resistant Soybean Plant Introductions Based on SSR Markers. *Crop Sci.*, 42: 338-343.

Cardy, B.J. i Beversdorf, B.S. (1984): A procedure for the starch gel electrophoretic detection of isozymes of soybean (*Glycine max* (L) Merr.). *Dep. Crop science Tech. Bull.* 119/8410., Univ. of Guelph, Guelph, ON.

Chauhan, K.P.S., Gopinathan, M.C. i Babu, C.R. (1985): Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. *Seed Sci. & Technol.*, 13: 626-641.

Delouche, J.C. i Baskin, C.C. (1973): Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. & Technol.*, 1: 427-453.

Hailstones, M.D., Smith, M.T. (1988): Lipid peroxidation in relation to declining vigour in seeds of soya (*Glycine max* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.). *J. Plant Physiol.*, Vol. 133, pp. 452-456.

Hrustić Milica, Balešević-Tubić Svetlana, Tatić, M. (2004): Proizvodnja semena soje: Milošević Mirjana, Malešević, M. (red.): *Semenarstvo Naučni institut za ratarstvo i Povrtarstvo*, Novi Sad, Vol. II: 551-583.

Jianhua, Z., McDonald, M.B., Sweeney, P.M. (1996a): Soybean cultivar identification using RAPD. *Seed Sci. & Technol.*, 24: 589-592.

Jianhua, Z., McDonald, M.B., Sweeney, P.M. (1996b): Random amplified polymorphic DNA (RAPDs) from seeds of differing soybean and maize genotypes. *Seed Sci. & Technol.*, 24: 513-522.

Jovičević, B., Milošević Mirjana (1990): *Bolesti semena. Dnevnik. Novi sad*

Milošević Mirjana, Zlokolica Marija, Tatić, M. (1998): *Semenarstvo soje: Hrustić Milica, Vidić, M., Jocković, Đ. (red.): Soja. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej: 253-275.*

Mirić, M. (1998): *Semenarstvo kao izazov. Društvo selekcionera i semenara Republike Srbije, Institut za kukuruz Zemun Polje, Beograd.*

Nikolić, Zorica (2002): *Identifikacija genotipova soje (Glycine max L. Merrill) na osnovu morfoloških, biohemijskih i molekularnih markera. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet.*

Nkang, A. i Umoh, E.O (1997): Six month storability of five soybean cultivars as influenced by stage of harvest, storage temperature and relative humidity. *Seed Sci. and Technol.*, 25, pp. 93-99.

Rules, International Rules for Seed Testing. ISTA, 1999.

Rules, International Rules for Seed Testing. ISTA, 2003.

Sebolt, M., Shoemaker, R. i Diers, B. (2000): Analysis of a quantitative trait locus allele from wild soybean that increase seed protein concentration in soybean. *Crop Sci.* 40:1438-1444.

Tatić, M., Miladinović, J., Kostić, M., Đukić, V. (2006): Uticaj primenjene tehnologije proizvodnje na prinos semena soje u 2005. godini. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, 42: 361-368.

Zlokolica M., Milošević M., Nikolić Z., Balešević-Tubić S., Galović V., Vujaković M. (1999): *Primena metoda biotehnologije u identifikaciji i genetskoj oceni kvaliteta semena. Zbornik radova Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, 31: 369-378.

BOLESTI SOJE

Miloš Vidić, Stevan Jasnić

Bolesti soje mogu u značajnoj meri uticati na visinu i stabilnost prinosa ove industrijske biljke. Ponekad, pri epifitocijama, pojedini prouzrokovaci bolesti dovode u pitanje rentabilnost gajenja soje. Prema podacima Sinclair-a i Backman-a (1989) u 1987. godini bolesti u svetu su smanjile prinos za 10,3 miliona tona.

Poznat je veliki broj fitopatogenih mikroorganizama, parazita soje, koji izazivaju različite bolesti. U svetu je opisano više od 100 patogena soje, a smatra se da oko 35 mogu izazvati ekonomski značajne štete (Sinclair i Backman, 1989). Najbrojnije i najštetnije su mikoze, a zatim bakterioze i viroze.

U jednom agroekološkom regionu obično se u jačem intenzitetu pojavljuje jedan ili nekoliko patogena, dok se ostali ili ne javljaju, ili su sporadično prisutni. Samo u pojedinim godinama, zavisno od niza faktora, dolazi do njihove intenzivnije pojave.

Širenje soje na veće površine u našoj zemlji, uslovalo je da bolesti postaju sve značajniji problem u gajenju ove biljne vrste. Istovremeno, intenzivirana su proučavanja najznačajnijih parazita, kao i iznalaženje mera za njihovo suzbijanje.

U poslednje dve decenije opisan je veći broj, za našu zemlju novih parazita soje. Proučene su morfološke i biološke karakteristike kao i epidemiologija u našim agroekološkim uslovima, što omogućava njihovo bolje poznavanje i iznalaženje efikasnih mera zaštite.

Pokazalo se da su najznačajniji paraziti *Peronospora manshurica* (plamenjača) i *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (bakteriozna pegavost) na listu, *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* (rak stabla) i *Sclerotinia sclerotiorum* (bela trulež) na stablu. Najopasniji parazit korena je *Macrophomina phaseolina* (ugljenasta trulež), a na semenu gljive iz roda *Diaporthe/Phomopsis*.

U ovom poglavlju detaljnije su opisani navedeni paraziti. Takođe su obrađeni i ostali prouzrokovaci bolesti soje u našoj zemlji, kao i oni koji nisu utvrđeni kod nas, ali su veliki problem u pojedinim regionima gajenja soje u svetu.

Pošto se hemijsko suzbijanje parazita soje vrlo retko primenjuje, u svetu i kod nas, u tekstu je veća pažnja posvećena agrotehničkim merama.

Mrka pegavost je zapažena prvi put na soji u Japanu (Hemmi, 1915. loc. cit. Sinclair i Shurtleff, 1975), mada ima indicija da je još od ranije bila prisutna na ovoj biljci u Italiji (Anonymous, 1913. loc. cit. Ammar, 1983). Do sada je prisustvo mrke pegavosti utvrđeno u većini zemalja Azije, Južne i Severne Amerike i Evrope (Sinclair i Dhingra, 1975., Ammar, 1983., Ivanović, 1992). U Srbiji se ova bolest često pojavljuje na soji u Vojvodini (Štraser, 1982, Ammar, 1983., Jasnić i Vidić, 1985).

Štetan uticaj mrke pegavosti na prinos soje nastaje usled prevremenog opadanja zaraženog lista. Pri jakoj pojavi bolesti može biti uništeno i do 40% lisne mase (Young i Ross, 1978), što se naročito odražava na broj mahuna po biljci i krupnoću, odnosno, masu 1000 zrna (Almeida, 1980., loc. cit. Ammar, 1983). Prinos soje može biti smanjen i preko 20%, pri jakoj pojavi oboljenja (Whitney, 1978). U uslovima veštačke infekcije u polju, smanjenje prinosa kreće se od 12 do 34% u zavisnosti od sorte (Lim, 1980). Istraživanja u našoj zemlji pokazala su da mrka pegavost značajno utiče na masu 1000 zrna, kao i na sadržaj ulja i proteina. Pri infekciji biljaka suspenzijom konidija u polju, kasnostasnije sorte su jače zaražene i reaguju većim smanjenjem prinosa, od rasnostasnih (Ammar, 1983). Prema istraživanjima Giesler-a i Weissling-a (2004) smanjenje prinosa se kreće od 8% do 15% i to kada nastupi prerana defolijacija na 20% do 50% biljaka soje.

Simptomi

Simptomi mrke pegavosti soje pojavljuju se u proleće, odmah nakon nicanja biljaka. Prisutni su tokom celog vegetacionog perioda, na svim nadzemnim organima biljke.

Već se na kotiledonima uočavaju tamnosmeđe do crne pege, nepravilnog oblika i različite veličine. Zatim se na prostim listovima javljaju mrkocrvenkaste pegice, u početku sitne, a vremenom se uvećavaju dostižući 4 do 5 mm u prečniku. Pege su po obodu ograničene lisnim nervima, zbog čega obično dobijaju ugaon oblik. Vidljive su i sa lica i sa naličja lista (Slika 13.1a). Prosti listovi ubrzo žute, suše se i opadaju.

U povoljnim vremenskim uslovima mrka pegavost se širi, zahvatajući novoformirane tropere listove. Mnogobrojne, crvenkastosmeđe pegice se uvećavaju i međusobno spajaju, stvarajući manje ili veće nekrotične površine. Obolelo lišće zatim žuti i prevremeno opada, a pri jakim epifitocijama na biljkama ostaje samo nekoliko vršnih listova.

Krajem vegetacije, u vreme žućenja lišća, simptomi se počinju pojavljivati i na stablu, bočnim granama i mahunama. U početku su to ovalne, vlažne, smeđe pege

koje starenjem dobijaju sivkastu do tamnoplavu boju. Zahvataju površinu od nekoliko milimetara do nekoliko kvadratnih centimetara, međusobno se spajaju, tako da su ponekad na stablu, granama i mahunama prisutne samo male nezahvaćene oaze (Slika 13.1b, c). U okviru pega vidljivi su sitni crni piknidi, uronjeni u biljno tkivo (Slika 13.1d).

Slika 13.1

Septoria glycines (foto: M. Vidić i R. Jevtić)



a) Pege na listu - gore levo; b) Simptomi na stablu - gore desno;
c) Pega na stablu (detalj) - dole levo; d) Piknidi formirani u okviru pege - dole desno

Osobine parazita; biologija i epidemiologija

Mrku pegavost soje izaziva *Septoria glycines* **Hemmi**. Ova gljiva je uskospecijalizovan parazit, koji osim soje nema drugih biljaka domaćina (Ammar, 1983).

Na hranljivim podlogama gljiva raste sporo, formirajući koloniju, u početku svetlosive, a kasnije crne boje. Hife se intenzivno granaju, izdvojene su pregradama

(septirane) i imaju zadebljale zidove. U okviru micelije gljiva stvara tamne piknide, loptastog ili malo spljoštenog oblika, sa tankim zidovima i otvorom (ostiolom) na vrhu. Prečnik piknida je 90 – 100 µm. Konidije su bezbojne ili bledozelenkaste, končaste i savijene. Imaju do 3 pregrade koje su vidljive samo u vreme klijanja. Klijanje na krajevima u jednu ili nekoliko hifa, nakon 24 do 48 časova, pri temperaturi od 25°C (Ammar, 1983).

S. glycines prezimljava u zaraženim žetvenim ostacima, a retko i u semenu soje. U biljnim ostacima (najčešće u stablima), tokom jeseni formiraju se piknidi, a u proleće naredne godine u njima se stvaraju konidije. Oslobođene konidije zahvaćene kišnim kapima i vetrom dospevaju na mlade biljčice, gde klijanje u infekcione hife. Hife prodiru kroz stome u list, ne stvarajući apresoriju i vrše primarne infekcije. Micelija gljive se u tkivu lista razvija interćelijski i izaziva nekrozu ćelija. Nakon opadanja zaraženog lišća u njemu se formiraju piknidi sa konidijama, koje tokom vegetacije vrše sekundarne zaraze. Pojavu i širenje mrke pegavosti pospešuju topli i vlažni vremenski uslovi. Zato, nastupanjem sušnog peiroda u julu, biva zaustavljeno širenje oboljenja lista, na gornjim delovima biljke.

Nema potpuno otpornih genotipova soje prema *S. glycines*, ali su zapažene značajne razlike u osetljivosti. Kao manje osetljive pokazale su se sorte Kent, Dormon, Lee, Ogdon Raonoke (Baeza, 1971) SRF-150, SRF-200, Kirin 3-11, i Fiskeby V (Ammar, 1983). Pri infekciji u kontrolisanim uslovima nijedan genotip soje ne ispoljava otpornost prema *S. glycines*, ali sorte CTS-40, IAS-5, Pi-230975 i Pi-204332 su pokazale slabiji stepen zaraze i sporiji razvoj bolesti (Almeida, 2001).

Suzbijanje

Za suzbijanje mrke pegavosti preporučuje se izbegavanje gajenja soje u monokulturi, duboko zaoravanje ili spaljivanje žetvenih ostataka, upotreba zdravog semena za setvu, stvaranje i širenje u proizvodnji manje osetljivih sorti. Pojava mrke pegavosti na semenskom usevu, efikasno se može suzbiti sa dva do tri tretiranja fungicidima. Tretiranja treba izvoditi od početka cvetanja do nalivanja mahuna, preparatima na bazi tiofanatmetila.

PLAMENJAČA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Plamenjača je jedno od najrasprostranjenijih oboljenja soje. Prvi put je zapažena na soji u Kašmiru (Kina) 1908. godine, a zatim u SAD 1923. godine (Sinclair i

Shurtleff, 1975). Od tada se proširila u većini zemalja u kojima se ova biljka gaji (Aćimović, 1988). Na soji u Jugoslaviji uočena je i opisana početkom pedesetih godina ovog veka u Mačvi (Nikolić, 1951a).

Postoje protivurečna, neusaglašena mišljenja o uticaju plamenjače na prinos i kvalitet soje. Oboljenju se pridaje ili suviše veliki značaj, ili se smatra da nema nikakvog značaja. Međutim, malo je konkretnih podataka o uticaju plamenjače na prinos. Athow (1973) smatra da se smanjenje prinosa kreće oko 8%. Dunleavy (1987) je utvrdio da je prosečno smanjenje 11,8%, a da je kod veoma osetljivih sorti, u povoljnim godinama, prinos niži i do 25%.

Prema našim zapažanjima (Vidić, 1992), štetnost plamenjače naročito dolazi do izražaja u godinama koje u prvom delu vegetacije obiluju padavinama, a zatim nastupi duži sušan period. U kišnom periodu dolazi do jake pojave plamenjače na listu. Nastupanjem suše obolelo lišće brzo vene i opada, kao posledica zajedničkog delovanja parazita i nedostatka vode u zemljištu. Biljke prisilno, prevremeno dozrevaju, skraćuje se period nalivanja zrna, što se negativno odražava na prinos soje.

Simptomi

Plamenjača se najčešće javlja na listu i semenu, a može izazvati i sistemične infekcije biljaka soje. Sistemične infekcije nastaju na biljkama izniklim iz zaraženog semena, ili kada klijanci soje dođu u dodir sa oosporama iz zemljišta. Simptomi se prvo uočavaju pri osnovi prostih listova, u vidu svetlo zelenih ili žutih površina, koje se lepezasto šire duž nerava. Parazitna gljiva nastavlja sa razvojem u sistemično zaraženoj biljci i prodire u novoformirane, tropere (prave) listove. Troperi listovi biva ju zaustavljeni u porastu, a prošarani su žutim ili bledozelenim lepezastim pegama. Rubovi liske se uvijaju prema dole. Kroz stomine otvore izbijaju konidiofore sa konidijama, stvarajući na naličju lista sivkasto-smeđu navlaku. Sistemično zaražene biljke zaostaju u porastu i znatno su niže od zdravih. U usevu su zastupljene u veoma niskom procentu (ispod 0,5%).

Sa sistemično zaraženih biljaka konidije dospevaju na okolne biljke i vrše sekundarne zaraze, prvo na listu a kasnije i na mahunama i semenu. Sekundarne zaraze su najraširenije i najštetnije na soji. Prvi simptomi bolesti su u vidu bledozelenih ili žućkastih pega (Slika 13.2a). Obično počinju da se javljaju u fenofazi dva ili tri prava lista, a znatno ređe u vreme pojave prvog pravog lista. Pri vlažnim vremenskim uslovima pege se brzo šire i uvećavaju, a ponekad dolazi i do njihovog međusobnog spajanja. Tkivo u okviru pega vremenom se suši i nekrotira, poprimajući sve tamnije nijanse žute, odnosno smeđe boje (Slika 13.2b). Ako je plamenjačom zahvaćena veća površina, list se uvija na krajevima, suši i opada. Opadanje zaraženih listova naročito je izraženo u vreme suše, koja je u našim agroekološkim uslovima skoro redovna krajem jula i u avgustu. Simptomi su vidljivi i na naličju lista, gde se u okviru pega formira navlaka od konidiofora i konidija. Ova paperjasta navlaka je u početku ble-

dosmeđa, a starenjem dobija purpurnu boju i po ovom karakterističnom simptomu plamenjača se lako razlikuje od ostalih bolesti lista soje.

Mahune mogu biti zahvaćene plamenjačom, međutim, simptomi nisu vidljivi spolja, već u unutrašnjosti mahune i na semenu. Semenjača je delimično ili potpuno obložena bledožutom skramom od micelije i oospora. Skrama se najčešće formira oko hiluma, mada pri jačoj pojavi može zahvatiti celo zrno (Slika 13.2c). Zaraženo seme je sitnije od zdravog i znatno slabije klijavosti i energije klijanja.

Slika 13.2

Peronospora mashurica (foto: M. Vidić i R. Jevtić)



a) Simptomi plamenjače na listu - gore levo, b) Pege na listu (detalj) - gore desno, c i d) Simptomi na semenu – seme inkrustrirano micelijom i oosporama (foto Vidić i Jevtić)

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Plamenjaču soje izaziva *Peronospora manshurica* (Naum) Syd. ex Gäum. (syn: *Peronospora sojae* Lehman i Wolf). Ova fitopatogena pseudogljiva je obligatni, usko-specijalizovani parazit, koji izuzev soje ne napada druge biljne vrste.

Miceliju *P. manshurica* sačinjava splet jednoćelijskih (neseptiranih) hifa, prečnika 7 – 10 µm. Micelija se razvija u međućelijskim prostorima biljke domaćina, a u ćelije prodire pomoću cilindričnih, uvijenih i razgranatih haustorija. Konidiofore sa konidijama izbijaju kroz stomine otvore, stvarajući rastresitu navlaku na naličju lista. Konidiofore su tanke i duge (240 – 984 x 5 – 9 µm), sive do bledoljubičaste boje. Dihotomo se granaju (dva do deset puta), a završavaju se sa po dve sterigme. Na sterigmama se obrazuju eliptične, jednoćelijske i bezbojne konidije, 19 – 24 µm u prečniku (Sinclair i Baskman, 1989).

U polnom ciklusu razmnožavanja dolazi do spajanja ženskih i muških polnih ćelija, oogonija i anteridija, i nastaju oospore. To su trajne spore, tamnosmeđe boje i sferičnog oblika, 20 – 45 µm u prečniku. Okružene su čvrstim spoljašnjim zidom, koji može biti gladak ili naboran. Oospore se formiraju u zaraženom lišću, unutrašnjem delu mahune i na semenu soje, a prema Mc Kenzie- u i Wyllie-u (1971), mogu se naći i u tkivu korena, unutrašnjosti stabla i lisnim peteljka sistemično zaraženih biljaka.

Oospore služe za prezimljavanje *P. manshurica*. Novija istraživanja ukazuju da se gljiva održava i micelijom u, i na semenu (Roongruangsree i sar., 1988). U vreme klijanja i nicanja soje oospore sa semena i zaraženih žetvenih ostataka kliju u kličnu cev, pomoću koje parazit prodire u klijanac vršeci primarne infekcije. Iznikle biljke su sistemično zaražene. Temperatura zemljišta od 13°C je optimalna za nastanak primarnih infekcija (Lehman, 1953a), tako da se najveći procenat sistemično zaraženih biljaka javlja pri najranijim rokovima setve (Vidić i sar., 1995a).

Sekundrane infekcije vrše konidije sa sistemično zaraženih biljaka. Zahvaćene vetrom, konidije dospevaju na okolno lišće, kliju u infekcionu hifu i gljiva kroz stomu prodire u mezofil lista. Klijanje konidija odvija se u kapi vode ili rose, u temperaturnom intervalu od 10 do 30°C. U povoljnim uslovima inkubacioni period traje 7 do 10 dana (Grabe i Dunleavy, 1959). Na licu lista se zatim uočavaju žućkaste pege, a sa naličja reproduktivni organi gljive.

Broj i veličina pega zavise od starosti lista i osetljivosti genotipa soje. Na mladim listovima, naročito kod osetljivih genotipova, pege su vrlo krupne i zahvataju veću površinu liske, dok se na starijem lišću javlja veći broj sitnih pega. Manje osetljivi genotipovi soje takođe reaguju stvaranjem sitnijih pega na listu.

Širenje plamenjače tokom vegetacije favorizuju česte kiše, jake jutarnje rose, visoka relativna vlažnost vazduha i umerena temperatura od 18 do 22°C. Sporulacija pseudogljive moguća je u temperaturnom intervalu od 10 do 30°C (Aćimović, 1988).

Zapažena je velika varijabilnost u patogenosti unutar populacije gljive *P. manshurica*. Prve tri rase ovog patogena izdvojio je Geesman (1950a) u SAD. Zatim su Lehman (1953b), Grabe i Dunleavy (1959) i Dunleavy (1971, 1977) identifikovali još 29 fizioloških rasa, na osnovu reakcije 14 sorti diferencijatora i obeležili ih rednim brojevima, zaključno sa brojem 32. Sorta Union bila je otporna prema svim, do tada poznatim rasama. Međutim, Lim i sar. (1984) determinisali su rasu br. 33, prema kojoj je ova sorta osetljiva. Ovi autori su utvrdili da su sorte Pridesoy, Palmetto, Kabot, Ogdon i Acadian otporne prema rasi 33.

Geesman (1950b) je utvrdio da otpornost prema *P. manshurica* kontroliše jedan dominantan gen (Rpm). Kasnije je utvrđeno da sorte Kanrich i Pine dell Perfection ispoljavaju imunu ili visokorezistentnu reakciju prema svim poznatim rasama *P. manshurica* (1 do 32), a gen odgovoran za otpornost obeležen je sa Rpm (Bernard i Cremeens, 1971). Primenom povratnih ukrštanja korišćenjem sorte Kanrich kao izvora rezistentnosti, uneta je otpornost prema ovom parazitu u više komercijalnih sorti. Nedavno su Chowdhury i sar. (2002) potvrdili da jedan dominantan gen (Rpmx) kontroliše otpornost prema plamenjači soje i identifikovali RAPD markere vezane za ovaj gen. Postojanje dobrih izvora rezistentnosti i poznavanje prirode otpornosti olakšavaju oplemenjivanje soje na otpornost prema ovom patogenu. Međutim, veliki broj fizioloških rasa i stalno pojavljivanje novih, uslovljavaju da oplemenjivanje soje mora biti kontinuiran proces. Naime, otporne sorte vremenom postaju u većoj ili manjoj meri osetljive. U institucijama koje se bave oplemenjivanjem soje u našoj zemlji značajna pažnja poklanja se ovom problemu. Novije domaće sorte Bačka, Afrodita, Ravnica, Vojvođanka kao i veći broj perspektivnih linija ispoljavaju visok nivo otpornosti prema plamenjači. Izmenom rasnog sastava parazita, usled jakog selektivnog pritiska, ove sorte su izgubile vertikalnu (specifičnu) otpornost, ali su ipak zadržale izvestan stepen horizontalne otpornosti, tako da i pri vrlo povoljnim uslovima ne dolazi do jake pojave plamenjače.

Suzbijanje

Stvaranje i gajenje otpornih sorti je najefikasnija i ekološki najprihvatljivija mera u suzbijanju plamenjače. Većina novijih domaćih sorti soje, koje su trenutno najzastupljenije u proizvodnji, posedovale su zadovoljavajuću otpornost, koja se vremenom izgubila usled promene rasnog sastava parazita.

Za setvu treba koristiti zdravo seme, ili ga tretirati fungicidima na bazi metalaksila, oksadiksila i mankozeba. Ne treba koristiti fungicide koji mogu negativno delovati na kvržičnu bakteriju (*Bradyrhizobium japonicum*). Pri jačoj pojavi plamenjače, semenski usev tretirati kombinacijom sistemičnih i protektivnih fungicida. Broj i vreme tretiranja uskladiti sa meteorološkim uslovima tokom vegetacije. Prema podacima Dunleavy-a (1987) tretiranja soje u fenofazama razvoja između V1 i R7, u intervalima od sedam dana, preparatima na bazi metalaksil-a značajno su povećavali prinos, redukovali razvoj konidija na listovima i procenat zaraženog semena kod osetljivih sorti soje.

Plodored je značajna mera u suzbijanju plamenjače, jer oospore ostaju vitalne i po nekoliko godina. Zaoravanjem žetvenih ostataka na veću dubinu, takođe se smanjuje inokulum, a samim tim i intenzitet pojave plamenjače.

KONCENTRIČNA (MRKO-ZONIRANA) PEGAVOST

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Koncentrična pegavost proširena je u većini regiona gajenja soje u bivšem Sovjetskom Savezu (Enken, 1959), gde je po prvi put i zapažena u istočnom delu Sibira (Abbramoff, 1931., loc. cit. Jasnić, 1984). Kasnije se bolest pojavila i u Kini i Japanu (Ling, 1948., Kurata, 1960. loc. cit. Jasnić, 1984). Nema podataka o pojavi ove bolesti na soji u SAD. U Evropi je njeno prisustvo zapaženo u Nemačkoj (Frandsen, 1953), Čehoslovačkoj (Novakova – Pfeiferova, 1958) i Srbiji (Jasnić, 1984).

Nema preciznijih podataka o uticaju koncentrične pegavosti na prinos i kvalitet soje. U našoj zemlji, itenzivnija pojava ove bolesti registrovana je 1981. godine, u okolini Bečeja, ali nije utvrđivana štetnost (Vidić i sar., 1983b).

Simptomi

Simptomi koncentrične pegavosti pojavljuju se prvo na klijancima, a u kasnijim fenofazama razvića soje i na listu, lisnim peteljka, stablu, granama i na mahunama. Na kotiledonima inficiranih klijanaca uočavaju se nekrotične, mrke pege, usled čega klijanci ponekad venu i suše se.

Prvi znaci bolesti na listovima su u vidu većih (1-2 cm u prečniku), mrkih, okruglastih i malo ulegnutih pega. Pege se koncentrično šire, tako da se obrazuju zone svetlije i tamnije obojenog tkiva, sa svetlomrkim centrom. Pege se obično nalaze oko oboda liske, međusobno se spajaju zahvatajući veće površine. Zaraženi listovi se prevremeno suše i opadaju.

Pri kraju vegetacije primećuje se pojava sočivastih ili eliptično izduženih pega na stablu, najčešće oko nodusa, zatim na granama i mahunama. U okviru pega formiraju se crni, sitni piknidi, poređani u nepravilne koncentrične krugove. Pri ranijim infekcijama pege mogu u potpunosti obuhvatiti stablo, pa se deo biljke iznad obolelog mesta postepeno suši.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Koncentričnu pegavost soje prouzrokuje *Ascochyta sojaecola* **Abram**. Micelija gljive je tamnomrke boje, razgranata je i septirana. U tkivu domaćina razvija se u međučelijskim prostorima. Gljiva formira crne loptaste piknide, sa konidijama (piknosporama). Konidije su bezbojne, cilindrično izdužene, zaobljenih ili malo suženih krajeva. Mogu biti dvoćelijske ili jednoćelijske. Na zaraženim delovima soje formiraju se krupniji piknidi i konidije, nego na hranljivim podlogama. Jasnić (1984) navodi da veličina piknida sa spontano zaraženih stabala soje iznosi 120 – 230 µm u prečniku, a na krompir – dekstroznom agaru 70 – 160 µm. Prema ovom autoru, dimenzije konidija u piknidima sa stabala soje su 3,81 – 6,0 x 7,5 – 12, 5 µm, a sa hranljive podloge 2,5 – 5,0 x 3,8 – 7, 5 µm. Konidije klijaju u kapi vode u jednu ili dve inicijalne hife.

U nepovoljnim uslovima *A. sojaecola* se održava u zaraženim ostacima i semenu soje. Primarne infekcije vrše konidije iz piknida formiranih na biljnim ostacima. Infekcije se odvijaju najčešće preko lista, gde konidije dospevaju kišnim kapima, vтром ili ih raznose insekti. Preko lisne peteljke simptomi bolesti se šire na stablo i grane. Mahune i stablo mogu biti zaraženi i direktno konidijama iz vazduha.

Vlažno i umereno toplo vreme pogoduje nastanku infekcija i širenju parazita.

Suzbijanje

Korišćenje zdravog semena za setvu i poštovanje plodoreda su osnovne, preventivne mere u suzbijanju koncentrične pegavosti. Bolest se može uspešno suzbiti tretiranjem fungicidima, što se ponekad preporučuje pri jačoj pojavi na semenskom usevu.

SIVA ZONIRANA PEGAVOST

Bolest je široko rasprostranjena u glavnim regionima gajenja soje u svetu (Sinclair i Backman, 1989), a registrovana je i u našoj zemlji (Stojanović i Kostić, 1956, Jasnić i sar., 1983). Mada može izazvati prevremeno sušenje i opadanje lista, štete koje uzrokuje nisu od većeg ekonomskog značaja.

Simptomi

Znaci bolesti pojavljuju se u svim fenofazama razvoja soje, prvenstveno na listu, ali i na drugim nadzemnim organima biljke. Na mladim listovima uočavaju

se okrugle, nepravilne ili uglaste pege, do 2 cm u prečniku. Po rubu liske pege imaju oblik slova V, pošto su oivičene lisnim nervima. U početku su bledozelenkaste i hlorotične, sa nejasno izraženim tamnijim obodom. Starenjem postaju svetlosmeđe, a po obodu crvenkasto ili tamnomrke. Tkivo u okviru pega zatim nekrotira, suši se i ispada, tako da listovi dobijaju rešetast izgled.

Simptomi sa lista prelaze na lisnu peteljku, a zatim na stablo i mahune, gde se stvaraju izdužene, svetlosive ili smeđe pege, oivičene uskim crvenkastopurpurnim obodom. Preko mahuna može biti inficirano i seme soje.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Sivu zoniranu pegavost izaziva *Phyllosticta sojaecola* **Massal.** (syn. *P. glycinea* **Tehon et Daniels**). Opisan je telemorfni stadijum ove gljive, pod nazivom *Pleosphaerulina sojaecola* (**Mass.**) **Miura**.

Micelija ove gljive je sivkastocrna i septirana. U okviru nekrotičnih pega stvara ovalne ili loptaste piknide, prečnika 58 – 165 µm. U piknidima se obrazuje veliki broj jednočelijskih, bezbojnih, eliptičnih konidija. Dimenzije konidija su 2,0 – 3,4 x 4,6 – 7,8 µm (Jasnić i sar., 1983).

U nepovoljnim uslovima parazit se održava u semenu i zaraženim žetvenim ostacima, a infekcije biljaka vrše konidije.

Suzbijanje

U cilju suzbijanja sive zonirane pegavosti preporučuje se poštovanje plodoređa, upotreba zdravog i kvalitetnog semena za setvu, kao i uništavanje ili zaoravanje žetvenih ostataka.

SIVA PEGAVOST

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

U toplijim i vlažnijim klimatskim područjima siva pegavost je jedna od najrasprostranjenijih bolesti soje. Prvi put je uočena 1915. godine u Japanu, a zatim 1924. godine u SAD (Sinclair i Backman, 1989). Smanjenje prinosa osetljivih sorti procenjuje se u SAD na oko 15% (Laviolette i sar., 1970). Uvođenjem otpornijih sorti u proizvodnju znatno su smanjeni gubici od ove bolesti.

Siva pegavost je prvenstveno bolest lista, mada se simptomi mogu pojaviti i na stablu, mahunama i semenu soje. Pege na listu su okrugle ili nepravilne, 1 – 5 mm u prečniku. Prvo se sa lica lista uočavaju vlažne sitne pege, sa nešto svetlijim centrom i crvenkastosmeđim rubom. Vremenom, središnji deo pega poprima pepeljastosivu, do svetlosmeđu boju. Vidljive su pege i sa naličja lista, gde su u početku nešto tamnije obojene nego na licu lista. Središnji deo pega sa naličja postaje tamno ili svetlosiv kada se formiraju konidiofore i konidije, a oivičene su tankim crvenkastosmeđim oreolom. Po završetku sporulacije starije pege u centralnom delu pobele. U okviru pega zapažaju se sitne tačke – strome parazitne gljive. Spajanjem pega nastaju nepravilne, nekrotične površine, usled čega se list suši i prevremeno opada.

Simptomi na stablu obično se pojavljuju krajem vegetacije i to u znatno slabijem intenzitetu nego na listu. Pege na stablu su izdužene, spljoštene ili neznatno ulegnute u sredini. Po obodu su oivičene tankom tamnosmeđom do crnom površinom. Starenjem pege postaju najpre smeđe, a zatim svetlosive, sa brojnim crnim stromama u centralnom delu. Slični simptomi mogu se uočiti i na mahunama.

Na semenjači inficiranog semena soje zapažaju se pege različite boje i veličine. Veličina pega znatno varira, od sitnih do veoma krupnih. One ponekad prekrivaju celu semenjaču. Boja im je svetlo do tamnosiva ili smeđa, a ponekad se različito obojene pege slivaju u jednu. Što je zahvaćena veća površina semenjače, to je slabija klijavost i energija klijanja semena.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Sivu pegavost soje izaziva *Cercospora sojina* **Hara** (syn. *C. daizu* **Miura**). U okviru pega, micelija gljive formira strome. One su tanke i tamno obojene. Na njima se obrazuju po 2 do 25 kondiofora koje u vidu snopova izbijaju kroz stomine otvore. Konidiofore su svetlo do tamnosmeđe, dimenzija 52 – 120 x 4 – 6 µm, izdeljene sa jednom ili nekoliko septa (Sinclair i Backman, 1989). Na vrhu konidiofore vidljivi su ožiljci, gde su bile pričvršćene konidije. Naime, nakon sazrevanja konidija otpadne, a konidiofora nastavlja sa porastom, sukcesivno formirajući nove konidije (do 11 na jednoj konidiofori).

Konidije su vretenasto izdužene, pri osnovi zaobljene, sa ožiljkom na mestu gde su bile pričvršćene za konidioforu. Mogu biti jednočelijske, ali su uglavnom poprečno izdeljene septama (do 10 septi), bezbojne su ili slabo obojene. Dimenzije konidija sa lista soje su 24 – 108 x 3 – 9 µm (Aćimović, 1988). Kličaju u kapi vode, u jednu ili više inicijalnih hifa, koje obično izrastaju iz bazne i vršne ćelije.

Gljiva se održava micelijom u semenu i biljnim ostacima. Bolesno seme sporije klija i niče, a nakon klijanja na kotiledonima sporuliše, obezbeđujući inokulum za

infekciju okolnih biljaka. Simptomi na listovima se pojavljuju 9 do 12 dana, a nakon sledećih 24 do 48 časova počinje formiranje konidija. One se raznose vetrom ili kišnim kapima i u povoljnim vremenskim uslovima vrše nove infekcije na listu, stablu i mahunama. Mladi listovi su podložniji napadu parazita, od starijih. Seme biva zaraženo pri direktnom kontaktu sa pegom na mahuni.

Toplo i vlažno vreme pogoduje sporulaciji *C. sojae*, pojavi i širenju bolesti.

Sorte soje ispoljavaju različite reakcije prema patogenu: od veoma osetljive, do otporne. Dominantni major geni *Rcs1*, *Rcs2* i *Rcs3* kontrolišu otpornost prema najzastupljenijim rasama gljive 1, 2 i 5 (Sinclair i Backman, 1989).

Suzbijanje

U regionima jače pojave sive pegavosti potrebno je u proizvodnji širiti otporne, ili manje osetljive sorte. Za setvu koristiti zdravo seme, ili ga prethodno tretirati fungicidima na bazi tirama i tiabendazola. Nakon žetve treba uništiti ili duboko zaorati žetvene ostatke. Soju ne sejati najmanje dve godine na istoj parceli. Za zaštitu useva osetljivih sorti preporučuje se jedno do tri tretiranja preperatima na bazi benomila, tiabendazola, karbendazima i drugim. Prvo tretiranje izvodi se u fenofazi početka formiranja mahuna, a ostala dva, u koliko je potrebno, u intervalima od 14 do 21 dan (Mc Gee, 1992).

PURPURNA PEGAVOST

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Još 1921. godine purpurna pegavost zapažena je na soji u Koreji, zatim 1922. godine u Japanu, a 1924. godine u SAD (Aćimović, 1988). Danas je ova bolest široko rasprostranjena u Brazilu, Japanu, Tajvanu, Ugandi i svim glavnim regionima gajenja soje u SAD (Sinclair i Backman, 1989). Pojava purpurne pegavosti registrovana je u okolini Banja Luke (Lušin, 1960). U godinama sa obilnim padavinama u vreme sazrevanja soje često su uočavani simptomi purpurne pegavosti na semenu soje u Srbiji (Vidić, neobjavljeni podaci).

Pri intenzivnijoj pojavi bolesti, štete su znatne. Tako su u 1978. godini, na jugu SAD (u 15 saveznih država), gubici procenjeni na 3.500.000 t, a u 1979. godini na 500.000 t. U Brazilu se gubici kreću od 30% na severu, do 15% u centralnim regionima zemlje (Sinclair i Backman, 1989). Bolesno seme ima slabiju klijavost, što se nepovoljno odražava na sklop useva.

Prvi znaci bolesti uočavaju se početkom formiranja, ili za vreme nalivanja zrna. Prisutni su na svim nadzemnim organima, a najčešće na listu soje. Sa lica i naličja lista vidljive su sitne, uglaste ili nepravilne pege. Veličina pega varira od vrlo sitnih do krupnih, oko jednog centimetra u prečniku. Brzo se uočavaju i lako razlikuju od drugih pegavosti lista, po karakterističnoj, crvenkastopurpurnoj boji. Pege se vremenom međusobno spajaju, formirajući nepravilne, nekrotične površine. Često je prisutna i nekroza lisnih nerava. Zahvaćeni listovi žute i prevremeno opadaju i to najpre mlađi, vršni listovi. Stoga se pri jakoj pojavi purpurne pegavosti mogu zapaziti grupe bolesnih biljaka, čiji su vršni listovi žuti i nekrotični, ili su već opali, dok su na nižim spratovima još uvek zeleni.

Simptomi na stablu i lisnim peteljka manifestuju se u vidu crvenkastopurpurnih, malo ulegnutih pega, dužine nekoliko milimetara. Infekcija peteljki izaziva opadanje liski, dok same peteljke ostaju na biljkama. Na mahunama veoma osetljivih genotipova soje prisutne su okrugle crvenkastopurpurne pege, koje starenjem dobijaju mrkopurpurnu boju.

Simptomi na semenu soje su veoma karakteristični i lako prepoznatljivi. Semenjača je delimično ili u potpunosti obojena nijansama ružičaste, svetlopurpurne ili tamnopurpurne boje (Slika 13.3), dok kotiledoni zadržavaju svoju prirodnu boju. Seme može biti zaraženo, bez vidljivih spoljnih simptoma. Na tek izniklim klijancima kotiledoni se smežuravaju i suše, dobijaju tamnopurpurnu boju i opadaju prevremeno. Iz kotiledona infekcija se može proširiti na stablo, gde se stvaraju nekrotične prstenaste pege, te mlade biljke soje venu i propadaju. Pri toplim i vlažnim vremenskim uslovima po površini uginulih klijanaca razvija se baršunasta, sivobeličasta navlaka od micelije, konidiofora i konidija parazitne gljive.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Purpurnu pegavost prouzrokuje *Cercospora kikuchii* (**T. Matsu. & Tomoyasu Gardner** (syn. *Cercosporina kikuchii* **T. Matsu. & Tomoyasu**). Micelija gljive je razgranata i septirana. Mlade hife su prozirne i bezbojne, a starenjem postaju svetlosmeđe. U biljnom tkivu razvija se intracelularno, izazivajući nekrozu ćelija. Na stablu, peteljka, listu i semenu soje sa simptomima pegavosti, parazitna gljiva obrazuje stromatične tvorevine, na kojima se formiraju konidiofore i konidije. Strome se nalaze u površinskom tkivu zaraženih organa i ispod semenjače na semenu, a na površinu izbijaju konidiofore, obično u grupama od 3 do 20. Konidiofore su duge, nerazgranate i septirane. Pri osnovi su deblje i sivomrke, a pri vrhu sužene, malo povijene i bezbojne. Konidije su izdužene, pri vrhu povijene i zašiljene. Imaju veliki broj poprečnih pregrada (i do 49). Veličina im znatno varira u zavisnosti od klimatskog područja i od biljnog organa na kojem su formirane. Tako su dimenzije konidija *C. kikuchii* u

Japanu 4 – 5 x 70 – 164 µm sa do 22 pregrade, a u Severnoj Karolini (SAD) 1,3 – 6,1 x 38,8 – 445 µm, sa 2 do 49 pregrada (Sinclair i Backman, 1989).

C. kikuchii obilno sporuliše u uslovima visoke relativne vlažnosti, pri temperaturi od 23 do 27°C (minimum 18°C). Konidije kličaju u kapi vode, u jednu ili više inicijalnih hifa.

Primarni inokulum potiče sa žetvenih ostataka iz prethodne godine i semena soje, gde se parazit održava po završetku vegetacionog perioda. Sledeće godine gljiva fruktificira na zaraženim biljnim ostacima, a primarne infekcije odigravaju se u vreme cvetanja soje. Sekundarne infekcije vrše konidije, koje se tokom vegetacije sukcesivno formiraju na listu, peteljkama i stablu.

Setvom bolesnog semena, micelija gljive prelazi iz semenjače u kotiledone i prati porast klijanaca. Klijanci obično prežive, ali se kotiledoni smežuraju, osuše i prevremeno otpadnu. Na njima se obrazuje navlaka od konidiofora i konidija, koje zatim vrše infekcije biljaka soje. Zaraženim semenom parazit se širi iz regiona u region.

Pojavu i širenje purpurne pegavosti soje pospešuje toplije vreme (28 do 30°C) i duži periodi sa visokom relativnom vlažnošću vazduha. Zapažene su značajne razlike u osetljivosti genotipova soje prema ovoj bolesti. Sorte otporne na pegavost lista i stabla, ne moraju istovremeno biti otporne na pojavu bolesti na semenu i obrnuto.

Slika 13.3.

***Cercospora kikuchii* - Purpurna obojenost semenjače** (foto: M. Vidić i R. Jevtić)



Suzbijanje

U proizvodnji širiti manje osetljive, odnosno, otpornije sorte. Soju ne sejati na istoj parceli ili posle drugih leguminoza. Koristiti kvalitetno, zdravo seme, ili ga pre upotrebe tretirati odgovarajućim fungicidima, čime se sprečava infekcija klijanaca. Za tretiranje semena koriste se preparati na bazi benomila, kaptana, tirama i karbendazima. Ako je neophodno, usev soje naročito semenski, tretirati fungicidima na bazi benzimidazola u vreme mahunanja soje. Ako je potrebno izvršiti još dva tretiranja u intervalu od 14 do 21 dana. Posle žetve uništiti ili duboko zaorati žetvene ostatke.

PEPELNICA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Pepelnica je prvi put zapažena na soji početkom dvadesetih godina ovog veka u Nemačkoj (Wahl, 1921., loc. cit. Aćimović, 1988). Prisustvo ove bolesti utvrđeno je još i u Brazilu, Kanadi, Kini, Indiji, Portoriku, Južnoj Africi i SAD (Sinclair i Backman, 1989). U našoj zemlji nije do sada konstatovana njena pojava. Spada u red ekonomski značajnijih bolesti soje. Pri intenzivnijoj pojavi, prinos osetljivih genotipova može biti umanjen za 10 do 35% (Dunleavy, 1980; Phillips, 1984).

Simptomi

Pepelnica je prvenstveno bolest lista, mada se simptomi mogu pojaviti na svim nadzemnim organima. Već se na kotiledonim listovima zapaža bela, praškasta navlaka micelije i konidija parazita, prouzrokovala bolesti. Na licu lista stvaraju se manje ili veće površine od beličaste prašnjave navlake, koje se šire i međusobno spajaju, zahvatajući veće delove liske. Kasnije, navlaka postaje prljavobela ili sivkasta, sa sitnim crnim tačkama – kleistotecijama. Zahvaćen list se uvija na krajevima, postepeno suši i prevremeno opada. Simptomi se sa donjih šire na gornje listove, zahvatajući istovremeno stablo, grane i mahune, naročito osetljivih genotipova soje. Manje osetljive sorte na infekciju reaguju znatno blažim simptomima. Kod njih su na listovima prisutne samo manje beličaste površine, u okviru kojih je došlo do fruktifikacije parazitne gljive. Duž nerava uočavaju se hlorotične pege, koje se ponekada neznatno šire i postaju nekrotične. Otporne sorte ispoljavaju hipersenzibilne reakcije, u vidu sitnih hlorotičnih pega na listu i nekroze lisnih nerava. Pojedine sorte soje su osetljive u fenofazi klijanaca, dok su kasnije otporne.

Prouzrokovatelj pepelnice je *Microsphaera diffusa* **Cke. & Pk.** (syn. *Erysiphae polygoni* **DC.**, *E. glycines* **Tai**, *Microsphaera* sp.). Dugo vremena nakon pojave pepelnice, smatralo se da je prouzrokovatelj iz roda *Erysiphae* (*E. polygoni*, *E. glycines*). Do zabune je dolazilo zbog toga što je identifikacija vršena na osnovu nezrelih kleistotecija. Naime, tek potpuno zrele kleistotecije imaju na vrhovima razgranate apendicese, što je pouzdana morfološka karakteristika koja ukazuje da se radi o rodu *Microsphaera*.

Ova gljiva spada u grupu obligatnih parazita, čiji domaćini su još i pasulj (*Phaseolus vulgaris*), grašak (*Pisum sativum*), vigna (*Vigna radiata*, *V. unguiculata*), divlje vrste soje (*Glycine* spp.) i pojedine vrste iz familija *Caprifoliaceae* i *Solanaceae* (Sinclair i Backman, 1989).

M. diffusa stvara na površini bolesnih organa soje septiranu, dobro razvijenu miceliju, u početku bele, a kasnije svetlo sive boje. U ćelije epidermisa gljiva prodire pomoću haustorija. Na kratkim, jednostavnim konidioforama formira konidije u nizovima – oidije. One su zaobljene sa strana i ravne na krajevima (burastog oblika), a dimenzije su im 27,7 – 54,1 x 17,1 – 21,1 μm (Sinclair i Backman, 1989). U tele-morfnom stadijumu parazit stvara kleistotecije. Mlade kleistotecije su svetložute, a starenjem dobijaju tamniju smeđu boju. Na površini izrastaju apendicesi (oko 50), koji su nerazgranati sve do poputnog zrenja kleistotecije. Zrele kleistotecije su potpuno crne, loptaste, 85 – 120 μm u prečniku. Apendicesi su nekoliko puta duži od prečnika kleistotecije, a na vrhu se dihotomo granaju pet do šest puta. Unutrašnjost kleistotecija ispunjavaju kruškoliki askusi, najčešće sa po šest askospora u svakom (Paxton i Rogers, 1974).

Askospore vrše primarne infekcije u proleće, a tokom vegetacije parazitna gljiva se širi konidijama. Prohladno vreme pogoduje razvoju pepelnice. Otpornost prema ovoj bolesti kontroliše jedan dominantan gen (Rmd), koji je inkorporiran u više komercijalnih sorti (Demski i Phillips, 1974).

Suzbijanje

U regionima sa jakim pojavom pepelnice treba gajiti otporne sorte. Pod uslovom da postoji ekonomska opravdanost, ova bolest se može efikasno suzbiti folijarnim tretiranjem fungicidima.

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Rđa je prvi put zapažena i opisana početkom ovog veka na soji u Japanu (Aćimović, 1988). Na istočnoj zemljinoj polulopti je jedna od najznačajnijih bolesti soje. Areal rasprostranjenosti je širok i proteže se od Japana na istoku, do Indije na zapadu i od Rusije na severu do Australije na jugu (Ford i Sinclair, 1977). Ova bolest prisutna je i u nekim državama zapadne zemljine polulopte: Brazilu, Portoriku, Kolumbiji, Tanzaniji i Zambiji (Sinclair i Backman, 1989). Do sada nije zapažena pojava rđe na soji u Srbiji. Poslednjih godina rđa postaje sve veći problem na soji u SAD.

Štete su znatne, naročito u tropskom i subtropskom pojasu, jer se smanjenje prinosa u Japanu kreće i do 40%, u južnom delu Kine 10 do 50%, Tajlandu 10 do 40%, a u Tajvanu 23 do 90% (Sinclair i Backman, 1989).

Simptomi

Simptomi rđe najčešće se javljaju na listu soje, a mogu se pojaviti na stablu, mahunama i lisnim peteljicama. Prvi znaci bolesti na lišću su sitne, hlorotične, vlažne pege, sive ili smeđe boje. One se uvećavaju formirajući poligonalne površine (2 do 5 mm²), ograničene lisnim nervima. Boja pega starenjem postaje žućkastomrka do crvenkastomrka. Zatim se u okviru pega, sa naličja ređe sa lica lista, formiraju uredosorusi. To su ovalna ispupčenja ispod epidermisa, ispunjena uredosporama parazita, prouzrokovatelja bolesti. Uredosorusi su koncentrisani u grupama, obrazujući hrpice ili gomilice i predstavljaju najkarakterističniji simptom rđe, kako na listu, tako i na ostalim organima soje. Nakon sazrevanja epidermis puca i iz uredosorusa se oslobađa rđastomrk prah, odnosno, uredospore parazitne gljive. Listovi soje zahvaćeni rđom žute, venu i opadaju, što ubrzava sazrevanje biljaka i štetno se odražava na prinos.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Rđu soje izaziva *Phacopsora pachyrhizi* **Syd. & P. Syd** (sin: *P. sojae* (**P. Henn.**) **Sawada**, *P. vignae* (**Bres.**) **Arth.**, *Uredo sojae* **P. Henn.**, *Uredo vignae* **Bres.**, *Uromyces sojae* (**P. Henn.**) **Syd.** i *Uromyces sojae* **Miura non Syd.**). Ova gljiva je obligatni parazit. Pored soje, domaćini su joj i mnoge druge leguminoze (Sinclair i Backman, 1989).

Na biljkama soje *P. pachyrhizi* redovno razvija uredostadijum. Stadijumi spermagonija i ecidija do sada nisu uočeni, dok se teleutostadijum sreće vrlo retko. Nema prelaznu biljku domaćina.

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

U okviru pega, na naličju lista, gljiva tokom nekoliko nedelja sukcesivno obrazuje uredosoruse. Smešteni su ispod epidermisa, u manjim ili većim grupama. Lop-tastog su oblika, 100 – 200 μm u prečniku i kada su zreli imaju crvenkastosmeđu, rđastu boju. Na licu lista retko se formiraju uredosorusi i to znatno manji od onih sa naličja lista.

Uredospore su ovalnog ili jajastog oblika, u početku bezbojne, a kasnije žučka-stosmeđe. Veličina im je vrlo promenljiva i zavisi od biljke domaćina i spoljnih uslo-va. Iznosi 18 – 45 x 13 – 28 μm (Sinclair i Backman, 1989). Obrazuju se na kratkim drškama, a nakon sazrevanja oslobađaju preko centralnog otvora uredosorusa.

Pojava teleutosorusa zapažena je samo u nekoliko navrata na soji u Japanu i Tajvanu, mada se na drugim biljkama domaćinima češće formiraju (Sinclair i Ba-ckman, 1989). Teleutosorusi se obrazuju između uredosorusa ili po obodu pege, obič-no na naličju lista. Okrugli su ili nepravilnog oblika, 150 – 250 μm u prečniku. Dok su mlađi, boja im je svetlosmeđa, a starenjem postaju tamnosmeđi i na kraju potpuno pocrne. U teleutosorusima nalazi se tri do pet slojeva teleutospora. Teleutospore su jednočelijske, slabo izdužene, žučkastosmeđe unutrašnjosti i tamnosmeđe obojenim čelijskim zidom. Iako mogu klijati i stvarati bazide sa bazidiosporama, njihova uloga u ciklusu razvoja i epidemiologiji *P. pachyrhizi* nije poznata.

Topliji i vlažniji klimatski uslovi veoma pogoduju pojavi i širenju rđe na soji. Uredospore klijaju u temperaturnom intervalu od 8 do 28°C (optimum 15 do 25°C) u hifu, na kojoj se zatim formira apesorija. Iz apesorije izrasta infektivna hifa i pro-dire u epidermalne ćelije lista. U epidermisu i mezofilu gljiva raste interćelijski, a u susedne ćelije prodire haustorijama. Pri optimalnoj temperaturi za nastanak infekcije (20 do 25°C) pege na listu pojavljuju se za pet dana od inokulacije. Tokom sledećih 9 do 10 dana zapaža se diferenciranje uredosorusa, a nakon narednih 9 do 10 dana počinje oslobađanje uredospora (Sinclair i Backkman, 1989).

Postoji više fizioloških rasa u okviru populacija *P. pachyrhizi*. Identifikovana su četiri gena (Rpp1, Rpp2, Rpp3 i Rpp4) koji kontrolišu otpornost prema rđi. Ovi geni uneti su u više komercijalnih sorti soje.

Suzbijanje

U reonima sa jačom pojavom bolesti treba širiti otporne sorte. Rđa se može efi-kasno suzbiti upotrebom fungicida. Međutim, za potpunu zaštitu useva neophodan je veći broj tretiranja, što znatno poskupljuje proizvodnju.

Antraknoza je opisana prvi put kao oboljenje soje još 1917. godine u Koreji (Hemmi, 1920). Javlja se u većini zemalja gde se soja gaji. Utvrđena je u SAD (Wolf i Lehman, 1924) i Kanadi (Connors i Savile, 1944). U Južnoj Americi atraknoza je utvrđena na soji u Brazilu (Machado i Carvalho, 1975), Kolumbiji (Patino, 1967) i Jamajki (Martyn, 1942). Od afričkih zemalja antraknoza soje je zapažena u Senegalu (Girard, 1979) i Kamerunu (Bernaux, 1979). U azijskim zemljama oboljenje je raši-reno u Tajvanu (Sawada, 1922), Kini (Ling, 1948), Maleziji (Wong i sar., 1983), Ban-gladešu (Rahman i Fakir, 1985), Indiji (Lambat i sar., 1969) i daleko-istočnom delu bivšeg Sovjetskog Saveza (Nelen i Žukavskoja, 1968). Sreće se i u Australiji (Pakbery i Lel, 1972).

Od evropskih zemalja antraknoza se javlja u Francuskoj (Signoret, 1975), Italiji i Španiji (Érsek, 1979). U našoj zemlji je prisutna u Vojvodini u svim rejonima gajen-ja soje (Robotić, 1981, Jasnić, 1983). Intenzitet zaraze zavisi od vremenskih uslova, lokaliteta i sorte.

Pri povoljnim vremenskim uslovima antraknoza soje može da pričini značajne ekonomske štete, smanjujući prinos od 16 do 26% u SAD (Backman i sar., 1982), 30 do 50% u Tajlandu i 100% u nekim delovima Brazila. Antraknoza može smanjiti klijavost semena za 25% i prouzrokovati propadanje izniklih klijanaca i do 80% (Ni-cholson, 1973). Ovo oboljenje je opasno i štetno i u našoj zemlji. Prema rezultatima N`Dzi-a (1994) smanjuje visinu biljaka za 6%, broj zrna po biljci od 9 do 22%, a prinos između 8 i 23%. Isti autor je utvrdio indeks oboljenja od 15% na soji u okolini Bečeja 1989. godine.

Simptomi

Simptomi antraknoze mogu se javiti tokom cele vegetacije soje, od nicanja do zrenja i na svim delovima biljke; semenu, klijancima, stablu, listovima i mahunama. Znaci bolesti u našim ekološkim uslovima se javljaju tek u drugom delu vegetacije. Obično se ispoljavaju na stablu i bočnim granama, a znatno ređe na mahunama. Na stablu i granama najpre se formiraju ulegnute tamnocrne pege, nepravilnog oblika. Pri vlažnom vremenu, u okviru pega, obrazuju se mnogobrojna crna plodonosna tela – acervule, koje prekrivaju celu površinu pege, tako da one postaju crne. U acervula-ma se obrazuju brojni čekinjasti izraštaji – sete, koji vire iznad acervule. Pege se obič-no međusobno spajaju, formirajući nepravilne crne površine, na većem delu stabla i grana (Slika 13.4a, b). Na mahunama se mogu uočiti tamnomrka udubljenja nepra-vilnog oblika, koja kasnije bivaju prekrivena mnogobrojnim acervulama. Napadnute mahune pri vlažnom vremenu mogu da trule. Seme u jako zaraženim mahunama je

sitno, smežurano, često prekriveno sivom navlakom micelije, u okviru koje se stvaraju acervule. Zaraženo seme truli. Kod slabije zaraženih biljaka simptomi na semenu i mahunama se ne zapažaju.

Slika 13.4

Colletotrichum spp. (foto: M. Vidić i R. Jeftić)



a) Simptomi antraknoze na stablu i mahunama, b) pegavost stabla (detalj)

Na listovima se simptomi javljaju u vidu sitnijih ili krupnijih crvenkastih pega, koje se šire i spajaju, a kasnije postaju sivkastomrke. U okviru pega obrazuju se crne acervule. Slične pege formiraju se na lisnim drškama. One prstenasto obuhvataju drške, dok pri jačim zarazama dolazi do prevremenog sušenja i opadanja listova.

Antraknoza napada i seme soje, smanjujući mu klijavost. Setvom zaraženog semena u regionima sa vlažnim i toplim prolećem, simptomi oboljenja se javljaju i na klijancima. Na kotiledonim listovima stvaraju se ulegnute nekrotične tamnomrke pege, koje se šire i zahvataju hipokotil. Kada nekrotične pege prstenasto obuhvate hipokotil, klijanci se suše i venu. Veoma često klijanci postaju svetlomrki, počinju da trule i propadaju. Na zaraženim klijancima stvaraju se mnogobrojne crnkaste acervule. Masovno propadanje klijanaca prouzrokuje proređivanje useva.

Ukoliko inficirani klijanci prežive, biljke postaju sistemski zaražene, često bez vidljivih simptoma oboljenja. Simptomi se ispoljavaju tek nastankom povoljnih vremenskih uslova, odnosno, u vreme sazrevanja soje. Zaražene biljke zaostaju u porastu, prevremeno sazrevaju i obrazuju sitnije i šturo zrno.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Antraknozu soje prouzrokuje više gljiva iz roda *Colletotrichum* i to: *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus et Moore (syn. *C. dematium* (Pers ex Fr.) Grove var. *truncatum* (Schw.) Arx., *C. dematium* var. *truncata* (Schw.) Arx i *C. glycines* Hori). Telemorfni stadijum ove vrste nije poznat. Ostale vrste iz ovog roda su: *C. destructivum* O’Gara sa telemorfnim stadijumom *Glomerella glycines* (Hori) Lehman et Wolf, *C. gloeosporioides* (Penz) Sacc. sa telemorfnim stadijumom *G. cingulata* (Ston) Spauld. et Schrenk i *C. graminicola* (Ces.) Wilson čiji je telemorfni oblik nepoznat. Sve vrste, osim *C. graminicola* se održavaju, prezimljavaju i šire zaraženim semenom.

Od nabrojanih vrsta u našoj zemlji se javljaju *C. dematium* (Jasnić, 1983) i *C. destructivum* (Robotić, 1981). Ispitivanja su pokazala da se vrsta *C. dematium* intenzivnije javlja i da je raširenija u većini rejonja gajenja soje u Vojvodini, u odnosu na *C. destructivum* (N’Dzi, 1994).

Znaci oboljenja na soji koje prouzrokuju ove vrste teško se razlikuju, te se na osnovu simptoma ne može pouzdano utvrditi o kojoj je vrsti reč.

Gljiva *C. dematium* stvara sivkastobelu septiranu miceliju. U okviru micelije obrazuju se crne gomilice nepravilnog oblika, često slivene u veće grupe – strome. One su okruglastog, izduženog ili nepravilnog oblika, prosečne veličine 150 x 80 µm (Jasnić, 1983). U stromama se stvaraju crno obojena plodonosna tela – acervule, najčešće u grupama. One su jajastog, izduženog ili poluloptastog oblika, sa mnogobrojnim kraćim ili dužim crnim čekinjasto – iglastim izraštajima – setama. Sete su različite dužine, na vrhu jako zašiljene, sa 3 do 5 poprečnih pregrada, veličine 50 – 155 x 2,5 – 5 µm. U acervulama se stvaraju brojne bezbojne konidije. Konidije su jednočelijske, srpasto povijene sa više ili manje zašiljenim ili pak oblim vrhovima i sa nekoliko kapi ulja. Veličina konidija formiranih u kulturi iznosi 18,75 – 23,75 x 3,75 – 4,25 µm (Jasnić, 1983). Tiffany i Gilman (1954) daju dimenzije konidije koje je gljiva *C. dematium* obrazovala na soji. Dimenzije konidija su 17 – 21 x 3,5 – 4,5 µm. Konidije klijaju u jednu ili više inicijalnih hifa, na čijim se krajevima obrazuju tamne apresorije, nepravilnog, jajastog ili okruglastog oblika. Gljiva ne formira savršeni stadijum.

C. destructivum formira miceliju bele boje, koja kasnije postaje ružičasta (Robotić, 1981). Gljiva stvara mnogobrojna crna plodonosna tela – acervule. One su ovalnog poluloptastog oblika, veličine 45 – 80 µm, sa velikim brojem seta. Sete su iglaste, svetlo do tamno mrke sa 1 do 4 poprečne pregrade, veličine 85 – 250 x 4,5 – 7,5 µm. U acervulama se obrazuje veliki broj bezbojnih, jednočelijskih, cilindričnih konidija, sa zaobljenim krajevima. Dimenzije konidija su 14,5 – 25,3 x 4,1 – 6,3 µm.

Gljiva stvara i savršeni stadijum *Glomerella glycines*, kada formira peritecije sa askusima i askosporama. Peritecije su crne, obično kruškastog oblika a ređe loptaste, veličine 225 – 280 µm.

U peritecijama se obrazuje više bezbojnih vretenastih askusa sa osam jednoćelijskih, blago povijenih i na krajevima suženih askospora. Dimenzije askusa su 83 – 104 x 1,3 – 8,5 µm, a askospora 25,6 – 31,7 x 4,8 – 6,7 µm (Robotić, 1981).

Epidemiologija gljive *C. dematium* je dobro proučena kod nas. Zaraženi žetveni ostaci soje imaju značajnu ulogu u prezimljavanju i širenju parazita tokom vegetacije. Prezimljava u vidu micelije u zaraženim ostacima. Gljiva se, takođe micelijom, održava i u semenu soje.

Naredne godine, na žetvenim ostacima formiraju se acervule sa konidijama, koje vrše infekciju biljaka soje. U našim agroekološkim uslovima, acervule se obrazuju od kraja februara, tokom blagih zima, pa do prve dekade jula, sa najjačim intenzitetom formiranja od prve dekade aprila do kraja maja (N`Dzi, 1994). Temperatura ne predstavlja ograničavajući faktor, pošto gljiva stvara acervule i oslobađa konidije u širokom temperaturnom intervalu od 10 do 30°C, sa optimumom od 25 do 28°C. Klijanje konidija se dešava na temperaturi između 12 i 38°C (N`Dzi, 1994). Jedini ograničavajući faktor za razvoj antraknoze soje u našoj zemlji je količina i raspored padavina. Za ostvarenje infekcije biljaka neophodna je visoka relativna vlažnost vazduha, od najmanje 70% u trajanju od 12h. Konidije se iz acervule oslobađaju pasivno, u vidu sluzaste kapi, a na biljku dospevaju kišnim kapima i insektima.

Infekcija biljaka je moguća od nicanja do zrenja, no soja je najosetljivija od cvetanja do nalivanja zrna (N`Dzi, 1994). Zaraze se kod nas obavljaju ranije kada su povoljniji uslovi za klijanje konidija. Micelija gljive je endofitna. Kod mladih biljaka širenje micelije je ograničeno sve dok biljke ne dospeju u fenofazu cvetanja, a zatim se micelija širi u stablu, lisnim peteljicama, listovima i mahunama, prodirući i u seme, u fazi formiranja semena. Kod sistemski zaraženih biljaka, simptomi se obično ne primećuju, sve do sazrevanja, kada zaraženi delovi bivaju prekriveni acervulama. Do ranije pojave simptoma bolesti dolazi samo tokom vlažnih i toplih leta. Sekundarne zaraze kod nas nemaju veću ulogu u širenju gljive. Zaraženo seme takođe nema većeg značaja u širenju gljive, jer u regionima sa toplim i vlažnim prolećem dolazi samo do propadanja i uginjavanja klijanaca. Retke preživele sistemski zaražene biljke, mogu poslužiti kao izvor zaraze za sekundarne infekcije. Postoje razlike u osetljivosti genotipova soje prema *C. dematium*. Ispitivanja u našoj zemlji su pokazala da su od ukupno 203 ispitane sorte i linije, u uslovima prirodne zaraze, 107 bile osetljive dok 96 nije ispoljilo simptome antraknoze. Kao otpornije pokazale su se sorte i linije sa kraćom vegetacijom: NS-1, NS-L-32, NS-L-34, NS-L-59, Altona, NS-13 i dr (N`Dzi, 1994). Prema Tošiću i sar. (1986) visoku osetljivost prema parazitu ispoljile su sorte Zvečka, NS-10, Evans, NS-9, OS-45, Aura, Hodson i Hark.

Epidemiologija *C. destructivum* slična je kao i kod prethodne vrste. Međutim, za ovu gljivu je karakteristično da može zaraziti samo starije biljke soje (fenofaza R7) (Sinclair i Backman, 1989).

Za suzbijanje antraknoze najčešće se preporučuju agrotehničke mere: korišćenje zdravog semena za setvu, plodored, uništavanje i zaoravanje žetvenih ostataka, kao i gajenje otpornijih sorti prema parazitima.

Hemijske mere se koriste za tretiranje semenskih useva. Primenom preparata na bazi benomila i mankozeba u kombinaciji (0,75 + 3 kg/ha) u fazi cvetanja i u početku nalivanja zrna mogu se dobiti zadovoljavajući rezultati u zaštiti soje od antraknoze. Tretiranja semena preparatima na bazi TMTD-a u dozi 300-400 gr/100 kg semena daju zadovoljavajuće rezultate (Nelen i Žukavskaja, 1968). Takođe su efikasni i preparati na bazi benomila, mankozineba i mankogala. Oni ne utiču značajnije na formiranje kvržičnih bakterija. Prema podacima iz Indije tretiranje semena preparatima na bazi tiramaa, kaptana i difolatana redukuje se zaraza semena i povećava klijavost (Khare i Chacko, 1983).

RAK STABLA SOJE

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Rak stabla soje prvi put je opisao Welch 1947 godine, kao posebno oboljenje soje u Ajovi, SAD. Simptomi ovog oboljenja su do tada bili poistovećivani i mešani sa simptomima pegavosti i paleži stabla i mahuna soje, koje prouzrokuju druge vrste iz roda *Diaporthe*. Oboljenje se u toku nekoliko sledećih godina širilo u severne i centralne delove SAD (Minnesota, Illinois, Indijana i Ohajo) i Ontaro u Kanadi (Crall, 1950; Andrews, 1950; Kernkamp i Gilbert, 1951; Hildenbrandt, 1951). Početkom osamdesetih godina prošlog veka ovo oboljenje soje se iznenada počelo javljati i u južnim državama SAD (Merilend, Alabama, Tenesi, Karolina) gde ranije nije bilo prisutno (Backman i sar., 1981; Hilty, 1981; Keeling, 1982; Krause i Fortnum, 1983; Kulik, 1985). U Južnoj Americi (Brazil i Argentina) dugo je bio zastupljen samo južni tip raka stabla, koji prouzrokuje *Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*, a u 1999. godini je po prvi put utvrđeno prisustvo *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* prouzrokovala severnog tipa raka stabla u Argentini (Pioli i sar., 2003).

Rak stabla prisutan je u Evropi. U Srbiji je prvi put primećen 1980. godine u Vojvodini (Jasnić i Vidić, 1981). U periodu od 1981. do 1984. godine počinje naglo širenje i sve intenzivnija pojava ovog oboljenja u većini rejona gajenja soje, a u povoljnim godinama za razvoj raka stabla u nekim lokalitetima Vojvodine broj zaraženih biljaka iznosio je preko 25% (Jasnić i Vidić, 1985).

Rak stabla spada u ekonomski najznačajnija oboljenja soje. Štetnost se ogleda u pojavi uvenuća i sušenja biljaka već početkom formiranja mahuna, tako da ne dolazi do obrazovanja semena, ili je ono sitno i šturo, usled prestanka nalivanja zrna. Ukoliko je pojava bolesti ranija simptomi su oštriji, pa je i štetan uticaj na prinos veći. Pri kasnijim zarazama štete su znatno manje.

Prinos zaraženih biljaka prema podacima Athow i Caldwell (1954) je za 60% niži od prinosa zdravih biljaka, a prema Frosheiser (1957) smanjenje prinosa iznosilo samo 13%. Grau (2006) ukazuje da pri jakom napadu parazita dolazi do drastičnog smanjenja prinosa soje između 50% i 80% u državi Viskonsin (SAD). Prema našim rezultatima, prinos soje je smanjen za 50 do 62%, u zavisnosti od sorte, kod biljaka zaraženih u fazi formiranja mahuna, a kod biljaka sa blažim simptomima oboljenja prinos je bio manji, između 9 i 20% (Vidić i Jasnić, 1988a). Kasnostasne sorte ispoljavaju veću osetljivost prema prouzrokovaču oboljenja od ranostasnih, što se manifestuje oštrijim simptomima i većim procentom zaraženih biljaka, pa su gubici u prinosu znatno veći. Rak stabla ne utiče na sintezu proteina i ulja u zrnu (Vidić i Jasnić, 1988a).

Simptomi

Prvi znaci oboljenja se mogu zapaziti na biljkama u fazi cvetanja. U našim klimatskim uslovima oboljenje se najčešće javlja kasnije, u prvoj polovini avgusta, mada se u pojedinim godinama pojavljuje u trećoj dekadi jula, u fenofazi stvaranja mahuna (R3 i R4).

Na jednoj ili više nodija prizemnog dela stabla soje mogu se u početku zapaziti sitne, malo ulegnute pege, elitptičnog ili nepravilnog oblika. Vremenom se pege šire na susedne internodije, dostižući dužinu od 6 do 10 cm, a zatim obuhvataju stablo (Slika 13.5a). Tkivo stabla u okviru pega nekrotira, što dovodi do prekida u sprovođenju vode i hranljivih materija, te zaražene biljke soje venu i suše se. U početku razvoja bolesti pege u svom središnjem delu imaju sivosmeđu boju, a po periferiji su oivičene tankim crnocrvenim rubom. Zaraženo tkivo starenjem dobija sve tamnije nijanse, od mrkocrvene i čokoladne, do potpuno crne boje. Crna boja pega je veoma uočljiva i jasno se ističe u odnosu na zelena stabla okolnih biljaka. Po ovom karakterističnom simptomu, rak stabla se lako izdvaja od ostalih oboljenja, koja se javljaju na stablu soje. Na bočnim granama se mogu javljati slični simptomi. Na vršnim listovima zaraženih biljaka zapaža se hloroza između nerava, praćena postepenim gubljenjem turgora. Listovi zatim venu, postaju sparušeni i na kraju se potpuno osuše. Osušeni listovi ne otpadaju odmah već ostaju da vise, pa se bolesne biljke lako uočavaju (Slika 13.5b). Kod slabijih zaraza su pojedinačno razbacane (rasute) na parceli, dok su kod intenzivnije pojave oboljenja grupisane u manjim ili većim oazama. Mahune na obolelim biljkama se takođe suše i ostaju prazne, ili se u njima formira sitno, nedovoljno naliveno seme.

Slika 13.5

Diaporthe phaseolorum var. *caulivora* (foto: M. Vidić)



a) Simptom na stablu b) Prevremeno uvele biljke

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Prouzrokovač raka stabla soje je *Diaporthe phaseolorum* (Cke et Ell.) Sacc. var. *caulivora* Athow et Caldwell. Međutim, simptomi oboljenja koje prouzrokuje ovaj parazit bili su dugo vremena poistovećivani i pripisivani gljivi *Diaporthe phaseolorum* (Cke et Ell.) Sacc. var. *sojae* (Lehman) Wehm, prouzrokovaču paleži stabla i mahuna soje.

Proučavajući bolesti soje Welch i Gilman (1948) su utvrdili značajne razlike u patogenosti i morfološkim osobinama između gljiva *D. phaseolorum* var. *sojae*, prouzrokovača paleži stabla i mahuna i *Diaporthe phaseolorum* (Cke et Ell.) Sacc. var. *batatatis* (Harter et Field) Wehm; koja po ovim autorima prouzrokuje i rak stabla soje. Ova gljiva je već od ranije bila poznata kao parazit slatkog krompira (*Ippomoea batatas*). Kasnije, na osnovu uporednih ispitivanja izolata sa soje i slatkog krompira Athow i Caldwell (1954) su utvrdili da se ovi izolati bitno razlikuju po nekim morfološkim i patogenim osobinama, pa su došli do zaključka da su to dva različita varijeteta gljive *D. phaseolorum*. Za prouzrokovača raka stabla (crne pegavosti) predložili su naziv *Diaporthe phaseolorum* (Cke et Ell.) Sacc. var. *caulivora* Athow et Caldwell, koji se i do danas zadržao. Novija istraživanja ukazala su da postoje manje morfološke razlike između prouzrokovača raka stabla poreklom iz severnih i južnih država SAD. Zato se smatra da u okviru ove vrste postoje dve "forme specialis": *D. phaseolorum* f. sp. *caulivora* sa severa i *D. phaseolorum* f. sp. *meridionalis* sa juga (Morgan-Jones, 1989).

Kada se zaraženi delovi stabla stave u vlažnu sredinu, u okviru pega obrazuju se mnogobrojna plodonosna tela – peritecije.

Peritecije se formiraju u epidermisu obolelog stabla. Obično su skupljene u veće grupe, formirajući stromatične strukture u obliku crnih tačkastih ispupčenja na stablu. Dugi vratovi probijaju epidermis i izlaze na površinu stabla u vidu crnih izraštaja, koji se zapažaju golim okom.

Na podlozi od krompira (KDA) gljiva se brzo razvija i obrazuje belu gustu zbijenu vazдушnu miceliju. Supstratna micelija je žućkastobela a vremenom dobija žućkastomrku boju (Jasnić i Vidić, 1983). Posle 8 do 10 dana micelija gljive počinje da formira crno obojene stromatične tvorevine nepravilnog oblika veličine od 1 do 5 mm. U okviru stroma se obrazuju mnogobroje peritecije, najčešće od 5 do 8 u svakoj. Broj peritecija po jednoj stromatičnoj strukturi je veoma različit i kreće se od 1 do 25, ili prosečno 8,2. Veoma retko se nalaze pojedinačno. Peritecije su crne, u bazi loptaste i uronjene u tkivo, sa veoma dugim vratom koji izbija iznad micelije. Veličina loptastog dela peritecije se kreće od 170 – 450 μm x 180 – 500 μm , Dužina vrata iznosi između 320 i 1500 μm , a širina u osnovi 30 – 130 μm i 35 – 65 μm pri vrhu (Jasnić i Vidić, 1983).

U peritecijama se formiraju askusi sa askosporama, koji kroz otvor vrata izlaze, obrazujući ružičaste, lepljive kapi. Askusi su izduženog eliptičnog oblika, sa tankim zidovima zadebljanim pri osnovi askusa. Dimenzije askusa su 22,5 – 35,0 x 5,0 – 8,7 μm . U askusu se stvara 8 eliptično izduženih dvoćelijskih askospora, blago suženih u sredini kod pregradnog zida, sa po dve kapi ulja u svakoj ćeliji. Veličina askospora iznosi 8,7 – 12,0 x 2,5 – 3,7 μm (Jasnić i Vidić, 1983).

Na kiselim podlogama, kao što su Czapek-ova i KSP (kisela sintetička podloga), gljiva pored peritecija, nakon 10 nedelja formira i anamorfnu stadijum, odnosno piknide sa piknosporama. Piknidi su loptastog oblika, crno obojeni, prečnika od 170 – 230 μm . U piknidima se obrazuju samo A-konidije (α konidije). One su jednoćelijske, izduženo eliptičnog oblika, zaobljenih krajeva, sa po dve kapi ulja. Dimenzije konidija su 6,2 – 10,0 x 2,5 – 3,7 μm . U piknidima se nisu formirale B-konidije (β konidije) (Jasnić i Vidić, 1983). Frosheiser (1957) je takođe saopštio da *D. phaseolorum* var. *caulivora* na podlozi od deteline stvara piknide sa A-konidijama. Ovaj autor, takođe, nije utvrdio prisustvo B-konidije, za razliku od Timnick-a i sar. (1951) koji nalaze da ova gljiva stvara piknide sa A i B konidijama. Piknidi se veoma retko stvaraju u prirodi (Sinclair i Backman, 1989).

Gljiva prezimljiva i održava se iz godine u godinu na žetvenim ostacima i u semenu soje. Žetveni ostaci (delovi stabla, mahune i korena) imaju veoma važnu ulogu u epidemiologiji *D. phaseolorum* var. *caulivora*. Na njima se formiraju peritecije sa askusima i askosporama i vrše zaražavanje biljaka soje sledeće godine. Za formiranje peritecija, klijanje askospora i infekciju biljaka neophodna je vlaga i odgovarajuća temperatura. Raspored i količina padavina tokom vegetacije određuje vreme pojave peritecija i dinamiku oslobađanja askospora. Peritecije se stvaraju i oslobađaju asko-

spore u temperaturnom intervalu od 10 do 27°C, sa optimum od 20 do 25°C. Askospore klijanje u infektivnom hifu na temperaturi od 10 do 32,5°C. Optimalna temperatura za klijanje askospora je 22,5°C (Vidić i Jasnić, 1988b). Nije zapaženo u našim uslovima formiranje peritecija i piknida tokom vegetacije. Peritecije se izuzetno mogu formirati na korenu i korenovom vratu, ako pred zrenje soje padnu obilne kiše. Formiranje piknida je primećeno na biljkama u polju u južnim državama SAD, međutim, oni nemaju značaja u epidemiologiji gljive (Sinclair i Backman, 1989).

Na prezimelim žetvenim ostacima gljiva formira peritecije u proleće, najčešće krajem maja i u prvoj polovini juna. Askospore se počinju oslobađati 5 do 10 dana nakon pojave vratova peritecija, a zatim se sukcesivno oslobađaju tokom celog vegetacionog perioda, posle obilnih kiša. Askospore se iz peritecije izlučuju preko otvora na vratu, gde obrazuju sluzastu kap, a na biljke soje dospevaju kišnim kapima i vetrom. Infekcije mogu nastati preko liske i lisnih peteljki, a takođe i preko povrede na stablu (Vidić i Jasnić, 1988b). Infekcije su moguće od nicanja do zrenja, ali su biljke soje najosetljivije od fenofaze cvetanja do početka nalivanja zrna. U zavisnosti od grupe zrenja, sorte soje ove fenofaze prolaze u julu i avgustu. Prema tome, ako u julu i prvoj polovini avgusta padnu obilne kiše, može se očekivati veoma jaka pojava obolenja (Vidić, 1987).

Seme soje može takođe biti zaraženo parazitnom gljivom (Frosheiser, 1957, Peterson i Strelecki, 1965; Kmetz i sar., 1974, 1978; Vidić, 1987; Vidić i Jasnić, 1990), ali su kontradiktorna mišljenja o ulozi zaraženog semena u prenošenju parazita iz godine u godinu. Prema mišljenju Hildebrandt-a (1956) i Sinclair-a i Schurtleff-a (1975) zaraženo seme ne utiče na širenje parazita i intenzitet zaraze u polju, već se njime gljiva prenosi na veće udaljenosti. Međutim, kada se oboljenje počelo širiti u južnim državama SAD neki istraživači ukazuju na sve značajniju ulogu semena u širenju *D. phaseolorum* var. *caulivora* (Hobbs i sar, 1981; Backman i sar., 1985). Prema našim rezultatima *D. phaseolorum* var. *caulivora* može zaraziti seme soje i to samo u momentu kada su na biljkama formirane mahune. Parazit ne dospeva u seme iz stabla u procesu nalivanja zrna, već se zaraza ostvaruje direktno preko mahuna, askosporama iz vazduha. Zaraženost semena ne utiče na pojavu i širenje parazita naredne godine, niti se bitnije odražava na klijavost. Negativno utiče samo na energiju klijanja. Prisustvo parazitne gljive u semenu može nakon setve izazvati trulež semena i propadanje klijanaca soje. Zaraženi klijanci i trulo seme služe kao izvor inokuluma za sekundarne zaraze, jer se na njima tokom vegetacije formiraju reproduktivni organi gljive. Istraživanja ukazuju da u našim agroekološkim uslovima seme nema veću ulogu u epidemiologiji *D. phaseolorum* var. *caulivora* (Vidić i Jasnić, 1990).

Trogodišnji ogledi u polju, gde je ispitano 60 sorti i linija soje, pokazali su da postoje velike razlike u osetljivosti između testiranih sorti i linija soje, prema *D. phaseolorum* var. *caulivora* (Vidić i sar., 1990). U uslovima prirodne zaraze u polju i veštačkoj infekciji askosporama u vegetacionoj kući, reakcija sorti i linija prema patogenu zavisila je od dužine njihove vegetacije. Najraniji genotipovi bili su manje osetljivi na napad parazita i reagovali blažim simptomima.

Kasnostasne sorte ispoljile su veću osetljivost, koja se naročito manifestovala oštrijim simptomima. Smatra se da je osnovni razlog manje osetljivosti ranih sorti što izbegavaju napad parazita, usled nepodudaranja vremena oslobađanja askospora sa fenofazama razvoja kada je soja najosetljivija. Naša ispitivanja ukazuju da su biljke najosetljivije za vreme cvetanja i formiranja mahuna (Vidić i Jasnić, 1988c). Kod najranijih sorti (grupa zrenja 00) utvrđen je veoma nizak procenat zaraženih biljaka, do 3,7% i to isključivo sa blagim simptomima bez pojave uvenuća, što ukazuje da ove sorte poseduju visok nivo otpornosti. Kineska sorta Feng-Show-10 pokazala se u ovoj grupi zrenja kao najotpornija. Kod sorti grupe zrenja 0, takođe nije bilo prevremeno uvelih biljaka, a i procenat biljaka sa pegama na stablu je bio nizak i kretao se od 2,5 do 5,8%. U grupi zrenja I počinju se javljati uvele biljke. Iz ove grupe manju osetljivost ispoljile su sorte SFR-100 i Mandarin (Otawa). Vrlo dobru otpornost u polju ispoljile su kasne sorte Harosoy-63 i Reiner, iz grupe zrenja II. Sve ispitivane sorte iz grupe zrenja III pokazale su se kao veoma osetljive u našim agroekološkim uslovima (Vidić i sar., 1990). Proučavajući patogenost mnogobrojnih izolata prouzrokovala raka stabla iz različitih delova SAD i Kanade, primećeno je da postoji značajna varijabilnost između ispitivanih izolata. Na bazi reakcije šest sorti soje Keeling (1984) je diferencirao šest fizioloških rasa gljive. Označio ih je kao južne rase 1, 2 i 3 poreklom iz države Misisipi i severne rase br. 4 iz Ohaja, br. 5 iz Indijane i br. 6 poreklom iz Ajove. U ovim ispitivanjima sorta Tracy M ispoljavala je otpornost prema južnim rasama i osetljivost prema severnim. Istraživanjima drugih autora došlo se do zaključka da kod *D. phaseolorum* var. *caulivora* postoje najmanje dve rase, južna i severna (Mc Gee i Bidle, 1987; Higley i Tashibana, 1987).

Istraživanja Morgan-Jones-a (1989) ukazuju da između opisanih rasa postoje ne samo razlike u virulentnosti prema različitim sortama soje nego i određene morfološke razlike. Ovaj autor predlaže da se severna i južna rasa smatraju kao posebne „forma speciales” ili dva varijeteta gljive i to severna rasa kao *D. phaseolorum* f. sp. *caulivora*, a južna kao *D. phaseolorum* f. sp. *meridionalis*. Sorte Tracy i Tracy M poseduju specifičnu otpornost prema južnoj rasi (*D. phaseolorum* var. *meridionalis*), koju kontrolišu dva para major gena (Kilen i sar., 1985). Kasnije je utvrđeno da otpornost prema *D. Phaseolorum* var. *meridionalis* kontrolišu četiri major gena Rdc1 i Rdc2 koji su identifikovani u sorti tracy M (Kilen i Hartwig, 1987), a Rdc3 i Rdc4 u sortama Crockett, Dowling i Hutcheson (Bowers i sar., 1993; Tyler, 1996; Pioli i sar., 2003). Prema severnom tipu gljive (*D. phaseolorum* var. *caulivora*), koja je prisutna na soji u Srbiji ne postoje otporni genotipovi, ali su konstatovane razlike u osetljivosti (Vidić i sar., 2008).

Ispitivanje većeg broja izolata *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*, ukazuju da postoji značajna varijabilnost u virulentnosti i da su izolati poreklom iz Vojvodine veoma bliski severnoj rasi *D. phaseolorum* var. *caulivora*, a da se bitno razlikuju od južne rase, te postojanje različitih rasa gljive u našoj zemlji nije isključeno (Vidić, 1991; Vidić i sar., 1994).

Suzbijanje *Diaporthe phaseorum* var. *caulivora*, prouzrokovala raka stabla izvodi se kombinovanjem agrotehničkih i hemijskih mera. Prilikom setve koristiti zdravo seme. Ranijom setvom soje može se, u pojedinim godinama, potpuno izbeći zaraza ranostasnijih sorti, a kod kasnostasnih smanjiti intenzitet napada parazita (Vidić, 1987). Posle žetve potrebno je biljne ostatke uništiti ili ih duboko zaorati, radi smanjenja količine inokuluma u narednoj godini. Plodored je takođe značajna mera koja može smanjiti intenzitet zaraze. Treba gajiti manje osetljive sorte prema *Diaporthe phaseologum* var. *caulivora*.

Hemijske mere se retko koriste u suzbijanju ove parazitne gljive, ali bi se mogle primenjivati u zaštiti semenskih useva soje. Najbolje rezultate daje primena kombinacije sistemskih fungicida na bazi Benomy1-a (Benlate WP – 50) i tiofanat-a (Enovit M) sa protektivnim fungicidom na bazi mankozeb-a (Dithane M – 45). Najbolja zaštita soje od raka stabla ostvaruje se tretiranjem kombinacijom preparata Benlate WP – 50 i Dithane M – 45 u dozi od 0,75 + 3,0 kg/ha, izvedenim od punog cvetanja (R2) do početka nalivanja zrna (R5) (Vidić i sar., 1986). U uslovima slabijeg do osrednjeg napada parazita, zadovoljavajuća zaštita se može postići sa jednim do dva tretiranja. Kod jakih zaraza nije ostvarena potpuna zaštita soje ni sa većim brojem tretiranja.

PALEŽ MAHUNA I STABLA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Palež stabla opisana je prvi put 1922. godine u SAD (Lehman, 1922) kao posebno oboljenje soje, kada je izdvojeno iz kompleksa oboljenja, koje prouzrokuju vrste iz roda *Diaporthe/Phomopsis* na stablu, mahunama i semenu.

Danas je ova bolest raširena u svim regionima sveta, gde se gaji soja. Pored SAD, palež mahuna i stabla javlja se i u Kanadi, Brazilu, Gvajani, Indiji, Japanu, Koreji, Kini, Tajvanu, na dalekom istoku bivšeg Sovjetskog Saveza i Egiptu (Sinclair i Backman, 1989).

Palež mahuna i stabla prisutna je i u evropskim zemljama Rusiji (Vladimirovska i Moskovska oblast) (Kozireva i sar., 1982), Mađarskoj, Francuskoj, Hrvatskoj (Cvjetković, 1977). U Srbiji je utvrđena pojava ovog oboljenja sredinom 1980-tih godina u Vojvodini (Jasnić i Vidić, 1985) i centralnoj Srbiji (Tošić i sar., 1986).

Palež mahuna i stabla može izazvati značajne štete tokom dugih toplih i vlažnih leta, koja su pogodna za razvoj bolesti. Bolest prouzrokuje prevremeno sazrevanje biljaka, što utiče na prinos i kvalitet semena, njegovu klijavost i vitalnost.

Prinos semena može biti smanjen i za 50%. Ukoliko je intenzitet pojave bolesti na biljkama jači, utoliko je zaraženost semena veća i može se kretati od 25% (Nicholson i sar., 1972) do 66% (Kmetz i sar., 1978). Takvo seme ima vrlo slabu klijavost i kvalitet, sa znatno smanjenim procentom ulja i belančevina. Setva zaraženog semena dovodi do proređivanja useva, tj. manjeg broja biljaka po jedinici površine. Intenzitet zaraze, u zavisnosti od vremenskih uslova, može pojedinih godina i kod nas da bude visok. Tako je 1981. godine u okolini Novog Sada zabeležen visok indeks oboljenja kod nekih sorti soje, od 17,8% kod sorte Wels do 38,1% kod sorte Corsoy (Vidić i sar., 1983b).

Simptomi

Simptomi oboljenja se javljaju na svim nadzemnim delovima biljke ali znatno ređe na listu. Prvi znaci oboljenja mogu se zapaziti na klijancima, koji su iznikli iz zaraženog semena. Klijanci mogu biti sistemski ili lokalno zaraženi. Sistemski zaraženi klijanci su kržljavi, bledozelene boje i obično brzo propadaju nakon nicanja. Kod lokalnih zaraza na kotiledonima se javljaju blede, svetlocrvene ili mrke pege, različite veličine. Pege mogu biti sočivaste ili pak veoma krupne, kada obuhvataju čitav kotiledon. Na hipokotilu, ili ispod površine zemlje zapažaju se crvenkastomrke pruge. Vrhovi klijanaca mogu biti deformisani ili potpuno propadaju usled nekroze.

Znaci oboljenja na nadzemnim delovima soje javljaju se kasnije. Tokom toplih i vlažnih leta simptomi se ispoljavaju ranije, početkom mahunanja, a kada su leta topla i suva u vreme sazrevanja biljaka. Infekcija se ostvaruje znatno ranije, ali simptomi oboljenja se ne ispoljavaju, pošto prouzročivač ostaje latentan u biljci. Prisustvo parazita se može lako potvrditi izolacijama iz, naizgled zdravih, delova biljke.

Prvi znaci oboljenja se mogu zapaziti na stablu ili granama, obično oko oštećenih i povređenih delova stabla, slomljenih grana i otkinutih peteljki donjih listova. Ovi delovi su prekriveni brojnim crnim tačkastim piknidima, poređanim u paralelne linije (Slika 13.6). Za vreme dužih vlažnih perioda tokom leta, stablo može u potpunosti da bude prekriveno piknidima.

Na mahunama se javljaju piknidi u vidu razbacanih crnih tačkica (Slika 13.6). U jako zaraženim mahunama seme je deformisano, naborano sa ispucalom semenjačom, šturo, delimično ili potpuno prožeto beličastom micelijom. Seme je veoma slabe klijavosti. Tokom suvih i toplih leta simptomi su blaži. Piknidi se obrazuju u manjem broju, najčešće na prizemnom delu stabla ili oko nodusa, dok ih na mahunama obično nema. Seme u slabo zaraženim mahunama izgleda normalno, ali može biti zaraženo i imati slabiju klijavost. Obolele biljke prevremeno sazrevaju i formiraju manji broj mahuna sa sitnijim semenom.

Slika 13.6

Phomopsis sojae (foto: M. Vidić i R. Jeftić)



a) Simptomi na stablu b) Piknidi u paralelnim nizovima na stablu

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Prouzročivač paleži mahuna i stabla soje je *Diaporthe phaseolorum* (Cke et Ell.) Sacc var. *sojae* (Lehman) Wehm. (syn.: *Diaporthe sojae* Leh.) čiji je konidijski (anamorfni) stadijum *Phomopsis sojae* Leh.

Ovaj parazit je prvi put opisan od strane Lehman-a 1922. god., kao *P. sojae*. Isti autor je utvrdio i savršeni stadijum ove gljive i nazvao ga *D. sojae* (Lehman, 1923). Wehmeyer (1933) je konstatovao da ne postoje značajnije morfološke razlike između vrste *Diaporthe phaseolorum*, prouzročivača paleži pasulja (*Phaseolus lunatus*) i vrste *D. sojae*, te je gljivu sa soje determinisao kao varijetet i nazvao je *D. phaseolorum* var. *sojae*.

D. phaseolorum var. *sojae* je heterotalusna vrsta pred kraj vegetacije (Welch i Gilman, 1948), koja formira intra i interćelijsku miceliju. Na stablu soje, gljiva obrazuje neposredno ispod epidermisa veliki broj piknida. Piknidi se stvaraju u crnim stromatičnim tvorevinama i obično su grupisani u veće ili manje kompaktne skupine -konidiomate. Konidiomate imaju najčešće jednu šupljinu (unilokularne) ili ređe više šupljina (multilokularne), sa otvorom-ostiolom pri vrhu. Piknidi su sočivastog oblika bez vrata ili sa kratkim vratom, čija je dužina manja od 200 μm. Dimenzije piknida sa stabla su 112 – 229 x 92 – 204 μm, dok su na mahunama nešto sitniji, 76 – 121 x 74 – 117 μm (Dimitrijević i Jurković, 1982).

U piknidima se na jednostavnim nerazgranatim konidioforama obrazuju dva tipa piknospora: «A» spore i «B» spore (stilospore). A piknospore ili A konidije su jednoćelijske, eliptične, bezbojne, obično sa dve kapi ulja, dimenzija 5,0 – 10,0 x 1,4 – 3,1 µm. U kapi vode kličaju u kratku infektivnu hifu. B piknospore ili B konidije su jednoćelijske izduženo-končaste, bezbojne i obično povijene na jednom kraju. Nemaju sposobnost da kličaju, te je njihova uloga nejasna. Dimenzije B piknospora su 13,7 – 19, x 1,2 – 1,9 µm (Dimitrijević i Jurković, 1982). Peritecije se formiraju veoma retko na prezimelim prizemnim delovima stabla soje, obično pojedinačno u stromatičnim tvorevinama. One su crne, loptastog tela uronjenog u epidermis, sa dugačkim suženim vratom, koji probija epidermis i strči iznad površine stabla. Dimenzije loptastog dela peritecije iznose 185 – 346 x 148 – 282 µm, a dužina vrata je od 0,25 – 1,5 mm (Athow i Caldwell, 1954). U peritecijama se obrazuje veći broj askusa sa po 8 askospora. Askusi su bezbojni izduženo-eliptični i malo povijeni, dimenzija 38,0 – 51,2 x 5,0 – 10,3 µm. Askospore su dvoćelijske, bezbojne, eliptične, malo sužene u sredini kod poprečne pregrade, sa dve kapi ulja u svakoj ćeliji. Veličina im je 9,2 – 13,5 x 3,3 – 5,6 µm (Athow i Caldwell, 1954).

Gljiva se veoma dobro razvija na hranljivoj podlozi od krompir-dekstroznog agara. Na ovoj podlozi ona obrazuje beličastu rastresitu miceliju, koja starenjem dobija žučkasto do svetlomrku boju. U okviru micelije stvara pojedinačne tamnomrke do crne stromatične tvorevine, nepravilno rasute po celoj površini, sa pojedinačnim piknidima ili sakupljenim u grupe. Peritecije se veoma retko formiraju u stromama i to samo u kulturama starim nekoliko nedelja, koje su izlagane na svetlosti.

Parazit prezimljava u obliku micelije u žetvenim ostacima soje ili u semenu. Na prezimelim ostacima u proleće se masovno obrazuju piknidi sa A i B konidijama, koje se oslobađaju u vidu lepljivih kapljica. Zaraza se ostvaruje pomoću kišnih kapi, koje raznose konidije na zdrave biljke. Na zaraženim biljnim ostacima peritecije se ponekad obrazuju početkom leta. Zaraza askosporama se vrši pomoću kišnih kapi. Gljiva je u soji latentna, a prvi piknidi se javljaju u vreme sazrevanja biljaka, tako da sekundarne zaraze nemaju značaja. Seme biva zaraženo samo preko mahuna i nema veći značaj u širenju parazita u polju, već se semenom gljiva širi u različite regione sveta (Mc Gee, 1983).

Pored soje, *D. phaseolorum* var. *sojae* parazitira i mnogobrojne druge biljke, kao što su pasulj, beli i crni luk, vigna, kikiriki, paradajz, bamija i dr. (Sinclair i Schurtleff, 1975). Prezimele zaraženi žetveni ostaci ovih biljaka mogu da posluže kao izvor inokuluma, za širenje gljive na biljke soje.

Suzbijanje

Za suzbijanje ovog oboljenja koriste se agrotehničke mere: plodored, dublje zaoravanje žetvenih ostataka, kao i setva zdravog semena ili setva manje osetljivih sorti. Takođe, preporučuje se setva kasnostasnih sorti, ili kasnija setva ranih

i srednjestasnih sorti, što smanjuje zarazu semena (Dhingra i sar., 1979; Tekrony i sar., 1984).

Hemijske mere suzbijanja se ređe koriste, uglavnom kod semenskih useva. Preporučuje se jedno tretiranje soje u fenofazi početka formiranja mahuna, ili dva 14 do 21 dan nakon prvog, fungicidima na bazi hlorotalonila, benomila i meetiltiofanata. Jedna od hemijskih mera je i tretiranje semena soje, fungicidima, koji ne utiču znatnije na aktivnost kvržičnih bakterija (benomyl, thiabendazol, mankozeb, tiram, kaptan i drugi).

BELA TRULEŽ

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Bela trulež je veoma rasprostranjena bolest soje i javlja se u većini zemalja u kojima se ova industrijska biljka gaji. Prvi put je zapažena i opisana na Tajvanu 1919. godine (Sawada, 1919, loc. cit. Sinclair i Dhingra, 1975). U SAD, bolest je prvo zapažena u Manitobi (Bisby, 1924, loc. cit. Sinclair i Shurtleff, 1975), a zatim u većini ostalih država SAD, kao i u Kanadi (Sinclair i Dhingra, 1975). Prisutna je i u Južnoj Americi, Kini, Japanu i Novom Zelandu (Sinclair i Dhingra, 1975).

U Evropi, bela trulež na soji je prvi put opisana u Nemačkoj (Pape, 1921; Wahl, 1921), a kasnije i u različitim regionima Rusije (Abramoff, 1931; Loukyanovitch i sar., 1931; Mikailenko, 1965; Ovčinkova i Sabliovskiy, 1973), Poljskoj (Garbowski i Jurszkowna, 1933), Švedskoj (Lihnell, 1939), Danskoj (Buchwald, 1947), Španiji (Graasso, 1962), Mađarskoj (Molnar i Vörös, 1963), Francuskoj i Rumuniji (Perny i Signoret, 1990).

U Srbiji je ovo oboljenje detaljnije opisano početkom osamdesetih godina (Vidić, 1982), mada je verovatno od ranije prisutno na soji u našoj zemlji.

Bela trulež je potencijalno najopasnija bolest soje, jer može prouzrokovati uvenuće i trulež biljaka u porastu. Štete su naročito velike ako do infekcije dođe u fenofaza cvetanja i mahunanja soje. Obbolele biljke brzo venu i u potpunosti istrule, pa je procentualno smanjenje prinosa skoro identično procentu zaraženih biljaka. Tako je Vidić (1982) utvrdio da, ako je obolelo 28,8% biljaka, prinos soje niži je za oko 22%, a Sinclair i Backman (1989) navode da pri intenzitetu pojave od 10%, smanjenje prinosa iznosi 0,25 t/ha. Pri kasnijim infekcijama štete su manje, jer su simptomi bolesti prisutni samo na pojedinim delovima biljke.

S obzirom da je za nastanak infekcije i širenje bolesti potreban duži vlažan period, bela trulež se uglavnom pojavljuje u humidnijim područjima i pri gajenju soje uz primenu navodnjavanja. Prema Sinclair-u i Backman-u (1989), ova bolest nema veći

ekonomski značaj u SAD, izuzev sporadičnih, lokalnih epifitocija, dok su u Brazilu prosečni gubici prinosa čak i 15% godišnje.

I drugi autori smatraju da je pojava bele truleži uglavnom lokalnog karaktera, ali da štete mogu biti znatne. Hine i Wheeler (1970) iznose da je u Arizoni, u 1968. godini, na pojedinim parcelama, prinos smanjen za 68%. U Mađarskoj su Molnar i Vörös (1963) na navodnjavanim parcelama registrovali 7 do 14% zaraženih biljaka, a Kurnik (1962) ističe da je na nekim parcelama usev soje potpuno uništen. Bolest prouzrokuje značajne štete na soji u Amurskoj oblasti (Rusija), gde prosečno biva zahvaćeno 25% biljaka (Ovčinkova i Sabliovski, 1973), a u sličnom intenzitetu bolest se javlja i u Moldaviji (Ganja, 1981).

U godinama sa čestim i obilnim padavinama tokom leta, bela trulež je najopasnija bolest soje u Srbiji. U takvim godinama, nisu retke parcele sa više od 50% bolesnih biljaka (Jasnić i Vidić, 1985) što se drastično odražava na prinos soje.

Simptomi

Bela trulež se može javiti na nadzemnim organima biljke, u svim fenofazama razvika soje.

Odmah nakon nicanja na hipokotilu i kotiledonima pojavljuju se vlažne pege. Brzo se šire i zahvataju čitav klijanac, koji zatim potpuno istruli i biva prekriven belom navlakom od micelije gljive. Propadanje klijanaca je vrlo retka pojava. Prvi znaci bele truleži obično se uočavaju u vreme punog cvetanja i mahunanja, odnosno, kada se u usevu soje počinju zatvarati redovi. Vršni listovi inficiranih biljaka gube turgor, venu i postepeno se suše. U početku su sivkasto zeleni, a vremenom dobijaju sve tamnije nijanse smeđe boje. Osušeni listovi ostaju da vise na bolesnim biljkama, pa se one lako uočavaju (Slika 13.7a). Simptomi na stablu obično se pojavljuju na visini od 10 do 15 cm. U okviru jednog ili nekoliko nodusa stvaraju se ovalne, vlažne pege, blede smeđe boje. Pege se brzo šire zahvatajući susedne internodije. Obolelo tkivo stabla postaje meko, vodenasto i postepeno truli. Usled prekida protoka vode i hranljivih materija, delovi biljke iznad obolelog mesta venu i suše se, a ako je vreme vlažno i kišovito, istruli cela biljka. Simptomi na bočnim granama identični su onima na stablu. Na obolelim biljnim delovima vidljiva je bela pamučasta micelija (Slika 13.7b) i po ovom, lako uočljivom simptomu, bolest je nazvana bela trulež. Na površini stabla i grana, u stabljичnoj šupljini i mahunama, gljiva stvara crne sklerocije, različitog oblika i veličine. Za vreme žetve one padaju na zemlju, ili se izmešaju sa semenom.

Simptomi na mahunama i semenu mogu biti različiti, zavisno od fenofaze razvika biljke u kojoj je infekcija nastala. Pri ranim infekcijama, tek formirane mahune se potpuno osuše, pre formiranja zrna i takve biljke ne donose nikakav prinos. Ako je u momentu infekcije na gornjem, nezaraženom delu biljke formirano zrno, ono ostaje sitno, usled skraćenog perioda nalivanja. Mahune mogu biti i direktno zaražene. Tada postaju vlažne i meke, a iz njih izbija bela micelija. U njima je seme spljoštenog

oblika, sa smežuranom i naboranom semenjačom. Ponekad potpuno istruli, a u mahunama se umesto semena formiraju sklerocije.

Slika 13.7

Sclerotinia sclerotiorum (foto: M. Vidić)



a) Jaka pojava bele truleži u polju b) Bela trulež stabla

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Belu trulež soje prouzrokuje *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (syn: *S. libertiana* Fuckel, *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf i Dumont). Gljiva prouzrokovalac je veliki polifag jer parazitira preko 400 biljnih vrsta. Većinom su dikotiledone vrste, mada su brojne i monokotiledone gajene biljke (Bolton i sar., 2006), a sreće se u različitim geografskim područjima (Purdy, 1979). Pored soje, od gajenih biljaka značajni domaćini ovog patogena su još: suncokret, uljana repica, više povrtarskih biljaka, a takođe i brojne vrste iz spontane flore.

Na površini obolelih biljnih delova, stabljичnoj šupljini i u mahunama gljiva stvara sklerocije, koje u zavisnosti od mesta nastanka mogu biti različitog oblika i veličine. Ako se formiraju na površini sklerocije su sferične i malo spljoštene na delu kojim naležu na biljku, nekoliko milimetara do jednog centimetra u prečniku, dok su u stabljичnoj šupljini valjkasto-izdužene i dostižu dužinu od nekoliko centimetara. Izgrađene su od zbijenih, isprepletanih hifa, crne su i naborane na površini, a unutrašnjost im je bele ili bleožute boje.

Sklerocije služe za održavanje gljive u nepovoljnim uslovima. U zemljištu ostaju vitalne više godina, jer su veoma otporne na fungicide, nisku i visoku temperaturu

(Bedy, 1961., Loc. cit. Sinclair i Shurtleff, 1975). Jedino u zemljištu natopljenom vodom sklerocije trule i propadaju već nakon 26 do 31 dan (Moore, 1949).

U povoljnim uslovima sklerocije klijaju u začetak hife, koje mogu direktno da prodru u biljno tkivo (Bardin i Huang, 2001, loc cit. Bolton i sar., 2006). Na sklerocijama se takođe formira jedna, odnosno, nekoliko apotecija. Apotecije se sastoje iz kraće ili duže drške i peharastog proširenja (levak ili disk). Boja im je bledožuta do smeđa. Prečnik diska kreće se od 1 do 10 mm. U apoteciji se nalazi himenijalni sloj, sa askusima i parafizama. Askusi su cilindrični, pri dnu su uži, a postepeno se šire prema vrhu. Dimenzije su im u proseku 119,6 x 8,6 µm. Askospore su poređane u jednostrukim redovima, po osam u askusu. One su jednoćelijske, eliptične i bezbojne. Prosečne dimenzije askospora su 12,7 x 7,4 µm (Vidić, 1982).

Optimalna temperatura za razvoj apotecija kreće se od 11 do 15°C, uz kontinuirano vlaženje sklerocija tokom 10 do 14 dana (Abawi i Grogan, 1979; Boland i Hall, 1988). Iz zrelih apotecija pod pritiskom se oslobađaju askospore, u vidu belih oblačića i dospevaju na okolne biljke. Zahvaćene vetrom mogu biti prenete i na udaljenost od nekoliko stotina metara (Suzi i Kobayashi, 1972; loc. cit. Abawi i Grogan, 1979). Askospore klijaju u temperaturnom intervalu od 0 do 25°C, a optimum je pri temperaturi od 15 do 20°C. Za klijanje je neophodna i kap vode u trajanju od 16 do 24 i više časova (Sinclair i Backman, 1989). Infekcije biljaka soje obično nastaju u pazuhu lista, gde askospora klija, stvara apresoriju i pomoću infektivne hife prodire kroz kutikulu i epiderm biljke domaćina (Cline i Jacobsen, 1983). Infektivna hifa može da prodre u kutikulu delovanjem enzimima ili mehaničkom silom preko apresorija, ili kroz stomine otvore (Lumsden, 1979. loc. cit. Bolton i sar., 2006). Kasnije je utvrđeno da *S. sclerotiorum* luči oksalnu kiselinu koja eliminiše zaštitnu funkciju ćelija i omogućava otvaranje stoma kroz koje lako prodire infektivna hifa (Guimaraes i Stotz, 2004. loc. cit. Bolton i sar. 2006).

Simptomi bele truleži se prvo pojave na nodusu, a zatim se šire zahvatajući sve nadzemne organe biljke. Moguće je sekundarno širenje bolesti dodiranjem zdravih sa obolelim biljkama, naročito u gustom i poleglom usevu (Vidić, 1982; Boland i Hall, 1988).

U biologiji i epidemiologiji *S. sclerotiorum* vlažnost igra veoma važnu ulogu. Pojava apotecija, oslobađanje askospora i nastanak infekcija dešavaju se tek ako nakon zatvaranja redova nastupi duži kišni period (Boland i Hall, 1988). Intenzitet pojave bele truleži jači je u bujnim i gustim usevima. Utvrđena je pozitivna korelacija između intenziteta ove bolesti i poleganja biljaka soje (Vidić, 1982).

Poznato je da nema otpornih genotipova soje prema *S. sclerotiorum*, a slično je i sa ostalim biljkama domaćinima ovog parazita. Međutim, zapažaju se razlike u osetljivosti između pojedinih sorti i linija soje. Više autora uočili su parcijalnu rezistentnost pojedinih genotipova. Tako su Arahana i sar. (2001) utvrdili da sorte soje Dassel, Corsoy 79, DSR137 i S19-90, ispoljavaju parcijalnu rezistentnost, koju uslovljava nekoliko gena. Sorte Corsoy 79 i S19-90, kao parcijalno rezistentne, navode i Yang i sar. (1999), a PI 194639 Calla i sar. (2007).

U našim agroekološkim uslovima kasnostasni genotipovi soje ispoljavaju visok stepen osetljivosti, i pri povoljnim uslovima za razvoj bolesti, pojava bele truleži je vrlo jaka. Kod ranostasnih sorti i linija oboljenja ili nema, ili je prisutno u tragovima. Međutim, pri infekcijama u kontrolisanim uslovima i ranostasni genotipovi ispoljavaju visok stepen osetljivosti. Prema tome, genotipovi kratke vegetacijene poseduju fiziološku rezistentnost, već izbegavaju napad parazita (disease iskape) u polju (Vidić, i sar., 1983., Vidić, 1992).

Smatra se da i fiziološka rezistentnost i mehanizmi izbegavanja bolesti uslovljavaju razlike u reakciji sorti soje prema *S. sclerotiorum*. Mehanizam izbegavanja bolesti uključuje rano cvetanje i sazrevanje, otpornost soje na poleganje, odnosno, uspravan usev sa dobrim provetravanjem i brzim isušivanjem unutar biljnog sklopa. Dokazano je da jedan ili više navedenih faktora mogu znatno redukovati intenzitet bele truleži na soji (Vidić, 1982; Boland i Hall, 1987; Nelson i sar., 1991; Kim i sar., 1999). Genetske dokaze za mehanizme izbegavanja bolesti i fiziološku rezistentnost pronašli su Kim i Dires (2000), mapirajući tri lokusa (quantitative trait loci, QTL), koji kontrolišu rezistentnost soje prema ovom parazitu. Dva lokusa kontrolišu mehanizme izbegavanja bolesti i prvenstveno su povezani sa datumom cvetanja, visinom biljke i poleganjem. Treći lokus najverovatnije uslovljava parcijalnu fiziološku otpornost. Imajući u vidu rezultate ovih autora, stiče se utisak da će tek šira primena molekularnih markera doprineti značajnijem napretku u stvaranju komercijalnih sorti soje sa zadovoljavajućim nivoom otpornosti prema *S. sclerotiorum*.

Suzbijanje

S obzirom da primena fungicida daje samo ograničene efekte, u suzbijanju bele truleži soje veću pažnju treba usmeriti na agrotehničke mere borbe. Plodored je vrlo važna mera, kojom se može značajno umanjiti intenzitet bolesti. Soju ne treba sejati na istoj parceli, ili posle drugog osetljivog useva (suncokret, uljana repica, pasulj i dr.) četiri do šest godina. Ovaj period treba da bude i duži, ako je na prethodnom osetljivom usevu zapažena jaka pojava bele truleži.

Za setvu treba koristiti seme bez sklerocija, što se postiže kvalitetnom doradom. Seme soje takođe ne sme biti zaraženo micelijom gljive. U područjima gde se bela trulež često javlja poželjno je gajiti ranostasnije sorte, koje su manje podložne napadu parazita. Pri gajenju soje uz primenu navodnjavanja i u humidnijim područjima sejati sorte otpornije na poleganje. Broj biljaka po jedinici površine mora biti optimalan za svaku sortu, odnosno grupu zrenja, jer u pregustom sklopu biljke ranije i jače poležu.

Iako hemijsko suzbijanje prouzrokovala bele truleži daje samo delimične rezultate, u zemljama gde ovo oboljenje prouzrokuje značajne štete primenjuju se folijarna tretiranja. Tretiranja se vrše preparatima na bazi iprodiona, vinklozina i metiltiofanata u fazi početka cvetanja soje, prvo, a 15 dana kasnije, drugo.

Značajna mera hemijske zaštite predstavlja tretiranje soje preparatima na bazi benomila, tiabendazola, kaptana i tirama, kao i kombinacijama ovih preparata. U novije vreme primenjuju se i biološke mere suzbijanja pomoću granuliranih formulacija spora gljive *Coniothyrium ninitans*, koja parazitira sklerocije.

UGLJENASTA TRULEŽ (NEKROZA) KORENA I STABLA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Ugljenasta trulež korena i stabla je veoma rasprostranjena bolest soje. Prvi put je zapažena i opisana 1943. godine u SAD, a zatim se proširila u većini zemalja Južne Amerike, Azije, Afrike, Evrope i u Australiji (Sinclair i Dhingra, 1975). Na soji u Srbiji opisana je početkom šezdesetih godina ovog veka (Aćimović, 1963) i od tada se redovno javlja u slabijem ili jačem intenzitetu (Jasnić i Vidić, 1985, Tošić i sar., 1986, Vidić i sar., 1994b).

Bolest se na soji pojavljuje u svim fenofazama razvića i može značajno smanjiti prinos. U područjima sa toplom klimom u vreme nicanja (tropski i suptropski pojas) česte su infekcije klijanaca i mladih biljaka. U Indiji su Gangopadhyay i sar. (1973) konstatovali 32 do 77% zaraženih klijanaca, što je znatno redukovalo sklop useva. U umerenom klimatu ugljenasta trulež obično se uočava u generativnoj fazi razvoja soje, naročito na biljkama oslabljenim sušom. U sušnim godinama ovim oboljenjem u Srbiji biva zaraženo 40 do 50% biljaka soje, usled čega je prinos umanjen za 20 do 25% (Aćimović, 1988). Naša istraživanja takođe ukazuju da je pri jakom intenzitetu napada, prinos soje značajno smanjen. Parazitna gljiva utiče na prinos prvenstveno smanjenjem broja mahuna i broja zrna po biljci, dok je uticaj na krupnoću zrna slabiji (Vidić i sar., 1995b)

Simptomi

Ugljenasta trulež je oboljenje korena i prizemnog dela stabla, ali se simptomi mogu javiti i na klijancima. Na hipokotilu se prvo uočavaju crvenkastosmeđe pege, koje se zatim šire i postaju tamnosmeđe do crne. Pri toplom i suvom vremenu klijanci se suše i uginjavaju. Ako posle infekcije nastupi vlažan i prohladan period, oni prežive, ali ostaju latentno zaraženi. Latentno zaraženi klijanci nastavljaju sa porastom, a simptomi se pojavljuju kasnije, kada nastupi duži sušan period, praćen visokom temperaturom.

U našim agroekološkim uslovima ugljenasta trulež soje javlja se u drugom delu vegetacije. Infekcija nastaje na korenu. Najpre se uočavaju svetlosmeđe pege, koje

vremenom zahvataju ceo korenov sistem. Simptomi se zatim šire i na prizemni deo stabla, bočne grane, a u povoljnim uslovima zahvataju veći deo biljke. Površinsko tkivo korena i stabla postaje svetlosivo, a ispod epidermisa se stvaraju mnogobrojne, crne mikrosklerocije. I unutrašnjost obolelog tkiva prožeta je mikrosklerocijama, koje podsećaju na čestice sitno samlevenog uglja. Usled nekroze korenovog sistema i zapušavanja sprovodnih sudova mikrosklerocijama, listovi na bolesnim biljkama žute i venu. Uveli listovi ne opadaju odmah, ostaju da vise, pa se bolesne biljke brzo uočavaju na parceli. Na obolelim delovima stabla epidermis se lako odvaja i uzdužno cepa na uzane trake, što je pouzdan znak da je biljka zahvaćena ugljenastom truleži (Slika 13.8).

Slika 13.8

Macrophomina phaseolina (foto: M. Vidić)



Simptomi na stablu

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Prouzrokovatelj ugljenaste truleži soje je *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (syn: *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ashby, *Rhizoctonia bataticola* (Taub) Britton-Jones, *Sclerotium bataticola* Taub.). Ova gljiva je izrazit polifag jer parazitira preko 400 divljih i gajenih vrsta (Dhingra i Sinclair, 1975). Osim soje kod nas se najčešće pojavljuje na suncokretu, šećernoj repi i kukuruzu (Marić, 1974, Marić i sar., 1988., Babović i Bulajić, 1994).

Na podlozi od krompira (KDA) *M. phaseolina* se brzo razvija, stvarajući retku, beličastu, miceliju. Micelija je septirana i razgranata. Bočne hife obično rastu pod pravim uglom, u odnosu na materinsku hifu, a na mestu grananja su sužene. Nakon tri dana inkubacije, počinje formiranje sklerocija i to prvo u centru, a zatim i na periferiji Petrijeve kutije. Sklerocije su crne, sitne, okruglastog oblika ili izdužene. Veličina im je 57 – 107 x 50 – 74 µm (Aćimović, 1988).

Pored sklerocija, ovaj parazit može da formira i piknide sa konidijama na biljkanu pasulja (Luttrell, 1947, loc. cit. Aćimović, 1988), i uginulim klijancima soje (Gangopadhyay i sar., 1973). Međutim, stvaranje piknida i konidija je vrlo retka pojava.

Gljiva se u nepovoljnim uslovima održava u zaraženim biljnim ostacima, u zemljištu i u semenu soje. U lakšim, peskovitim zemljištima koja se brzo isušuju, sklerocije ostaju vitalne više godina, dok u vlažnim uslovima trule posle nekoliko meseci.

Mehanizam infekcije biljaka soje detaljno su proučili Ammon i sar. (1974). Prema ovim autorima sklerocije u zemljištu klijaju dajući više inicijalnih hifa. Kada dođu u kontakt sa korenom soje, inicijalne hife formiraju apresoriju sa infekcionom hifom i pomoću nje gljiva prodire u koren direktno kroz kutikulu, ili kroz prirodne otvore. Micelija se zatim razvija intercelularno, a usled delovanja enzima i toksina koje luči, nastaje nekroza okolnih ćelija. Stvaranje sklerocija je pouzdan znak da je zahvaćeno tkivo mrtvo. Micelija prodire i u ksilem, gde se takođe formiraju sklerocije. Usled postepenog truljenja korenovog sistema i zapušavanja sprovodnih sudova sklerocijama, obolele biljke počinju da venu.

Zaraženo seme soje ima slabiju klijavost i energiju klijanja. Nakon setve seme ili ne klija, ili klijanci brzo uginjavaju, što je naročito izraženo u regionima sa visokom temperaturom u vreme setve.

M. phaseolina je izrazito termofilan parazit. Optimalna temperatura za razvoj gljive je 30 do 35°C (Aćimović, 1963). Sklerocije počinju da klijaju na 28°C, a klijanci soje bivaju zaraženi tek ako je temperatura zemljišta u vreme nicanja 30°C i viša (Sinclair i Shurtleff, 1975). Biljke soje veoma su podložne infekciji ako su prethodno oslabljene dugotrajnom sušom, ili su pretrpele neke druge nepovoljne (stresne) uslove. Takođe, starije biljke su znatno osetljivije na napad ovog parazita (Iliyas i Sinclair, 1974). Rezultati naših istraživanja ukazuju da je pojava ugljenaste truleži intenzivnija pri ranijoj setvi i kod ranostasnijih genotipova soje (Vidić i sar., 1994b). Naime, kada tokom leta nastupe povoljni uslovi za klijanje sklerocija i nastanak infekcija, ranije posejane biljke su u odmaklijim fenofazama razvića, osetljivije su i bivaju brže i jače zaražene, u odnosu na biljke iz kasnijih rokova setve. I veća osetljivost ranostasnijih sorti soje povezana je sa starošću biljnog tkiva u momentu zaraze.

Mada postoje otporne linije soje (dobri izvori rezistentnosti), malo pažnje se posvećuje unošenju otpornosti u komercijalne sorte. Pri testiranju sortimenta u polju, u Misuriju (SAD), utvrđeno je da sorte Asgrow4715, DeltaPineland 3478, Hamilton i Jackson ispoljavaju umereno rezistentnu reakciju prema *M. Phaseolina* (Smith i Carvil, 1997).

S obzirom da *M. phaseolina* u jačem intenzitetu napada manje vitalne (oslabljene) biljke, opasnost od ovog patogena znatno je manja ako se usev soje tokom celog vegetacionog perioda razvija u optimalnim uslovima. Zato je neophodna pravilna i blagovremena primena svih agrotehničkih mera, koje se preporučuju u tehnologiji gajenja soje. Intenzitet bolesti smanjuje se pri setvi u optimalnom roku. Seme mora biti zdravo ili ga pre upotrebe treba dezinfikovati fungicidima na bazi mankoceba, tirama i karbendazima. Broj biljaka po jedinici površine mora biti optimalan za svaku sortu, jer su u pregustom usevu biljke slabije i podložnije napadu parazita. Izbalansirana ishrana povećava vitalnost biljaka i tako se smanjuje mogućnost nastanka i širenja bolesti. Navodnjavanje useva u sušnom periodu je najefikasnija mera u suzbijanju ugljenaste truleži.

Poštovanje plodoreda takođe je značajna mera. Soju ne treba sejati na istoj parceli, ili posle drugog osetljivog useva četiri do šest godina.

MRKA TRULEŽ STABLA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Bolest je prvi put zapažena 1944. godine na soji u SAD (Illinois). Najviše je raširena na srednjem zapadu i jugoistoku SAD. Prisutna je i u Kanadi, Egiptu, Japanu i Meksiku (Sinklair i Backman, 1989). Na soji u Srbiji bolest je uočena 1984. godine u okolini Župskog Aleksandrovcu (Tošić i Buturov, 1986), a zatim u lokalitetima Vranja, Vladičinog Hana, Varvarina, Negotina i Požarevca (Tošić i sar., 1986, Tošić i Antonijević, 1987).

Mrka trulež spada u red najopasnijih bolesti soje, naročito u glavnim arealima gajenja ove biljke u SAD i Kanadi. Bolesne biljke prisilno, prevremeno dozrevaju, pa se prosečno smanjenje prinosa u ugroženim područjima kreće od 17 do 25% (Sinclair i Backman, 1989). Intenzitet bolesti je naročito jak, a štete velike, ako je u vreme mahunanja i formiranja zrna hladno i vlažno, a zatim nastupi duži suv i topao period (Tachibana, 1982). Procenat obolelih biljaka može biti visok, a smanjenje prinosa u mnogome zavisi od sorte. Utvrđeno je da bolesne biljke sorte Beeson imaju za 25% manji prinos od zdravih, a kod sorte Calland za 31% (Gray i Sinclair, 1973). Pri gajenju soje u višegodišnjoj monokulturi obolela i do 100% biljaka, a prinos je umanjen za oko 65%. Mrka trulež negativno utiče na sve komponente prinosa, prvenstveno na broj zrna po biljci, a zatim na krupnoću zrna zaraženih biljaka (Dunleavy i Weber, 1967).

Simptomi

Mrka trulež je bolest stabla i bočnih grana soje, a može zahvatiti i korenov sistem. Kao posledica truleži stabla i postepenog slabljenja intenziteta njegovih osnovnih funkcija, dolazi do promena i na listu.

Prvi simptomi prisutni su u unutrašnjosti stabla, najčešće sredinom vegetacionog perioda. Sudovna tkiva i srž stabla dobijaju mrku – crvenkastosmeđu boju, koja se širi od korena prema gore. Najtamnije nijanse zapažaju se na tkivu u okviru nodusa. Ukoliko je trulež zahvatila veći deo stabla, utoliko je prinos inficirane biljke niži. Kod veoma osetljivih sorti trulež zahvata unutrašnjost stabla celom dužinom.

Na površini stabla simptomi su vidljivi tek u kasnijim fenofazama razvoja soje. Prizemni deo dobija svetlosmeđu boju, koja se vremenom širi, zahvatajući i bočne grane. Vrhovi glavnog stabla i grana se savijaju i suše, te biljke prestaju sa porastom. Istovremeno, list počinje da žuti i vene, zadržavajući samo duž nerava lepezasto raspoređene oaze zelene boje. Za vreme sušnog i toplog perioda sa bolesnih biljaka listovi se suše i opadaju 20 do 30 dana ranije nego sa zdravih.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Mrku trulež stabla soje prouzrokuje *Phialophora gregata* (**Allington & Chamberlain**) **W. Gams.** (syn. *Cephalosporium gregatum* **Allington & Chamberlain**). Pored soje, ova gljiva može da parazitira crvenu detelinu (*Trifolium pratense*), azijski pasulj (*Phaseolus aureus*) (Dunleavy, 1967), i japansku vignu (*Vigna angularis*) (Sinclair i Backman, 1989).

Na bolesnim stablima soje i hranljivim podlogama parazit razvija belu miceliju. Hife gljive su razgranate i prozirne, septirane ili neseptirane, 1,2 – 4,7 µm u prečniku. Konidiofore se formiraju u grupama, na svim delovima hife. Obično su prave ili malo povijene pri vrhu, jednoćelijske ili izdeljene pregradama, a dužina im je 4 – 15 µm, ređe do 25 µm.

Konidije se obrazuju sukcesivno na vrhovima konidiofora. Nakon sazrevanja i odvajanja od konidiofora, grupišu se u lažne glavice, koje se zatim raspadaju pri kontaktu sa vodom. Mogu biti jednoćelijske, dvoćelijske ili višećelijske. Jednoćelijske konidije su eliptično – izdužene i bezbojne. Ako se formiraju na stablu soje dimenzije su im 3,9 – 4,3 x 6,8 – 9,4 µm, dok su na veštačkim hranljivim podlogama znatno manje. Ponekad se jednoćelijske konidije izduže, a u sredini nastane suženje i pregrada. Proces se ponavlja nekoliko puta, a novonastala konidija je znatno duža od materinske i izdeljena je pregradama. Ove višećelijske konidije mogu zatim na jednom kraju formirati izraštaj, u procesu sličnom pupljenju, koji se transformiše u jednoćelijsku konidiju. Novonastale jednoćelijske konidije više se ne dele. U kapi vode konidije

proključuju za 24 sata, prorastajući u inicijalnu hifu na jednom, ređe na oba kraja. Optimalna temperatura za sporulaciju je 15 do 20°C (Sinclair i Backman, 1989).

Tokom zimskog perioda *P. gregata* se održava u zemljištu, na zaraženim žetvenim ostacima soje. Nastupanjem povoljnih uslova u proleće, gljiva počinje obilno da sporuliše na žetvenim ostacima, koji se nalaze do 30 cm dubine u zemljištu. Sporulacija traje sve dok biljni ostaci ne istrule. Gljiva održava vitalnost u zemljištu nekoliko godina i bez prisustva ostataka biljaka domaćina.

Infekcija biljaka soje odvija se preko korena, odakle micelija prodire u stablo, šireći se uglavnom sprovodnim sudovima – ksilemom. U ksilemu je zapaženo prisustvo konidija, koje se raznose u druge delove biljke. Micelija gljive luči toksine, Gregatin A, C i D, izazivajući uvenuće biljaka (Taylor i sar., 1985). Nije razjašnjena uloga semena u održavanju i širenju parazita.

Prohladno vreme pogoduje pojavi i širenju mrke truleži stabla soje. Najintenzivniji razvoj simptoma bolesti je na temperaturi od 15 do 27°C. Iznad 27°C intenzitet se smanjuje, a na 32°C simptomi bolesti se ne javljaju (Gray, 1974). Starenjem biljaka povećava se njihova osetljivost i ubrzava širenje simptoma bolesti.

Prisutna je varijabilnost u patogenosti unutar populacije *P. gregata*. Postoje dva patotipa ove gljive. Prvi, znatno štetniji, koji pored truleži stabla izaziva i hlorozu, nekrozu i sušenje lista, i drugi koji ne prouzrokuje promene na listu, već samo na stablu soje (Mengistu i Grau, 1986).

Otpornost prema *P. gregata* nađena je u SAD, u više introdukovanih genotipova soje (Chamberlain i Bernard, 1986; Tachibana i Card, 1972). Visok nivo poljske otpornosti unet je u komercijalne sorte BSR 101, BSR 201, BSR 302 i Chamberlain. Ispitivanja u našoj zemlji ukazala su da je sorta Amsoy veoma osetljiva (Tošić i Antoničević, 1987).

Suzbijanje

Najefikasnija mera u suzbijanju mrke truleži stabla je višegodišnji plodored. Soju ne bi trebalo sejati na istoj parceli, ili posle crvene deteline, najmanje tri do pet godina. U regionima sa redovnom i jakim pojavom ovog oboljenja u proizvodnji treba gajiti otporne sorte.

TRULEŽ KORENA I STABLA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Bolest je prvi put zapažena 1948. godine na soji u Indijani, a zatim 1951. godine u Ohaju (Suhowecy i Schmitthenner, 1955., loc. cit. McBlain i Schmitthenner, 1991), da bi se ubrzo proširila u svim glavnim regionima gajenja soje u SAD i Kanadi (Sinclair i Bacman, 1989). Pored severno-američkog podkontinenta prisutna je u Australiji, Japanu, Mađarskoj, Italiji i nekim delovima bivšeg SSSR-a (Sinclair i Backman, 1989). Na soji u Srbiji nije uočena pojava ove bolesti.

Trulež korena i stabla je veoma opasna bolest soje, naročito u SAD, gde se pojavljuje na oko 16 miliona hektara. U državi Ohajo štete su i do 50 miliona dolara godišnje (Schmitthenner, 1985). Kasnije isti autor ukazuje da je u severnim i centralnim delovima SAD bilo zaraženo ovim parazitom 5 miliona hektara, a gubici u prinosu na pojedinim parcelama su se su se kretali i do 100% (Schmitthenner, 1989). Pri jačoj pojavi, prinos osetljivih genotipova može biti prepolovljen (Sinclair, 1982), tako da se u najugroženijim područjima seju samo otporne, ili tolerantne sorte soje (McBlain i Schmitthenner, 1991). U Australiji su uobičajene štete veće od 20%, a na pojedinim parcelama se kreću od 50 do 90% (Rose i sar., 1982).

Simptomi

Oboljenje se može pojaviti u svim fenofazama razvića soje, tako da su simptomi veoma kompleksni i raznovrsni. Odmah nakon setve može doći do truljenja semena i neizniklih klijanaca. Na tek izniklim klijancima i mladim biljčicama takođe se uočavaju simptomi vlažne truleži, usled čega oni brzo uginjavaju. Zbog toga nastaju veća ili manja prazna mesta, naročito na nižim ulegnutim delovima parcele, gde se duže zadržava voda. Zato se simptomi ove bolesti često mešaju i poistovećuju sa posledicama vodnog stresa.

U kasnijim fenofazama razvoja soje znaci bolesti se pojavljuju na listu, stablu, granama i korenu. Prvo se na donjim listovima uočava žućenje između nerava i po obodu liske. Zatim, vršni listovi postaje hlorotični, gube turgor te biljke venu i suše se. Suvi listovi ostaju da vise na uvelim biljkama, pa se one lako uočavaju. Obično su koncentrisane u manjim ili većim grupama duž reda, a ređe su pojedinačno razbacane na parceli. Bolesne biljke lako se čupaju iz zemljišta a na korenu i na stablu uočavaju se tipični simptomi vlažne truleži. Tkivo glavnog korena i bočnih korenčića je tamnosmeđe boje, meko, trulo i vodenasto. Trulež se zatim širi na stablo i kada zahvati desetak nodusa, biljka počinje da vene. Zahvaćeni deo stabla u početku je svetlosmeđe obojen, a vremenom dobija sve tamnije nijanse. Unutrašnjost stabla je takođe tamnosmeđa, pa se na uzdužnom preseku može lako odrediti do koje visine je oboljenje zahvatilo biljku.

Opisani simptomi su karakteristični za osetljive genotipove soje. Ove biljke brzo venu i suše se, i pri ranijim infekcijama ne donose nikakav prinos. Kod manje osetljivih ili tolerantnijih sorti soje ne dolazi do brzog uvenuća biljaka. Inficirane biljke zaostaju u porastu. Zapaža se slabija hloroza lista, što podseća na simptome koji nastaju pri nedostatku azota u zemljištu, ili usled zabarivanja zemljišta. Ponekad se javlja i smeđa nekroza na prizemnom delu stabla. Prinos ovih biljaka je za oko 40% niži od prinosa zdravih.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Prouzrokovatelj truleži korena i stabla soje je *Phytophthora sojae* **Kaufman & Gerdemann**. Parazit je prvo opisan kao *P. megasperma* var. *sojae* (Hildebrand, 1959) a kasnije preimenovan u *P. megasperma* fs. *glycinea* (Kuan i Erwin, 1980). Ova pseudogljiva razvija belu miceliju, čije se hife granaju pod pravim uglom, a zatim se obično počinju uvijati. Mlade hife su jednoćelijske, dok starenjem postaju septirane i imaju karakteristična proširenja.

Sporangiofore su jednostavne i indeterminantne. Na njima se stvaraju eliptične sporangije, bez papile (42 – 65 x 32 – 53 μm), u kojima se diferenciraju zoospore. Sporangije klijaju tako što formiraju tanke membranske vezikule (mehuriće), u koje potiskuju zoospore. Vezikule se zatim brzo proširuju i pucaju. Oslobođene zoospore vrše infekciju biljaka soje. Dešava se da zoospore proklijaju unutar sporangije i kličnom cevi probijaju njen zid. U ispražnjenoj sporangiji često se mogu formirati nove sporangije. Pri određenim temperaturnim uslovima sporangija klija direktno u infekcionu hifu, odnosno, funkcioniše kao konidija.

Zoospore su ovalne, sa ravnim stranama i zaobljenim krajevima. Na krajevima imaju po jednu flagelu, s tim što je prednja nekoliko puta kraća od zadnje. Optimalna temperatura za njihovo formiranje je 20°C.

U ciklusu razvoja *P. sojae* stvara i anteridije i oogonije. Anteridije su amfigine i paragine. Oogonije su okrugle ili malo spljoštene, 29 – 58 μm u prečniku i imaju tanak zid. Kada anteridija izvrši oplodnju oogonija nastaju oospore. To su trajne spore, okruglastog oblika, obložene dvostrukim zidom. Unutrašnjost ispunjava fino granulirana citoplazma, a u centru se nalazi refraktivno telo. Oospore klijaju u hifu, koja može izazvati infekciju, ili se na hifi formiraju sporangiofore i sporangije (Sinclair i Backman, 1989).

Oospore *P. sojae* masovno se obrazuju na korenu osetljivih i tolerantnih sorti soje. Veoma su postojane i na zaraženim žetvenim ostacima u zemljištu održavaju vitalnost nekoliko godina. Pri povoljnim uslovima u proleće klijaju u infekcionu hifu i vrše primarne infekcije korena soje. Na bolesnom tkivu se zatim javljaju sporangije sa zoosporama. Nakon oslobođanja, zoospore se raznose vodom i dospevaju do korenskih dlačica, grupišu se i stvaraju ciste. Ciste klijaju u hife. Kada hife dođu u kontakt sa

zemljištem formiraju apresorije i infekcione hife, pomoću kojih pseudogljiva prodire u biljno tkivo.

U vreme pljuskovitih kiša mogu ponekad nastati infekcije soje preko lista. Zoospore dospevaju na lisku kišnim kapima, koje se odbijaju od površine zemlje. Ako nastupi duži, vlažan i prohladan period, dolazi do jače pojave bolesti na listu, a simptomi se preko lisne peteljke šire na grane i stablo.

Micelija gljive raste intercelularno u tkivu korena, a intracelularno u hipokotilu. U ćelije prodire pomoću prstenastih ili okruglih haustorija.

Trulež semena, propadanje klijanaca pre i posle nicanja, kao i trulež korena i stabla biljaka soje najčešće se dešava na teškim, kompaktnim, glinovitim, slabooceđenim zemljištima, sklonim zabarivanju. Nastanku infekcije naročito pogoduju obilne padavine, odmah nakon setve soje i nešto niža temperatura. Duži sušni periodi, praćeni visokom temperaturom, u znatnoj meri smanjuju intenzitet pojave ove bolesti.

Postoji velika varijabilnost unutar populacije *P. sojae*. Do sada je utvrđeno najmanje 55 fizioloških rasa ovog patogena (Dorrance i sar., 2003). Identifikovano je veći broj gena, smeštenih na sedam lokusa (Rps1, Rps1-b, Rps1-c, Rps1-k, Rps2, Rps3, Rps3-b, Rps3-c, Rps3-d, Rps4, Rps5 Rps6 i Rps7), koji kontrolišu specifičnu otpornost prema pojedinim fiziološkim rasama (Athow, 1987; Ploper i sar., 1985; Layton i sar., 1986; Kilen i sar., 1974; Kilen, 1986; Weng i sar., 2001). U SAD, gde je trulež korena i stabla najraširenija, jedan od glavnih ciljeva oplemenjivanja soje je unošenje otpornosti prema prouzročivaču ove bolesti. S obzirom na čestu pojavu novih fizioloških rasa, proces oplemenjivanja na otpornost je kontinuiran. Radi se na stvaranju sorti sa specifičnom otpornošću prema dominantnim rasama u pojedinim agroekološkim područjima, kao i na stvaranju tolerantnih sorti.

Suzbijanje

Najefikasnija mera suzbijanja ove bolesti je stvaranje i gajenje u proizvodnji otpornih i tolerantnih sorti soje. Pri setvi tolerantnih sorti poželjno je tretiranje semena fungicidima na bazi metalaxil-a. Ovaj fungicid uspešno sprečava infekciju u vreme klijanja semena i nicanja biljaka. Može se primeniti i unošenjem u zemljište istovremeno sa setvom, a i kasnije. Intenzitet pojave bolesti može se umanjiti i raznim agrotehničkim merama: plodoređom, kvalitetnom obradom i pripremom zemljišta za setvu, optimalnim rokovima setve, sprečavanjem zabarivanja zemljišta i drugim merama.

TRULEŽ (PROPADANJE) SEMENA SOJE

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Još 1922. godine u SAD, Lehman opisuje pojavu truleži semena i propadanje klijanaca soje. On ovu pojavu objašnjava kao posledicu zaraze semena *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae*, odnosno njenim konidijskim stadijumom *Phomopsis sojae*.

Ovo oboljenje utvrđeno je u više zemalja, gde se soja gaji, a naročito je rasprostranjeno u SAD. Paraziti semena soje iz roda *Diaporthe/Phomopsis* prisutni su u većini regiona gajenja soje u Srbiji. Tako je u 2002. godini konstatovan visok procenat zaraženog semena u pojedinim lokalitetima (i preko 65%), dok je u sledećoj, 2003. godini pojava oboljenja bila neznatna (Vidić i sar. 1995c; Vidić i sar., 2006).

Tačni podaci o štetnosti ovog oboljenja nisu još u potpunosti utvrđeni. Međutim, mnogi autori ističu trulež semena i propadanje klijanaca kao najčešće i najopasnije oboljenje semena soje (Mc Gee, 1986; Gleason i sar., 1987; Rupe i Ferriss, 1987; Thompson i sar., 1988). Zaraženo seme može biti veoma oštećeno i trulo. Obolelo seme ima znatno smanjenu klijavost i vitalnost, što prouzrokuje slabo nicanje, propadanje velikog broja klijanaca i redukciju sklopa biljaka u polju. U toplijim područjima, pri povoljnim temperaturnim uslovima u vreme nicanja soje, oboljenje može prouzrokovati masovnije propadanje klijanaca i izazvati veće štete (Sinclair i Backman, 1989).

U našim agroekološkim uslovima pojava propadanja klijanaca nije uočena zbog niskih temperatura zemljišta u proleće, nepovoljnih za razvoj oboljenja.

Simptomi

Simptomi se najčešće ispoljavaju na semenu. Kod jakih zaraza seme je sitnije, šturo, smežurano sa ispučanom semenjačom, neki put prekriveno micelijom parazita. Ovakvo seme obično truli i propada (Slika 13.9b). Slabije zaraženo seme ima normalan izgled, bez znakova oboljenja. Ono ima smanjenu klijavost, vitalnost i kvalitet. Iz zaraženog semena razvijaju se oboleli klijanci. Na kotiledonima se obrazuju blede obojene, svetlocrvene do mrke pege. One mogu biti veoma sitne ili obuhvatiti celu površinu kotiledonih listova. Na hipokotilu obolelog klijanca se javljaju crvenkastomrke pruge pri površini ili ispod površine zemljišta. Temeni pupoljci su deformisani ili potpuno propadnu. Klijanci nekrotiraju, trule i propadaju.

Na odraslim biljkama, koje prežive, pred kraj vegetacije dolazi do pojave simptoma, koji su identični kao kod paleži stabla i mahuna. Na stablima i mahunama, u okviru sivkastih pega masovno se javljaju piknidi, formirajući veće ili manje crne površine. U zaraženim mahunama obrazuje se manji broj semena, koje obično oboli.

Phomopsis longicolla (foto: M. Vidić i R. Jevtić)

a) Zdravo seme, b) Trulo seme

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Kao prouzročivač truleži i propadanja semena soje najčešće se javlja *Phomopsis longicolla* **Hobbs**.

Mnogi istraživači, do nedavno, su smatrali da je trulež semena soje kompleksno oboljenje, koje prouzrokuje više gljiva iz rodova *Diaporthe* i *Phomopsis* kao što su *D. phaseolorum* var. *caulivora*, *D. phaseolorum* var. *sojae* i jedna nedeterminisana vrsta označena kao *Phomopsis* sp. (Kmetz i sar., 1978; Kulik, 1983 i Mc Gee, 1983). Tako su Kmetz i sar. (1978) iz zaraženog semena izolovali oko šest puta češće vrstu *Phomopsis* sp. u odnosu na ostale vrste, opisane kao prouzročivači truleži semena. To je navelo Hobbs-a i sar. (1985) da detaljno prouče odgajivačke i morfološke karakteristike *Phomopsis* sp. Utvrdili su da je ova gljiva posebna vrsta, te su je nazvali *Phomopsis longicolla* **Hobbs**. Kao paraziti semena soje iz ovog kompleksa u Srbiji su opisane vrste *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*, *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* (anamorf *Phomopsis sojae*) i *Phomopsis longicolla*. Od pomenutih parazita najčešća i najštetnija vrsta je *P. longicolla*.

P. longicolla se veoma dobro razvija na podlozi od krompir-dekstroznog-agara, gde obrazuje belu vunastu, gustu miceliju. U okviru micelije formiraju se krupne crne, spojene stromatične tvorevine (Vidić i sar., 1996). U stromama gljiva obrazuje piknidijske konidiate, koje su pojedinačne ili združene u veće ili manje grupe sa jednom (unilokularne) ili više (multilokularne) šupljina i veoma dugim vratom, preko 200 µm. Dužina vrata se kreće od 210 do 422 µm, u proseku 337 µm (Vidić i sar., 1996). Šupljine konidiate su loptaste, do 500 µm široke. U njima se stvaraju A konidije na razgranatim i septiranim konidioforama i veoma retko B konidije.

A konidije su jednoćelijske, bezbojne, eliptične ili na krajevima sužene sa po dve kapi, dimenzija 5 – 9 x 1,5 – 3,5 (Hobbs i sar., 1985). B konidije su jednoćelijske, bezbojne, končaste i na jednom kraju povijene.

Savršeni stadijum gljive, peritecije sa askusima i askosporama, nije do sada utvrđen.

Gljiva prezimljava u semenu i zaraženim žetvenim ostacima na kojima formira piknide. Na soji se kod nas često u jačoj meri javlja palež stabla (Vidić i Jasnić, 1994), dok je zaraza semena ređa (Komnenić, 1991). Garzonio (1981) je utvrdio da su zaraženi delovi stabla glavni izvor inokuluma za nastanak zaraze u sledećoj godini, a da zaraženo seme nema veću ulogu u epidemiologiji, već služi za širenje parazita iz jednog regiona sveta u drugi. Prema Kulik-u (1981) piknospore se ne oslobađaju pre početka maja. Oslobađaju se u dužem vremenskom periodu i šire pomoću kišnih kapi, zaražavajući biljke soje. Do pojave simptoma obično dolazi krajem vegetacije. Broj zaraženih mahuna se postepeno povećava od fenofaze R3 do fenofaze R8. Zaraza semena je, međutim, od fenofaze R3 do R7 veoma mala i tek značajnije zaražavanje semena nastaje između fenofaza R7 i R8 (Kmetz i sar., 1978). Topla i vlažna leta su pogodna za ostvarivanje zaraze i širenje parazita u polju. Ostali prouzročivači truleži semena iz roda *Diaporthe/Phomopsis* detaljno su opisani ranije.

Suzbijanje

Od mera zaštite preporučuje se plodored od dve do tri godine, korišćenje zdravog semena za setvu, setva otpornijih sorti prema parazitu, uništavanje i zaoravanje žetvenih ostataka.

Od hemijskih mera može se primeniti tretiranje semena preparatima na bazi tiabendazola, obično u kombinacijama sa tiramom ili kaptanom i preparati samo na bazi tirama ili kaptana.

Semensku soju treba tretirati od početka formiranja mahuna do sazrevanja mahuna fungicidima na bazi benomila, hlorotalonila ili tiofanatmetila.

RIZOKTONIJSKA TRULEŽ KORENA I STABLA, POLEGANJE KLIJANACA, NEKROZA KORENA I STABLA I UVENUĆE I SUŠENJE BILJAKA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Ovo oboljenje može se javljati u vidu različitih simptoma u zavisnosti od ekoloških uslova, tj. uslova spoljne sredine. U subtropskim i tropskim regionima sveta simptomi se ispoljavaju na stablu, listu i mahunama, kad dolazi do opadanja lista i uvenuća i sušenja biljaka. Ovaj tip oboljenja raširen je na Filipinima, Kini, Indiji, Tajvanu, Maleziji, Meksiku, Portoriku i subtropskim delova SAD (Sinclair i Backman, 1989). Drugi tip simptoma u vidu poleganja klijanaca, truljenja korena i prizemnog dela stabla i sušenja starijih biljaka opisan je u zemljama sa umerenom klimom i to u nekim delovima SAD (Crall, 1950), Brazilu (Machado i sar., 1973), bivšem Sovjetskom Savezu (Zhukovskaja, 1977) i Srbiji (Jasnić i Vidić, 1986).

Ovo oboljenje može da pričini značajne ekonomske štete. Tako gubici prinosa u subtropskim delovima SAD mogu biti i do 35% (Sinclair i Backman, 1989). Poleganje klijanaca može da proredi usev soje za 50% (Sinclair i Backman, 1989) i da smanji prinos i do 40% (Tachibana i sar., 1971 i Machado i sar., 1973).

Simptomi

Kao što je već izneto simptomi oboljenja se razlikuju u zavisnosti od ekoloških faktora. Za razvoj oboljenja povoljno je vlažno i toplo vreme.

U našim klimatskim uslovima najčešće se pojavljuje poleganje klijanaca i simptomi na stablu. Simptomi na listu i mahunama su veoma retki, pošto su kod nas leta topla i suva, te nema uslova za razvoj oboljenja.

Prvi simptomi se uočavaju u proleće, u uslovima dužeg toplog i vlažnog vremena, kada dolazi do zaostajanja u porastu, poleganja i truljenja klijanaca. Na obolelom hipokotilu, obično na visini površine zemlje, zapažaju se eliptične, izdužene udubljene mrkocrvene pege sa tamnijim obodom (Slika 13.10). Pege se mogu spajati i prstenasto zahvatiti veće delove stabla (hipokotila) i širiti se prema korenu. Koren nekrotira i propada, što prouzrokuje poleganje i truljenje većeg ili manjeg broja klijanaca. Na preživelim klijanacima razvijaju se izdužene, eliptične, udubljene mrkocrvene pege sa tamnijim rubom. Zaražene biljke venu i suše se, ako nekroza obuhvati veći deo stabla. Koren obolelih biljaka je slabo razvijen i nekrotiran, sa manjim brojem kvržica. (Slika 13.10a). Nekrozu i truljenje biljnih tkiva soje prouzrokuju toksini, koje stvara ovaj parazit. Pri jačim zarazama može doći do uvenuća i propadanja više biljaka u oazama (Slika 13.10b)

Slika 13.10

Rhizoctonia solani (foto: M. Vidić)



a) Trulež korena, b) Uvele biljke u oazama

Tokom dužeg perioda vlažnog i toplog vremena simptomi mogu da se jave i na stablu, a potom na donjim listovima. Zatim se šire i na mahune. Na listovima se mogu zapaziti vodenaste zelenomrke pege, koje kasnije dobijaju mrkocrvenu, mrku i na kraju crnu boju. Pege su različite veličine od veoma sitnih do krupnijih pega, koje zahvataju veće površine liske. Nekrotirani delovi ispadaju i list dobija rupičast izgled. U okviru pega, pri veoma vlažnom vremenu, obrazuje se paučinasta navlaka i veći broj sitnih mrkih ili crnih telašaca-sklerocija. Zaraženi listovi opadaju, tako da jako obolele biljke ostaju bez lista. Opali listovi služe kao izvor infekcije za mahune i seme. Na mahunama simptomi su u vidu malih mrkih pega ili pak većih mrkih površina. U zaraženim mahunama seme se ili ne obrazuje ili ako je došlo do formiranja ono je zaraženo.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Trulež korena i stabla, poleganje klijanaca i uvenuće biljaka prouzrokuje *Rhizoctonia solani* **Kühn**, čiji je savršeni stadijum *Thanatephorus cucumeris* (**Frank**) **Donk** (syn.: *Hypochnus cucumeris* **Frank**; *H. solani* **Prill** i **Delacr**; *H. filamentosus* **Pat.**). Savršeni stadijum, koji gljiva izuzetno retko obrazuje, predstavljen je bazidom sa bazidiosporama. *R. solani* je polifagni parazit, koji pored soje napada i mnoge druge vrste biljaka iz različitih porodica; povrtarske biljke, cveće, detelina, lucerka i druge. Gljiva je veoma varijabilna u odgajivačkim karakteristikama, patogenosti i reakciji prema promenama spoljne sredine. Izolati koji prouzrokuju trulež korena i stabla i poleganje klijanaca ne moraju izazivati i simptome na listovima soje. *R. solani* je podeljena na osnovu tipova spajanja hifa (anastomoze hifa) u tzv. anastomozne grupe (AG-grupe),

a u okviru ovih grupa postoje podgrupe. Tako se 13 podgrupa nalazi u grupi AG-1. Izolati gljive sa soje nalaze se pretežno u grupi AG-4 (Sinclair i Backman, 1989).

Na podlozi od krompirdekstroznog agara gljiva se brzo razvija i obrazuje okruglaste kolonije sa belom paučinastom vazdušnom micelijom. Boja vazdušne micelije se starenjem menja u svetlomrku, a substratna dobija žućkastomrku boju zrakaste strukture. Posle tri do četiri dana gljiva formira svetlo do tamnomrke ili crne sitne sklerocije. Mlade hife se granaju u pravcu porasta i bezbojne su. Starije hife su žućkasto ili mrko obojene, septirane, debele i razgranate, najčešće pod pravim uglom i malo sužene na mestu spajanja sa glavnom hifom. Odnos dužine i širine je veći od 5:1. Na staroj miceliji obrazuju se jednostavni ili razgranati lanci moniloidnih ćelija, koje su mrko obojene, valjkastog, kruškastog ili nepravilnog oblika, sa većim brojem jedara (3 do 20). Dimenzije ovih ćelija su 17 – 30 x 25 – 50 μm (Jasnić i Vidić, 1986). Sklerocije gljive su mrke do crne, sitne, ovalne ili nepravilnog oblika i sastoje se od kompaktne mase moniloidnih ćelija, i prečnika do 0,25 mm. Svi izolati gljive ne stvaraju sklerocije.

R. solani je zemljišni parazit i odlikuje se odličnom saprofitnom sposobnošću. Tako, micelija gljive može da se održi 3 meseca u suvom, odnosno 9 meseci u vlažnom zemljištu. Prezimljava u zemljištu u obliku sklerocija ili micelije, čak i u odsustvu biljnih ostataka. Međutim, micelija može da se održava i na svim tipovima biljnih ostataka (žetveni ostaci, ostaci korena i dr.). Izolati gljive koji zaražavaju seme, prezimljavaju i prenose se iz godine u godinu semenom soje.

Porast gljive u zemljištu zavisi od prisustva organskih i drugih hranljivih materija, temperature i pH zemljišta, kao i od prisustva antagonističkih mikroorganizama. Populacija gljive je obično rasprostranjena u gornjem sloju zemljišta, do 10 cm dubine, smanjujući brojnost sa povećanjem dubine. U povoljnim uslovima, pri temperaturi između 26 i 30°C i visokoj vlažnosti (zasićenosti zemljišta vodom preko 70%), parazit vrši infekciju korena i prizemnog dela stabla. Parazitna gljiva stvara pektolitičke i proteolitičke enzime, koji omogućavaju razlaganje tkiva biljke i prodiranje gljive.

Suzbijanje

Od mera zaštite preporučuje se upotreba zdravog semena za setvu. Ako je seme zaraženo tretirati ga nekim od fungicida na bazi PCNB, benomil-a i tiabendazol-a, kao i kombinacijama preparata na bazi karboksina-a i tiram-a ili ipridiona i tiram-a. Ukoliko dođe do značajnije pojave oboljenja treba izvršiti folijarna tretiranja biljaka sistemčnim fungicidima na bazi benomyl-a, carbendazim-a ili thiabendazol-a. Sprovođenje višegodišnjeg plodoreda uz vođenje računa da se soja ne gaji posle osetljivih vrsta; krompira, pasulja, paradajza, šećerne repe, bitno utiče na smanjenje intenziteta pojave bolesti. Gajiti otpornije sorte prema ovom parazitu. Biološke mere borbe se sastoje od tretiranja semena gljivom *Trichoderma pseudokoningii* ili bakterijom *Bacillus subtilis*.

FUZARIOZNA UVELOST I TRULEŽ KORENA I KORENOVOG VRATA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Fuzariozna uvelost, nekroza korena i korenovog vrata su oboljenja koja su rasprostranjena u svim delovima sveta. Fuzariozno uvenuće biljaka soje prvi put je utvrđeno u SAD 1917. godine (Cromwell, 1917), a kasnije u Japanu (Hara, 1918, loc. cit. Aćimović, 1988), Kanadi (Connors i Savile, 1944), Indiji (Marthur, 1954), Brazilu (Machado i sar., 1973), bivšem Sovjetskom Savezu (Lobik, 1930), Nemačkoj (Noll, 1939) i drugim zemljama. Ovo oboljenje je takođe utvrđeno i opisano u našoj zemlji (Tošić i sar., 1986, Aćimović, 1988; Jasnić i sar., 2005). Trulež korena je zapažena i opisana 1961. godine u SAD (Sinclair i Backman, 1989).

Štete koje se javljaju na obolelim biljkama mogu biti velike i značajne. Štetnost umnogome zavisi od fenofaze u kojoj je ostvarena infekcija, od procenta obolelih biljaka i od vrste prouzrokovala iz roda *Fusarium*. Kod ranih zaraza usev soje može biti proređen i do 64%, broj formiranih mahuna umanjeno za 50%, i prinos može biti smanjen i do 59% (Sinclair i Backman, 1989). U Indiji, 40% semena iz zaraženih mahuna ne klija, a na kotiledonima i hipokotilu klijanaca, iz zaraženog semena (na 60%), javljaju se mrke pege (Saharan i Gupta, 1972). Od ovako zaraženih biljaka približno 20% truli i propada a ostale prežive.

Simptomi

Simptomi oboljenja na soji su različiti i mogu biti u vidu paleži klica, uvenuća mlađih ili starijih biljaka, nekroze korena, prizemnog dela stabla i mahuna. Simptomi se prema tome mogu javiti od nicanja biljaka pa do sazrevanja soje. Navedene promene zavise od uzrasta biljaka u vreme infekcije, vrste patogena iz roda *Fusarium* i od uslova spoljne sredine.

Prvi znaci oboljenja se uočavaju na klijanacima i mlađim biljkama pri prohladnom vremenu (temperatura 14°C). Nicanje zaraženih klijanaca je sporije i slabije, tako da dolazi do propadanja klica još u zemljištu. Iznikli klijanaci zaostaju u porastu. Kotiledoni su hlorotični, a kasnije postaju nekrotični. Donji delovi glavnog i bočnih korena bivaju razoreni jer parazit napada korteks i sudovne elemente korena. Pri niskoj zemljišnoj vlazi klijanaci venu, poležu i suše se. Adventivni koreni se često razvijaju umesto nekrotiranih i izumrlih delova, tako da biljke zaražene posle nicanja, retko propadaju. Međutim, one su kržljave, zbog slabijeg razvoja korena, sa šturim i iskrivljenim semenom. Mahune takođe mogu biti zaražene u uslovima dugotrajnog vlažnog vremena. Seme u obolelim mahunama je takođe zaraženo i služi za prenošenje parazita iz godine u godinu.

Na klijancima se mogu javiti i drugi tipovi simptoma. To su udubljene vode-naste pege krem boje na kotiledonim listovima i hipokotilu. Starenjem pege dobijaju tamniju boju, postaju tamnomrke do crne, šire se i spajaju zahvatajući veće površine. Zaraženi hipokotil se stanjuje i razmekšava. Koren je slabo razvijen. Mahune se prevremeno suše. Sušenje počinje od vrhova i širi se ka bazi. One postaju tamnije dobijajući mrku do crnu boju. U zaraženim mahunama ne formira se seme ili ako se stvara ono je zaraženo i ima mrku do crnu boju. Biljke sa zaraženim mahunama obično ne ispoljavaju druge tipove simptoma.

Simptomi mogu da se jave i kod starijih biljaka sredinom vegetacije u uslovima toplog vremena (temperature iznad 28°C). Tipični znaci oboljenja su hloroza listova, koji venu i sparušuju se. Zaražene biljke postepeno venu i suše se. Na obolelim biljkama formiranje mahuna je smanjeno. Na korenu se javlja slaba trulež. Presekom kroz stablo i koren zapaža se nekroza sudovnog sistema. Sudovi obolelih biljaka dobijaju mrku do crnu boju.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Veći broj vrsta iz roda *Fusarium* prouzrokuje palež klijanaca, uvenuće, trulež i nekrozu korena, prizemnog dela stabla i mahuna. Najčešće vrste su *Fusarium oxysporum* **Schlecht.** ex **Fr.**, prouzrokovač uvenuća biljaka i truleži korena soje i *F. semitectum* **Berk** i **Rav.**, prouzrokovač oboljenja mahuna, prstenaste nekroze stabla i truleži korena i prizemnog dela stabla. U našoj zemlji utvrđene su sledeće vrste u semsnu: *F. graminearum*, *F. acuminatum*, *F. sporotrichoides*, *F. semitectum*, *F. proliferatum* i *F. equiseti* (Medić-Pap, 2006), a iz biljaka soje su izolovane vrste *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum* i *F. poae* (Jasnić i sar., 2005)

F. oxysporum napada veliki broj biljnih vrsta. To je veoma varijabilna vrsta sačinjena od kompleksa većeg broja varijeteta i fizioloških rasa. Oni se međusobno razlikuju po biljkama domaćinima i stepenu patogenosti, ali ne postoje razlike u morfološkim karakteristikama.

U okviru ove vrste opisane su specijalizovane forme: *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* (**E. F. Smith**) **Snyd** i **Hans**, čija rasa 1 (syn. *F. tracheiphilum* **E. F. Smith**) kao i *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (**Atk.**) **Snyd** i **Hans**, prouzrokuju uvenuća biljaka soje. *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* rasa 2 prouzrokuje uvenuće pamuka, ali zaražava i soju, dok *F. oxysporum* f. sp. *glycines* **Armst.** i **Armst.** parazitira soju ali ova vrsta nije usko specijalizirana i javlja se i na drugim biljnim vrstama.

F. oxysporum je visoko varijabilna vrsta. Vazдушna micelija je dobro razvijena, septirana, bela sa nijansama purpurne boje. Supstratna micelija je u početku bezbojna, a kasnije postaje tamnoplavo i purpurno obojena. Konidiofore su nerazgranate ili razgranate u, obično kratke, monofialide. Sporodohije su krem, smeđe ili narandžaste boje. Gljiva obrazuje interkalarne ili terminalne hlamidospore u paru.

Mikrokonidije su jednoćelijske ovalne ili bubrežastog oblika i formiraju se u lažnim glavicama. Makrokonidije su hijaline, sa 3 do 5 pregrada, srpaste, sa izraženim stopalom na baznom delu i stanjenom vršnom ćelijom.

F. semitectum prouzrokuje trulež korenovog vrata i mahuna. Gljiva formira svetlosmeđu do mrku septiranu vazдушnu miceliju, a supstratna je ružičasto do mrko obojena. Sporodohije, ukoliko se formiraju, su narandžaste. Konidiofore mogu biti nerazgranate ili razgranate u mono ili polifialide. Gljiva stvara terminalne i interkalarne hlamidospore. Makrokonidije su vretenastog oblika sa papilom na baznoj ćeliji, a one formirane u sporodohijama su blago povijene, sa izraženim stopalom na baznoj ćeliji. Mikrokonidije se retko formiraju.

Pored spomenutih vrsta, kao prouzrokovači patoloških promena kod soje, utvrđene su još i sledeće vrste: *F. equiseti* (**Corda**) **Sacc.**, *F. graminearum* **Schwabe** sa teliomorfnim stadijumom *Gibberella zea* (**Schw.**) **Petch**, *F. moniliforme* (**Scheld**) **Snyd** i **Hans** sa teliomorfnim stadijumom *F. fujikuroi* (**Sawada**) **Ito** i *F. solani* (**App.** i **Wollenw.**) **Snyd** i **Hans** (Sinclair i Backman, 1989).

Većina vrsta iz roda *Fusarium* su zemljišni mikroorganizmi, koji naseljavaju različite biljne ostatke u zemljištu. Ove gljive prezimljavaju hlamidosporama ili micelijom. Neke vrste se prenose i zaraženim semenom iz godine u godinu. Primarni inokulum se, međutim, nalazi u zemljištu.

To su fakultativni paraziti koji prodiru u biljke, vršeći infekciju kroz povrede, odnosno rane, lenticle ili direktno kroz epidermalne ćelije. Povrede mogu biti mehaničke prirode ili prouzrokovane zemljišnim štetočinama i nematodama. Za razvoj i širenje parazita optimalni uslovi su zemljište saturisano vodom i temperatura između 14° i 23°C. Nepovoljni vremenski uslovi i slabija vitalnost biljaka pospešuju razvoj i širenje bolesti.

Suzbijanje

Zaštita soje od fuzarioza je veoma složena i teška i retko uspešna. Preporučuje se sprovođenje plodoreda. Posle jake pojave oboljenja soju ne treba gajiti na istoj parceli najmanje 5 godina. Za setvu koristiti zdravo seme. Setvu obaviti u povoljnim uslovima vlažnosti i temperature, tj. u toplo i suvo zemljište, gde je vršena drenaža. Gajiti manje osetljive ili otporne sorte prema dominantnim vrstama iz roda *Fusarium*.

PALEŽ KLICA I POLEGANJE KLIJANACA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Palež klica i poleganje klijanaca, trulež korena i sušenje biljaka soje su prvi put opisani u SAD (Koehler, 1931). Kasnije su ovi tipovi oboljenja utvrđeni svuda u svetu u rejonima gajenja soje (Sinclair i Backman, 1989). Pojava ovog oboljenja utvrđena je i u našoj zemlji (Jasnić i sar., 1988).

Truljenje semena i klica pre nicanja i palež klica posle nicanja može da prouzrokuje pojavu čelavih mesta na parcelama, jer na takvim površinama nema izniklih biljaka.

Nema podataka o štetnosti ovog oboljenja, ali se smatra da ukupne štete nisu velike.

Simptomi

Simptomi oboljenja mogu se javiti od klijanja i nicanja pa do sredine vegetacije soje. Najčešći znaci oboljenja se ispoljavaju na klijanacima i mlađim biljkama, dok je kod starijih biljaka oboljenje retko.

Na klijanacima se mogu uočiti različiti tipovi simptoma u zavisnosti od vrste parazitne gljive iz roda *Pythium*. Kod zaraženih klijanaca na hipokotilu pri površini zemljišta dolazi do pojave vlažne truleži. Obolelo tkivo je u početku prosvetljeno i vodenasto, a kasnije dobija mrku boju. Na mestu pojave vlažne truleži dolazi do sužavanja hipokotila, biljčica se često na tom mestu lomi, poleže, a zatim vene i uginjava (Slika 13.11). Simptomi na hipokotilu i na kotiledonima mogu biti i u vidu ugnutih, suvih, crvenkastomrkkih pega. Pege se spajaju i zahvataju veći deo kotiledona i prizemnog dela stabla, šire se na koren zahvatajući primarni korenčić. Neki put, kao posledica oboljenja, hipokotil samo zadebljava, bez drugih tipova simptoma, što može podsećati na toksične pojave prouzrokovane nekim od herbicida. Vršni meristem zakržljava ili uginjava, a iz pazuha kotiledonih listića izbiju dva sekundarna stabla, koja su najčešće kržljava, kraća i imaju sitnije listove.

Na starijim biljkama simptomi se obično javljaju od faze dva prava lista pa do sredine vegetacije (Jasnić i sar., 1988). Na prizemnom delu stabla obrazuju se zelenosmeđe vlažne pege, koje se postepeno spajaju i šire nagore, zahvatajući nekoliko donjih internodija i osnove bočnih grana. Tkivo u okviru pega postepeno truli i dobija mrkocrvenu boju. Zaražene biljke zaostaju u porastu, postaju hlorotične, venu, suše se i lako čupaju iz zemlje. Koren ovih biljaka je često nekrotiran i truo. Obolela kora se raspada, ljušti i otpada, tako da centralni drveni cilindar korena ostaje ogoljen. Ukoliko nekroza zahvati sitnije žilice, ili vrhove žila, formiraju se sekundarni korenovi što omogućuje da biljke prežive.

Slika 13.11

Pythium ultimum - trulež korena i uvenuće mladih biljaka (foto: M. Vidić)



Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Palež klica i poleganje klijanaca, trulež korena i stabla i sušenje biljaka soje izaziva 8 vrsta iz roda *Pythium* (Sinclair i Dhingra, 1975). Najčešće vrste su: *Pythium debaryanum* Hesse, *P. ultimum* Trow, *P. aphanidermatum* (Edson) Fitz., *P. irregulare* Buisman, *P. spinosum* Saw, *P. mamillatum* Neurs i *P. myriotylum* Drech. Većina pomenutih vrsta prouzrokuje trulež semena, palež klica i poleganje klijanaca i mladih biljaka, dok se obično *P. myriotylum* javlja kasnije u vegetaciji i izaziva nekrozu korena i stabla, kao i uvenuće i sušenje starijih biljaka.

Sve navedene vrste iz roda *Pythium*, koje parazitiraju soju, lako se mogu izolovati na hranljive podloge bogate šećerom. Na hranljivim podlogama sve vrste iz ovog roda se dobro razvijaju, formirajući sivkastobelu kožastu miceliju sa razvijenim, bezbojnim neseptiranim hifama. Na hifama se obrazuju organi bespolnog razmnožavanja – sporangije. Kod različitih vrsta iz roda *Pythium* one se razlikuju po obliku i veličini. Mogu da kličaju ili u kličnu cev, ili se u njima razvijaju zoospore sa dve cilije. Zoospore, nakon što se zaodenu opnom, formiraju klične cevi, pomoću kojih vrše zarazu biljaka.

BAKTERIOZNA PEGAVOST (BAKTERIOZNA PLAMENJAČA)

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Organi polne reprodukcije su ženske polne ćelije oogonije i muške polne ćelije anteridije. Oogonije su loptastog oblika sa tankim, glatkim zidom. U njima se nalaze jajne ćelije oosfere. Anteridije su najčešće cilindričnog ili kupastog oblika i razlikuju se od vrste do vrste po veličini, obliku, poreklu i po broju na jednoj oogoniji. Mogu biti monokline, kad se obrazuju na istoj hifi sa oogonijom ili dikline, kada se nalaze na različitim hifama. Kopulacijom oogonija i anteridija, tj. oplodnjom oosfere nastaje zigot, koji se diferencira u trajnu sporu – oosporu. Oospora ima debeli dvostruki zid, što joj omogućava prezimljavanje i održavanje u nepovoljnim uslovima spoljne sredine. Nakon prezimljavanja kličaju u sporangiju, a ova u začetak, hife ili se pak u njoj obrazuju zoospore.

Većina pseudogljiva iz roda *Pythium* su zemljišni mikroorganizmi, koji se održavaju kao saprofiti, naseljavajući biljne ostatke u zemljištu. Prezimljavaju pomoću oospora u zemljištu, ili na zaraženim biljnim ostacima.

Palež klica i poleganje klijanaca, koje prouzrokuje najveći broj pomenutih vrsta, javlja se u jačem stepenu pri relativno nižim temperaturama, između 10 i 15°C i visokoj relativnoj vlažnosti ili u prisustvu vode u zemljištu. Međutim, vrste *P. debarianum* i *P. myriotylum* su najpatogenije pri nešto povišenoj temperaturi, između 26 i 30°C. Infekciju soje obavljaju sporangije. Pri visokoj relativnoj vlažnosti kličaju u infektivnu hifu, ali ako se nađu u vodi tada se u njima obrazuju zoospore. Zoospore plivaju u vodi dok ne dođu u kontakt sa biljkom domaćinom. Potom se umire, prekriju tankom membranom, a zatim kličaju u kličnu cev i pomoću nje vrše infekciju soje. Pseudogljive se održavaju trajnim sporama-oosporama, koje u zemljištu mogu da zadrže vitalnost i više godina.

Suzbijanje

Najznačajnije su agrotehničke mere u suzbijanju ove bolesti. Neophodna je primena plodoređa u trajanju od 4 do 5 godina. Za setvu treba koristiti seme dobrog kvaliteta sa visokom energijom klijanja, bez pukotina i drugih oštećenja na semenjači. Potrebno je ostatke predhodnog useva zaorati nekoliko nedelja pre setve soje. Setvu obavljati po toplom vremenu, na temperaturama iznad 18°C. Zalivanje useva ne treba izvoditi desetak dana po setvi. Na vlažnim zemljištima izvršiti pravilan sistem drenaže.

Od hemijskih mera preporučuje se tretiranje semena sistemčnim fungicidima na bazi metalaxyl-a, ili protektivnim fungicidima na bazi thiram-a i drugim.

Bakteriozna pegavost soje je veoma rasprostranjena u mnogim zemljama gde se gaji soja. Utvrđena je u Aziji (Indija, Kina, Japan, Koreja i Tajvan), Južnoj Americi (Venecuela, Brazil, Argentina, Gvajana i Kuba), u Severnoj Americi (SAD i Kanada), u Africi (Južno Afrička Republika, Mozabik, Zimbabve i Etiopija) u Australiji i Novom Zelandu. Na evropskom kontinentu pojava ovog oboljenja zapažena je u Islandu, Francuskoj, Danskoj, Švedskoj, Rumuniji, Mađarskoj, u bivšoj Čehoslovačkoj i Sovjetskom Savezu (Sinclair i Dhindra, 1975).

Ova bakterioza utvrđena je u Srbiji još 1940. godine u okolini Beograda (Grujičić i Tomašević, 1956). Kasnije je pronađena i u Mačvi i okolini Beograda (Nikolić, 1951b), u zapadnoj Srbiji (Babović i Numić, 1966), a potom u lokalitetima Požarevac, Šabac, Negotin i Vranje (Tošić i sar., 1986) i u Vojvodini u većem ili manjem intenzitetu (Balaž i sar., 1990, Ignjatov, 2007).

Bakteriozna pegavost je značajno oboljenje soje. Može da prouzrokuje velike ekonomske štete, naročito u reonima sa prohladnom kišovitom klimom, a kod nas kada su prohladna i kišovita proleća i leta.

Izaziva propadanje klijanaca izniklih iz zaraženog semena. Zaraženo seme ima znatno slabiju klijavost i energiju klijanja. Nakon setve truli i propada, a usev ostaje proređen. Prema podacima Klikov-a (1963) u Ukrajini je zaraženost semena iznosila 68%, u Gruziji je propadanje mladih biljaka bilo oko 50%, a u Krasnodaru 71%. Kod starijih biljaka bakteriozna pegavost izaziva opadanje listova i smanjenje asimilacione površine. Zbog proređivanja useva i smanjene asimilacione površine gubici u prinosu iznose preko 50% (Williams i Nyvall, 1980). U periodu od 1975 do 1977. godine bila je najštetnija bolest u SAD. Godišnji gubici su tada procenjeni na oko 62 miliona dolara (Kennedy i Alcorn, 1980).

U agroekološkim uslovima Vojvodine *P. s. pv. glycinea* se javlja svake godine na listu soje. Štete nastaju usled sušenja lista, što se negativno odražava na prinos i umanjuje kvalitet semena (Balaž, Jelica i sar. 1995; Balaž, Jelica, Aćimović, S. 2008).

Simptomi

Bakteriozna pegavost soje se javlja na svim nadzemnim delovima biljke: semenu, listu, stablu i mahunama, ali su znaci oboljenja najizraženiji na listu i mahunama.

Prvi simptomi se javljaju na kotiledonim listovima klijanaca soje, izniklim iz zaraženog semena. Na kotiledonima, obično po obodu, mogu se zapaziti vodenaste pege. One se brzo šire i izdužuju zahvatajući manju ili veću površinu kotiledona. Tkivo u okviru pega dobija svetlomrku, a kasnije mrku boju i nekrotira. U zoni pege tkivo postaje ugnuto, prekriveno gustim lepljivim bakterijskim eksudatom. Klijanci zaostaju u porastu i uginjavaju ukoliko je zahvaćena vegetativna kupa.

Na odraslim biljkama najtipičniji znaci oboljenja se javljaju na donjim i srednjim listovima. Uočavaju se male, uglaste, prozirne, vodenaste, žute do svetlomrke pege. Kasnije, pege postaju zatvoreno mrke a na kraju crne boje, sa vodenastim obodom i žutozelenim oreolom. Tokom vlažnog i prohladnog vremena pege se šire, povećavaju i spajaju, formirajući veće nepravilne nekrotične površine (Slika 13.12). U okviru pega, s naličja lista, stvara se gusta lepljiva masa-bakterijski eksudat, koji prekriva pege dajući im sjajan izgled. Centralni deo kod starijih pega, naročito prilikom jakih kiša i vetra, često puca i ispada, tako da list postaje iscepan i dobija iskrzan izgled. Mladi listovi, koji su veoma osetljivi zaostaju u porastu, deformišu se i postaju hlorotični. Stariji oboleli listovi često opadaju.

Slika 13.12

Pseudomonas syringae* pv. *glycinea (foto: M. Vidić)



Simptomi bakterijske pegavosti lista

Na stablu i peteljka listova javljaju se hlorotične pege. One kasnije dobijaju mrku boju, a zatim pocrne. Tkivo u okviru pega je ugnuto i ispunjeno eksudatom bakterije.

Na mahunama se u početku zapažaju sitne vodenaste pege, koje se kasnije povećavaju, spajaju i zahvataju veći deo mahune. Pege starenjem dobijaju tamniju boju, koja od mrke prelazi u mrkocrnu, a na kraju u crnu. Ugnute su i prekrivene bakterijskim eksudatom. U obolelim mahunama dolazi do zaraze semena. Zaraženo seme je sitnije, šturo, deformisano sa naboranom semenjačom, nekiput prekrivenom sluzastim kolonijama bakterije. Na semenu se mogu uočiti ili udubljene ili ispupčene pege, a često dolazi i do obezbojavanja semenjače. Kod slabijih zaraza na semenu nema vidljivih simptoma oboljenja.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Bakterioznu pegavost soje prouzrokuje *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (**Coerper**) **Young, Dye, i Wilkie** (syn. *P. glycinea* **Coerper**).

Na mesopeptonskoj podlozi obrazuje kolonije bele boje, ispupčene sjajne i okrugle. Bakterije su štapičaste, asporogene, gramnegativne i pokretne, sa amfitrihim rasporedom cilija. U podlozi stvara zeleni pigment (fluorescira). Na inokulisanom listu duvana izaziva nekrozu-hipersenzibilnu reakciju. Optimalna temperatura za porast je između 24° i 26°C, maksimalna oko 35°C a minimalna oko 2°C (Arsenijević, 1988).

Bakterija izlučuje nekoliko toksina, od kojih jedan inhibira sintezu hlorofila, što izaziva hlorozu mladih listova i formiranje hlorotičnih oreola oko pega (Gulya i Dunleavy, 1979). Poznato je da *P.s.* pv. *glycinea* ima 12 fizioloških rasa (Cross i sar., 1966; Fett i Sequera, 1981; Thomas i Leary, 1980; Hevesi i Érsek, 1981; Gao i sar., 1998), prema kojima pojedine sorte ispoljavaju različit stepen osetljivosti. U Srbiji je do sada utvrđena samo rasa 4 i jedan specifičan izolat, koji ispoljava najviše sličnosti sa rasom 5 (Balaž i sar., 1990). Najnovijim istraživanjima je potvrđeno da je na soji u Srbiji dominantna rasa 4 (Ignjatov i sar., 2007).

Bakterija prezimljiva najčešće na žetvenim ostacima, a može se preneti iz godine u godinu zaraženim semenom. Žetveni ostaci, koji ostaju na površini zemljišta, imaju značajnu ulogu u epidemiologiji ove bakterije. Bakterija u njima održava vitalnost više od 7 meseci. Nasuprot tome, žetveni ostaci zaorani na 15 i 30 cm dubine trule, a bakterije propadaju, tako da oni imaju mali značaj u širenju zaraza (Moskovec i Krasnova, 1963).

Zaraženo seme ima, takođe, značajnu ulogu u prenošenju bakterije iz jedne godine u drugu. Bakterije ostaju vitalne u semenu do 4 godine (Moskovec i Krasnova, 1963). Iz semena se razvijaju zaraženi klijanci. Primarne zaraze kotiledona predstavljaju glavni izvor inokuluma za sekundarne infekcije. Bakterijski eksudat se širi kišnim kapima tokom vetrovitog, kišnog vremena.

Suzbijanje

Zaštita se najčešće sastoji od primene agrotehničkih mera. Za setvu treba koristiti zdravo seme. Sprovesti plodored, odnosno ne gajiti soju na parcelama, gde je bila jača pojava bakterijske pegavosti. Potrebno je zaoravati žetvene ostatke odmah po žetvi, radi smanjenja količine inokuluma. Kasnija setva doprinosi slabijoj pojavi bolesti. Soju treba žnjeti po suvom i toplom vremenu i sa optimalnom vlagom u zrnu. Ako se žanje po vlažnom vremenu zaraženost se povećava. U rejonima povoljnim za razvoj i širenje bolesti poželjno je sejati sorte otporne prema *P.s. pv. glycinea*.

Od hemijskih mera preporučuje se tretiranje semena fungicidima na bazi thirama i captana (Klikov, 1963), ili atibioticima ayeromycin-om, achromycin-om, tetracyclin-om i streptomycin-om (Kaufman i Chamberlen, 1957). Tretiranjem semena antibioticima na bazi oxytetracycline i hydrochloride zaraženost semena bakterijom je smanjena sa 50 do 90% na 0 do 2% (Leben, 1975).

Semenske useve na kojima je došlo do pojave ove bakterioze potrebno je tretirati preparatima na bazi bakarnog oksihlorida.

BAKTERIOZNA OSPIČAVOST (MRKA PEGAVOST)

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Bakteriozna ospičavost je raširena u svim regionima sveta gde se soja gaji: SAD, Kanadi, Kolumbiji, Boliviji, Brazilu, Nikaragvi, Australiji, Novom Zelandu, Japanu, Malaji, Tajvanu, Indiji, Sudanu, Nigeriji, Zimbabveu i bivšem Sovjetskom Savezu. U Srbiji je utvrđena 1934. godine u Rumi i Leskovcu, 1941. godine u Beogradu i Šapcu, 1946. godine u okolini Kragujevca (Grujičić i Tomašević, 1956). U Vojvodini je ova bakterioza otkrivena šezdesetih godina (Arsenijević i Panić, 1967).

Ekonomski značaj ove bakterioze za proizvodnju soje nije tačno utvrđen. Ovo oboljenje izaziva prevremeno opadanje lišća, što može uticati na smanjenje prinosa, redukujući veličinu i broj zrna. Prema Hartwig-u i Johson-u (1953) smanjenje prinosa kod osetljivih sorti u odnosu na otporne je između 8 i 11% u SAD.

Simptomi

Znaci oboljenja su u vidu blezozelenih sitnih pega sa uzdignutim središnjim delom prema licu ili naličju lista. Kasnije pege menjaju boju i postaju žute, crvenomrke i na kraju mrke, oivičene svetlo žutom zonom. U centralnom delu pega sa lica,

a češće sa naličja lista, obrazuju se uzdignute pustule (kraste), odnosno ospice. Ovi znaci oboljenja podsećaju na simptome rđe. Nekiput se javljaju pege na listovima bez formiranja pustula Tkivo u okviru pega postaje krto, kida se i ispada, tako da list dobija rupičast, iskrzan izgled. Pege nemaju vodenast izgled a imaju kraste u središnjem delu po čemu se ovo oboljenje razlikuje od bakterijske pegavosti.

U povoljnim uslovima za razvoj bolesti broj pega se povećava. One se šire, spajaju i zahvataju veće površine, formirajući nekrotične zone. Pri jačoj zarazi dolazi do opadanja listova i do širenja na druge biljne delove. Tako se izdužene mrke pustule javljaju na lisnim peteljka i stablu soje.

Na zaraženim mahunama simptomi se javljaju prvo u vidu ovalnih, sitnih, tamnozelenih, nešto uzdignutih pega, koje kasnije dobijaju crvenomrku, a zatim mrku boju. Preko mahuna oboljenje se širi na seme. Obolelo seme ima slabiju klijavost i sitnije je. Semenjača je smežurana, često sa žučkastomrkim pegama.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Bakterioznu ospičavost soje prouzrokuje *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* (**Nakano**) **Dye** (syn.: *X. phaseoli* (**E.F. Smith**) var. *sojensae* (**Hedges**) **Starr** et **Burkholden**; *X. campestris* pv. *phaseoli* (**Smith**) **Dye** i *X. glycines* (**Nakamo**) **Magron** et **Prevot**).

Na mesopeptonskoj podlozi bakterija obrazuje žute, sluzave, ispupčene i sjajne kolonije. Bakterije su štapičaste, asporogene, gramnegativne, pokretne, sa 1 do 2 polarne cilije. Optimalna temperatura za porast bakterije je između 30° i 33°C, maksimalna 38°C, a minimalna 10°C (Arsenijević, 1988).

Zaraženo seme je osnovni izvor zaraze i omogućava širenje parazita iz godine u godinu. Bakterija zadržava vitalnost u semenu i preko 24 meseca. Biljni ostaci ne predstavljaju značajne izvore zaraze, jer se vitalnost *X. c. pv. glycines* gubi već tokom zime. Bakterija se tokom vegetacije širi kišom, odnosno kišnim kapima i vetrom, ali je mogu prenositi i neki insekti. Vlažno i kišovito vreme je pogodno za ostvarenje zaraze i širenje bakterije. U biljku prodire kroz stomine otvore i povrede, a zatim se širi intercelularno.

Suzbijanje

Sve navedene mere za zaštitu soje koje se primenjuju kod bakterijske pegavosti mogu se primeniti i kod ove bakterioze.

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Ovo oboljenje nije do sada utvrđeno u našoj zemlji. Na soji je opisano u SAD i Brazilu (Sinclair, 1982), Australiji, Zimbabveu i bivšem Sovjetskom Savezu. Najčešće se javlja na duvanu.

Ova bakterioza nema većeg značaja za gajenje soje.

Simptomi

Simptomi oboljenja se prvo javljaju na donjim, prizemnim listovima. Na obolelim listovima zapažaju se tamnocrne pege sa širokim žutim prstenom. Veličina i oblik pega su različiti ali dominiraju krupne pege. Pege se kasnije spajaju i formiraju veće nekrotične površine na liski. Tkivo u okviru pega postaje krto, kida se, cepa i ispada, dajući listu iskrzan izgled. Jače zaraženi listovi se suše i opadaju.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Divlju vatra prouzrokuje *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (**Wolf** et **Foster**) **Young, Dye** et **Wilkie** (syn. *P. tabaci* (**Wolf** et **Foster**) **Stevens**).

Na hranljivim podlogama obrazuje bele, okrugle, malo ispupčene kolonije, sa prozirnim rubom. To je asporogena, štapičasta, gramnegativna i pokretna bakterija, sa nekoliko polarnih cilija. Na duvanu prouzrokuje hipersenzibilne reakcije nakon 3 do 6 dana (Arsenijević, 1988). Optimalna temperatura za razvoj bakterije je između 24° i 28°C, maksimalna 38°C, a minimalna oko 4°C.

Izolati sa soje su patogeni, kako za duvan, tako i za soju, dok su izolati sa duvana patogeni samo za duvan.

Bakterija prezimljava i održava se u zaraženom semenu, a i na ostacima obolelih biljaka. Iz jedne u drugu godinu prenosi se najčešće semenom, a tokom vegetacije se širi kapima kiše. Dugotrajna kiša je pogodna za širenje ove bakterioze.

Suzbijanje

Divlja vatra se suzbija na isti način kao i bakteriozna pegavost.

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Mozaik soje je najrasprostranjenija viroza soje u svetu. Javlja se u svim rejonima gajenja ove biljke (Sinclair i Backman, 1989). Ovo oboljenje je prvi put opisano u Srbiji 1964. godine (Nikolić i Stakić, 1964). Mozaik je raširen u svim lokalitetima gajenja soje u našoj zemlji.

Mozaik soje u nekim zemljama ima veliki ekonomski značaj. Tako je u SAD prinos soje na pojedinim parcelama bio smanjen do 50% (Sinclair i Backman, 1989). U bivšem Sovjetskom Savezu smanjenje prinosa je nekuput iznosilo između 24 i 94% (Muravjeva, 1973).

Zaražene biljke zaostaju u porastu i formiraju manji broj mahuna, sa manjim brojem zrna. Seme u obolelim mahunama je sitnije, slabijeg kvaliteta i umanjene klijavosti. Na korenu se obrazuje manji broj sitnijih kvržica. Svi ovi faktori utiču, ukoliko je zaražen veći broj biljaka, na značajnije smanjenje prinosa soje. Iako je ova viroza rasprostranjena u Srbiji, štete su male i beznačajne, zbog slabog intenziteta zaraze.

Simptomi

Prvi simptomi oboljenja zapažaju se na mladim biljkama, izniklim iz zaraženog semena. Ove biljke su vretenaste, sa deformisanim, naboranim i kovrdžavim primarnim listovima. Liska može da ima normalan oblik ili da se kovrdža duž ivica nadole. Na kasnije formiranim troperim listovima ispoljavaju se oštriji simptomi u odnosu na primarne listove. Na njima se javlja mozaično šarenilo, liska je naborana, naročito oko nerava. Dobija kovrdžav asimetričan izgled, zaostaje u porastu i postaje hlorotična (Slika 13.13).

Intenzitet oboljenja je veoma promenljiv i zavisi od sorte, soja virusa, starosti biljke u vreme infekcije i spoljašnjih uslova. Kod osetljivih sorti soje, pri ranim zarazama obično pre cvetanja, javljaju se veoma oštri simptomi u vidu zaostajanja biljaka u porastu i jakih deformacija listova. Tipični simptomi na troperim listovima su prosvetljavanje i hloroza nervature. Kasnije se pojavljaju tamnozeleno enacije duž glavnog nerva, kovrdžavost liske i savijanje ivica nadole. Kod nekih sorti dolazi do pojave nekrotičnih pega između nerava. Nekroza se širi preko peteljki na stablo i može prouzrokovati prevremeno opadanje lista i uginjavanje cele biljke.

Kod ranih zaraza osetljivih sorti bivaju zaražene i mahune. One su krive, krzljave, spljoštene i slabije obrasle dlačicama. U zaraženim mahunama formira se manji broj semenki, koje su sitnije i štute sa mrkim ili crnim šarama na semenjači (Slika 13.13) i slabijom klijavošću.

Suzbijanje

Na intenzitet simptoma, pored osetljivosti sorti i soja virusa umnogome utiče i temperatura. Najoštiji simptomi oboljenja se javljaju na temperaturi između 18 i 20°C, slabiji na 24 do 25°C, dok na 30°C simptomi nestaju, odnosno maskiraju se (Ross, 1970).

Slika 13.13

Soybean mosaic virus - Simptomi na listu i semenu



Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Mozaik soje prouzrokuje virus mozaika soje (Soybean mosaic virus, SMV), koji je svrstan u rod Potyvirus, familija Potyviridae i ima nekoliko sojeva. To je končast virus dužine 750 nm i prečnika oko 15 nm. Tačka termalne inaktivacije virusa je između 55° i 60°C, krajnja tačka razređenja je 10-3, a postojanost „in vitro” od 2-5 dana. Virus mozaika soje ima nekoliko sojeva (Cho i Goodman, 1979).

Virus se prenosi semenom. Procenat prenošenja je visok i može iznositi i do 30%, a ponekad i do 75%, što zavisi od sorte soje, soja virusa, kao i vremena infekcije. Kod ranih infekcija, pre cvetanja, procenat zaraženog semena je visok. Nasuprot tome, pri kasnijim zarazama posle cvetanja, procenat zaraženosti semena se smanjuje.

Oko 30 vrsta biljnih vaši prenose virus sa zaraženih na zdrave biljke, na nepersistentan način. Najznačajnije vrste su *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis craccivora*, *A. fabae*, *A. glycines*, *A. gossypii*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum maidis*, *R. padi*, *Schizaphis graminum* i dr.

Virus se održava u zaraženom semenu, kojim se prenosi iz godine u godinu.

U zaštiti soje koriste se preventivne mere, kojim se sprečava ostvarivanje i širenje infekcije. Za setvu treba da se koristi zdravo seme. Semenske parcele sejati na razdaljini 3 do 5 km, od parcela sa merkantilnom sojom, kako bi se sprečilo širenje virusa lisnim vašima. Treba gajiti sorte otporne prema virusu ili sorte čijim semenom se virus ne može da prenese, kao što je to slučaj kod sorte Merit i nekih drugih. Potrebno je suzbijanje vektora virusa mozaika soje, korišćenjem aficida.

SUŠENJE PUPOLJAKA

Rasprostranjenost i ekonomski značaj

Ova viroza je utvrđena u SAD, Kanadi, Kini i Australiji. U našoj zemlji nije pronađena, ali postoji verovatnoća da je rasprostranjena u svim zemljama gde se gaji duvan i soja, pa nije isključeno njeno prisustvo i kod nas.

Ovo oboljenje soje nema veći ekonomski značaj u svetu. Štete, koje viroza prouzrokuje, zavise od broja obolelih biljaka i vremena infekcije. Na parcelama sa velikim brojem zaraženih biljaka smanjenje prinosa može da se kreće od 25 do 100% (Dunleavy, 1957).

Simptomi

Prvi simptomi se uočavaju na mladim biljkama, izniklim iz zaraženog semena. Biljke zaostaju u porastu i imaju skraćene internodije. Najtipičniji simptom, koji se javlja kasnije je deformacija i krivljenje vršnih pupoljaka. Oni postaju mrki, nekrotirani, suše se i opadaju. Vršni deo biljke se krivi i savija u vidu „pastirskog štapa”. Ovi delovi su krivi i lako se lome. Lišće se uvija u obliku tube. Liska je manje ili više naborana i dobija bronzastu boju.

Kod jako zaraženih biljaka mahune se ne formiraju, a ukoliko je došlo do obrazovanja, na njima se javljaju mrke pege. Mahune najčešće opadaju pre sazrevanja. U zaraženim mahunama seme je sitno sa manjim brojem zrna, zaraženo virusom.

Osobine parazita, biologija i epidemiologija

Sušenje pupoljaka izaziva virus prstenaste pegavosti duvana (Tobacco ringspot virus, TRSV). Svrstan je, na osnovu svojih karakteristika, u Nepovirus grupu. Virus

je poliedarnog oblika, prečnika 28-30 nm. Termalna tačka inaktivacije je između 60° i 65°C, krajnja tačka razređenja između 10⁻⁴ i 10⁻⁵ a postojanost virusa „in vitro” između 6 i 10 dana na 25°C. Postoji nekoliko sojeva virusa prstenaste pegavosti duvana.

Virus ima veoma širok krug biljaka domaćina. Pored duvana i soje, značajan je parazit velikog broja korovskih biljaka, povrtarskih biljaka (krastavac, bundeva, lubenica, dinja, spanać, pasulj, grašak i dr.) i cveća (*Gladiolus* spp., *Petunia hybrida* i dr.).

Virus se prenosi dodiranjem obolelih i zdravih biljaka. Prenose ga i nimfe, ali ne i imaga *Thrips tabaci* i cikade *Melanoplus differentialis*. Pored insekata i nematoda *Xiphinema americanum* je vektor virusa. Svi pomenuti vektori prenose virus na soju sa veoma malom efikasnošću.

Prenošenje virusa semenom je najznačajnije. Seme ima ulogu kako za održavanje virusa tako i za njegovo širenje iz godine u godinu. Virus može da ostane vitalan u zaraženom semenu i do 5 godina. Procenat zaraženosti semena zavisi od vremena infekcije. Kod ranih zaraza, pre cvetanja seme biva zaraženo, ali je broj formiranog semena veoma mali ili se seme uopšte ne obrazuje.

Suzbijanje

Od mera suzbijanja potrebno je koristiti zdravo seme za setvu. Suzbijati korove na parcelama pod sojom i na okolnim parcelama, pošto su korovske biljke značajan rezervoar virusa. Gajiti otporne sorte. Treba suzbijati i vektore virusa. Semenske useve soje prostorno izolovati od merkantilne i od drugih biljaka osetljivih prema virusu prstenaste pegavosti duvana.

IZVOD

U ovom poglavlju sumirana su sadašnja saznanja o ekonomski najznačajnijim bolestima soje. Posebna pažnja posvećena je ekonomski najznačajnijim bolestima soje u Vojvodini. Takođe, opisane su i neke bolesti soje koje nisu nađene u našoj zemlji, ali imaju ekonomski značaj u nekim rejonima gajenja soje u svetu i mogu se pojaviti u našoj zemlji.

Bolesti soje u ovom poglavlju generalno su prikazane prema sledećem redosledu: rasprostranjenost i ekonomski značaj, simptomi, osobine patogena, njihova biologija, epidemiologija i kontrola bolesti.

Usev soje napada veći broj patogena (gljive, bakterije, virusi, itd.). Intenzitet pojave i ekonomski značaj bolesti soje varira u zavisnosti od klimatskih uslova, sorte i lokaliteta.

Plamenjača, koju uzrokuje *Peronospora manshurica*, bakteriozna pegavost (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*), bela trulež (*Sclerotinia sclerotiorum*), crna pegavost stabla (*Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*) i ugljenasta trulež (*Macrophomina phaseolina*) su najraširenije i ekonomski najznačajnije bolesti soje u Srbiji. Pored navedenih, uočene su i mrka pegavost (*Septoria glycines*), koncentrična pegavost (*Ascochyta sojaecola*), siva zonirana pegavost (*Phyllosticta sojaecola*), antraknoza (*Colletotrichum truncatum* i *C. destructivum*), palež mahuna i stabla (*Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* – *Phomopsis sojae*), trulež i propadanje semena (*Phomopsis longicolla*), mrka trulež stabla (*Phialophora gregata*), rizoktonijska trulež (*Rhizoctonia solani*), fuzariozna uvelost i trulež korena i korenovog vrata (*Fusarium* spp.), palež klica i poleganje klijanaca (*Pythium* spp.), bakteriozna ospičavost (*Xanthomonas campestris* pv. *glycines*) i mozaik soje (soybean mosaic virus), međutim ove bolesti pojavljuju se samo periodično.

Opisane su i siva pegavost (*Cercospora sojae*), purpurna pegavost (*Cercospora kikuchii*), pepelnica (*Microsphaera diffusa*), rđa (*Phacopsora pachyrhizi*), trulež korena i stabla (*Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*), divlja vatra (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*) i sušenje pupoljaka (tobacco ring spot virus), ali ove bolesti nisu prisutne u našoj zemlji.

LITERATURA

Abawi, G.S. i Grogan, G.R. (1979): Epidemiology of Diseases Caused by Sclerotinia Species. 69, No. 8: 899-904.

Abramoff, I.N. (1931): Fungal diseases of soybean in the Far East. pp. 3 - 84. Far Eastern Sta. Plant prot., Vladivostok /po Sinclair and Dhingra/.

Ćimović, M. (1963): Sclerotium bataticola Taub. kao parazit soje kod nas. Savremena poljoprivreda, 4: 259-281.

Ćimović, M. (1988): Prouzrokovaci bolesti soje i njihovo suzbijanje. Naučna knjiga, Beograd.

Ammar, M. M. (1983): Biology, epidemiology and control of brown spot disease of soybean (*Septoria glycines* Hemmi). Doctoral Thesis, Novi Sad.

Ammon, V.D., Wyllie, T.D. i Brown, M.F. J.R. (1974): An ultrastructure investigation of pathological alternations induced by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. in seedlings of soybean, *Glycine max.* L. Merr. Phys. Plant Path. 4: 1-4 (Abstr.).

Andrews, E.A. (1950): Stem blight of soybeans in Michigan Plant Dis. Repr. 34: 2134.

Arsenijević, M., Panić, M. (1967): Novi parazit soje za našu zemlju *Xanthomonas phaseoli* var. *sojensae* (Hedges) Starr. and Burkholder. Letopis poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad, 11:135-144.

Arsenijević, M. (1988): Bakterioze biljaka, izmenjeno i dopunjeno izdanje, Naučna knjiga, Beograd, 1-463.

Athow, K.L. (1973): Fungal diseases. In B.E. Caldwell (ed.) Soybeans: Improvement, production and uses. Agron. Monogr. 16, ASA, Madison WI, 459-489.

Athow, K.L. (1987): Fungal diseases. In Wilcox, J.R. (ed.) Soybeans: Improvement, production and uses. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 687-727.

Athow, K.L. i Caldwell, R.M. (1954): A comparative study of Diaporthe stem cancer and pod blight of soybean. Phytopathology 44: 319-325.

Babović, M., Bulajić, A. (1994): Prilog proučavanju *Macrophomina phaseolina* prouzrokovaca ugljenaste truleži stabla kukuruza. Zaštita bilja 45 (4), 293-303.

Babović, M., Numić, P. (1966): Doprinis proučavanju bakterioze soje na području zapadne Srbije. Zaštita bilja 91/92: 331-335.

Backmann, P.A., Cramford, M.A., White, J., Thurlow, D.L. and Smith, L.A. (1981): Soybean stem canker: A serious disease in Alabama. Highlights Agric. Res. 28: 6.

Backman, P.A. Weaver, D.B., Morgan-Jones, M. (1985): Soybean stem canker: An emerging disease problem. Plant Dis. 69: 641-647.

Backman, P.A., Williams, J.E., Crawford, M.A. (1982): Yields losses in Soybean from anthracnose caused by *Colletotrichum truncatum*. Plant Disease, Vol. 66 (11): 1032-1034.

Baeza, A.C.A. (1971): Angular spot *Septoria glycines* a new disease of soybean in the departments of valle and causa (in Spanish). Acta Agron. Palmira 21: 83-85.

Balaž, J., Arsenijević, M., Vidić, M. (1990): Bakteriološke karakteristike rase *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (Caorper) Young, Dye et Wilkie parazita soje. Zaštita bilja 193: 423-429.

Bernaux, P. (1979): Identification de quelques maladies du soja au Cameroun. Agronomie tropicale XXXIV-3.

Boland, G. J., i Hall, R. (1988): Epidemiology of Sclerotinia Stem. Rot of Soybean in Ontario.

Buchwald, N.F. (1947): Sclerotiniace of Denmark. Fresia 3: 235-330. /po Sinclair and Dhingra/.

Chamberlain, D.W. i R.L. Bernard (1986): Resistance to brown stem rot in soybeans. Crop Sci. 8: 728-729.

Cho, J.E., Goodman, R.M. (1979): Strains of soybean mosaic virus: classification based on virulence in resistant soybean cultivars. Phytopathology 69: 467-470.

Cline, M.N. i Jacobsen, B.J. (1983): Methods for evaluating soybean cultivars for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. Plant Dis. 67:784-786.

Connors, J.L., Saville, B.O. (1944): 23th Annual Report of the Canadian plant disease survey, 1943, pp 122 (Abstr.).

Crall, J.M. (1950): Soybean disease in Iowa in 1949. Plant Dis. Repr. 34:96-96.

Cromwell, R.O. (1917): Fusarium - blight or wilt disease of soybean. Agr. Res. 8: 421-440 (Abstr.)

Cross, J.E., Kennedy, B.W., Lambert, J.W. i Cooper, R.L. (1966): Pathogenic races of the bacterial blight pathogen of soybeans, *Pseudomonas glycinea*. Plant Dis. Repr. 50:557-560.

Cvjetković, B. (1977): Jedna nova bolest soje u nas. Biljna zaštita 4: 149-150.

Demski, J. W. i Phillips, D.W. (1974): Reaction of soybean cultivars to powdery mildew. Plant Dis. Repr. 58: 723-726.

Dimitrijević, M., Jurković, D. (1982): Proučavanje parazita *Phomopsis sojae* Leh. na soji. Zaštita bilja 162: 421-429.

Dhingra, O.D., Sinclair, J.B. (1975): Survival of *Macrophomina phaseolina sclerotia* in soil: Effect of soil moisture, carbon: nitrogen ratios, carbon sources, and nitrogen concentrations. Phytopathology 65: 236-240.

Dunleavy, J.M. (1957): The grasshopper as a vector of tobacco ring spot virus in Soybean. Phytopathology, 47: 681-682.

Dunleavy, J.M. (1967): Red clover infected by *Cephalosporium gregatum*. Phytopathology 57: 810 (Abstr.)

Dunleavy, J.M., and Weber, C.R. (1967): Control of brown stem rot of soybean with corn - soybean rotations. Phytopathology 57:114-117.

Dunleavy, J.M. (1971): Races of *Peronospora manshurica* in the United States. Am. J. Bot. 58: 209-211.

Dunleavy, J. M. (1977): Nine new races of *Peronospora manshurica* found on soybeans in the Midwest. Plant Dis. Rep. 61, 661-663.

Dunleavy, J.M. (1980): Yield losses in soybeans induced by powdery mildew, Plant Dis. 64: 291-292.

Dunleavy, J. M. (1987): Yield reduction in soybeans caused by downy mildew. - Plant Dis. 71, 1112-1114.

Enken, V.B. (1959): Soja. Gosudarstvennoe izdatel'stvo sel'skokochozajstvennoj literaturi, Moskva.

Érsek, T. (1979): Occurrence of Charcoal rot and anthracnose of soybeans in Hungary. Acta Phytopath. Acad. Scien. Hung. Vol 14 (1-2): 17-21.

Fett, W., Sequera, L.(1981): Further characterization of physiological races of *Pseudomonas glycinea*. Can. J. Bot 59: 283-287.

Ford, R.E. i Sinclair, J.B. (1977): Rust of soybean and Research needs. Report of a Workshop held in Manila, the Philippines, February 28 - March 4. 1977. International Agricultural Publications INTSOY series No. 12.

Frandsen, N.O. (1953): *Ascochita sojaecola* auf sojabohne in Deutschland. Phytopath. Z. 20: 375-382.

Frosheiser, F.J. (1957): Studies on the etiology and epidemiology of *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* the cause of stem canker. Phytopathology 47: 87-94.

Gangopadhyay, S.D., Agarwal, K., Sarbhoy, A.K. i Wadhi, S.R. (1973): Charcoal rot disease of soybean in India. Indian Phytopath. 26: 730-732. (Abstr.).

Ganja, A.I. (1981): Osnovne gribne bolesti soi v Moldaviji. Mikologija i fitopatologija, tom 15 vipusk 1. 37-43.

Garbowski, L., Juraszkowna, H. (1933): Diseases of useful plants in the period of 1926/1930. Rocznik Ochrony Roslin Sect. A., 1: 97-235. /po Sinclair and Dhingra/.

- Garzonio, D. (1981): Pod and stem blight: The relative importance of seed borne and soilborne inoculum. Ph. D. Dissert, Iowa State University, Ames, 83 pp.
- Geesman, G.E. (1950a): Physiologic races of *Peronospora manshurica* on soybeans. *Agron. J.* 42: 257-258.
- Geesman, G.E. (1950b): Inheritance of resistance of soybeans to *Peronospora manshurica*. *Agron. J.* 42: 608-613.
- Girard, J.C. (1979): Misse en evidence de deux maladies du soja sur des graines en provenance du Senegae. *Agronomie tropicale* XXXIV-3.
- Gleason, M.L., Ghabrial, S.A., Ferriss, R.S. (1987): Serological detection of *Phomopsis longicola* in soybean seed. *Phytopathology* 77 (2): 371-375.
- Graasso, V. (1962): Regeneration of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary [in Italian, English summary] *Star. di Patol. Veg. (Rome)*, Boll. ser III 19, pp. 95-101.(Abstr.)
- Grabe, D.F. i Dunleavy, J. (1959): Physiologic specialization in *Peronospora manshurica*. *Phytopath.* 49: 791-793.
- Gray, L.E., i Sinclair, I.B. (1973): The incidence, development, and yield effects of *Cephalosporium gregatum* on soybean in Illinois. *Plant Disease Reporter*. 57 (10): 853-854.
- Gray, L.E. (1974): Role of temperature, plant age, and fungus isolate in the development of brown stem rot in soybeans. *Phytopathology* 64: 94-96.
- Grujičić, T. Tomašević, B. (1956): Bolesti i štetočine gajenih biljaka uočenih u periodu od dvadeset godina (1934-1953). *Zaštita bilja* 38: 87-106.
- Gulya, T., Dunleavy, J.M. (1979): Inhibition of chlorophyll synthesis by *Pseudomonas glycinea*. *Crop. Sci.* 19: 261-264.
- Hartwig, E.E., Johnson, H.W. (1953): Effect of bacterial pustule disease on yield and chemical composition of soybeans. *Agron. J.* 45: 22-23.
- Hemmi, T. (1920): Beiträge zur Kenntnis der japanisahan gloesporien. *J. Coll. Hokkaido Imp. Univ. Saporu* 9, 1: 1-159.
- Hevesi, M., Érsek, T. (1981): Bacterial blight of soybean in Hungary *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hungaricae* 3-4: 371-374.
- Higley, P.M., Tachibana, H. (1987): Physiological specialization of *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* in soybean. *Plant Dis.* 71: 815-817.
- Hildebrandt, A.A. (1951): Soybean diseases in south Western Ontario in 1950. *Ann. Rep. of the Canad. Plant Dis. Survey*, 1950, 40-42.
- Hildebrandt, A.A. (1956): Observation on stem canker and pod and stem blight of soybean in Ontario. *Canad. J. Bot* 34: 577-599.
- Hilty, J.W. (1981): Soybean stem canker, a major disease in 1981. *Tenn. Farm Home Sci.* 120: 16-17.
- Hine, R.B., Wheeler, J.E. (1970): The occurrence of some previously unreported diseases in Arizona. *Plant Dis. Rep.* 58: 693-695.
- Hobbs, T.W., Schmitthenner, A.F., Ellett, C.W. and Hite, R.E. (1981): Top die - back of soybean caused *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*. *Plant Dis.* 65: 618-620.
- Hobbs, T.M., Schmitthenner, A.F. i Kuter, G.A. (1985): A new *Phomopsis* species from soybean. *Mycologia* 77: 535-544.
- Ilyas, M.B., Sinclair, J.B. (1974): Effects of plant age upon development of necrosis and occurrence of intraxylem sclerotia in soybean infected with *Macrophomina phaseolina*. *Phytopathology* 64: 156-157.
- Ivanović, M. (1992): Mikoze biljaka, Nauka, Beograd.
- Jasnić, S., Vidić, M. (1981): Crna pegavost stabla nova bolest soje u Jugoslaviji. *Glasnik zaštite bilja* 2: 44-46.
- Jasnić, S. (1983): *Colletotrichum dematium* (Pers. ex Fr.) Grove var *truncata* (Schw.) Arx., prouzrokovac antraknoze soje u Jugoslaviji. *Zaštita bilja* 165: 381-389.
- Jasnić, S., Vidić, M. (1983): *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* - nov parazit soje u Jugoslaviji. *Zaštita bilja* 164: 213-223.
- Jasnić, S., Vidić, M., Ammar, M. (1983): *Phyllosticta sojaecola* Massol - prouzrokovac pegavosti lišća soje. *Savremena poljoprivreda* 31 (5-6): 261-269.
- Jasnić, S. (1984): *Ascochita sojaecola* Abram - Nov parazit soje u Jugoslaviji. *Zaštita bilja*, 35 (3) 169: 217-233.
- Jasnić, S., Cvjetković, B., Vidić, M. (1988): *Pythium netimum* Trow. kao parazit soje. *Zaštita bilja* 185: 291-296.
- Jasnić, S., Vidić, M. (1985): Occurrence of soybean diseases in Yugoslavia. *Eurosoya*, No. 3, 43-46.
- Jasnić, S., Vidić, M. (1986): *Rhizoctonia solani* Kühn parazit soje u Jugoslaviji, *Zaštita bilja* 176: 143-151.
- Kaufman, M.J., Chamberlen, D.W. (1957): The effect of antibiotics on *Pseudomonas glycinea*. *Plant Dis. Repr.* 41: 806-807.
- Keeling, B.L. (1982): A seedling test for resistance to soybean stem canker cause by *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*. *Phytopathology* 72: 807-809.
- Keeling, B.L. (1984): Evidence for physiological specialization in *Diaporthe phaseolorum*. *Journal of Mississippi Academi of Science* 29, 5.
- Kernkamp, M.F., Giblert, J.W. (1951): Diseases of soybean new to Minnesota. *Plant Dis. Repr.* 35: 509-510.
- Kilen, T.C. (1986): Relationships between *Rps2* and other genes controlling resistance to *Phytophthora* rot in soybean. *Crop Sci.* 26:711-712.
- Kilen, T.C., Hartwig, E.E. and Keeling, B.L. (1974): Inheritance of a second major gene for resistance to *phytophthora* rot in soybean. *Crop. Sci.* 14: 26-262.
- Kilen, T.C., Keeling, B.L., Hartwig, E.E. (1985): Inheritance of reaction to stem canker in soybean. *Crop Sci.* 27: 863-864.
- Klikov, A.P. (1963): Bacterial disease of soybean (in Russian). *Zašt. Rastenia* 8: 35-36.
- Kmetz, K.T., Ellett, C.W. i Schmitthenner, A.F. (1974): Isolation of seedborn *Diaporthe phaseolorum* and *Phomopsis* from immature soybean plants. *Plant Dis. Repr.* 58: 978-982.
- Kmetz, K.T., Schmitthenner, A.F. i Ellett, C.W. (1978): Soybean seed decay: prevalence of infection and symptom expression caused by *Phomopsis* sp., *Diaporthe* var. *sojae* and *D. phaseolorum* var. *caulivora*. *Phytopathology* 68: 837-840.
- Koehler, B. (1931): Diseases of soybeans in Illinois. *Proc. Amer. Soybean Assoc.* 3: 60-64.
- Komnenić Maja (1991): Parazitna mikroflora semena soje u SR Srbiji. *Magistarski rad. Poljoprivredni fakultet, Zemun.*
- Kozireva, E.P., Primakovskaja, M.A., Skripka, O.V. (1982): Bolezni soji. *Zaštita rastenij* 11: 38-39.
- Krause, J.P., Fortnum, B.A. (1983): A epiphytic of *Diaporthe* stem canker of soybean in South Carolina. *Plant Dis.* 67: 1128-1129.
- Kurnik, E. (1962): A soja. *Akadmi kiad, Budapest. /po Molnaru/.*
- Kulik, M.M. (1981): Introduction of Sporulation by *Phomopsis sojae* on dead soybean stems. *Phytopathology* 71: 887-888. (Abstr.).
- Kulik, M.M. (1983): The current scenario of pod and stem blight - stem canker - seed decay complex of soybean. *Int. J. Tropical Plant Diseases* 1: 1-11.
- Kulik, M.M. (1985): Firste report of soybean stem canker in Maryland. *Plant Dis. Repr.* 9: 811 (Abstr.).
- Lambat, A.K., Raychandhuri, S.P., Lele, V.C. i Nath, R.P. (1969): Fungi intercepted on imported soybean seed. *Indian Phytopath.* 22: 327-330.
- Laviolette, F.A., Athow, K.L., Probst, A.H., Wilcox, J.R. i Abney, T.S. (1970): Effect of bacterial pustule and frog eye leaf spot on yield of Clark soybean. *Crop. Sci.* 10: 418-419.
- Layton, L.C., K.L. Athow, i F.A. Laviolette (1986): New physiological race of *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*. *Plant Dis.* 70: 500-501.
- Leben, C. (1975): Bacterial blight of soybean: Seedling Disease control. *Phytopathology* 65: 844-847.
- Lehman, S.G. (1922): Pod and stem blight of soybean *J. Elisha Mitchell Sci Soc.* 38: 13.
- Lehman, S.G. (1923): Pod and stem blight. *Ann. Missouri Bot. Gar.* 10: 111 - 169.
- Lehman, S.G. (1953a): Systemic infection of soybean by *Peronospora manshurica* as affected by temperature, *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 69: 83 (Abstr.).
- Lehman, S.G. (1953b): Race 4 of the soybean downy mildew fungus. *Phytopathology* 43: 460-461.
- Lihnell, D. (1939): Some observations concerning soybean diseases in our country. *Vavtskyddsnotiser, Vaxtskyddsantt. /Stockolm/* 3/4-5/: 69 73. /po Sinclair and Dhingra/.
- Lim, S. M. (1980): Brown spot severity and yield reduction in soybean. *Phytopathology* 70 (10): 974-977.

Lim, S.M., R.L. Bernard, C.D. Nickell, i L.E.Gray (1984): New Physiological race of *Peronospora manshurica* virulent to the gene Rpm in soybeans. *Plant Dis.* 68, 71-72.

Ling, L. (1948): Host index of parasitic fungi of Szechwan, China. *Plant Dis. Repr. Suppl.* 173: 1-38.

Lobik, V.J. (1930): The problem of the diseases of the soybean in the light of observations in 1930 at Essetuki (in Russian). *North Caucasssioan Plant Prot. Sta. Rostoff on Don Bull.* 6-7, pp. 285. (Abstr.).

Loukyanovitch, F.K., Lebedeva, L.A., Kiz-eritsky, V.A., Ermolayeva, O.I., Obolensky, S.I. (1931): Pests and diseases of agricultural crops in the region of the Turkestan-Siberian Railway. *Plant Prot. Leningrad*, 7: 349-360. / po Sinclair and Dhingra/.

Lušin Vera (1960): *Cepcospora kikuchii* - soybean disease. *Savremena poljoprivreda* 8: 601-604.

Machado, J.C., Carvalho, M.G. (1975): Comparamento de cultivares commercia is de soja diante de isolamentos de *Colletotrichum truncatum* a trnsmissao do patoge no pelas sements en funcao daepoca de infeccao da planta, *Experientiae* 19: 119-148.

Machado, C.C., Gomes, J.C., Lehman, P.S. (1973): Dead patch of soybeans in southern Brasil. 2nd Internat. Congr. Plant Abstr.: 1062 (Abstr.).

Marić, A. (1974): Bolesti šećerne repe. Institut za zaštitu bilja, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Marić, A., Čamprag, D., Maširević, S. (1988): Bolesti i štetočine suncokreta i njihovo suzbijanje. *Nolit - Beograd*.

Marthur, R.S. (1954): Diseases of pulse crops in - Uttar Pradesh (India) *Agr. and Anim Hasb.* 5: 24-28 (Abstr.).

Martyn, E.B. (1942): Disease of plants in Jamaica. *Jamaica Dept. Sci and Agr. Bull.* 32, 34 p.

McBlain, B.A. i Schmitthenner, A.F. (1991): Evaluations of Recurrent Selection for Phytophthora Tolerance in Soybean. *Research Bulletin* 1187. Ohio State University.

Mc Gee, D.C. (1983): Epidemiology of soybean seed decay by *Phomopsis* and *Diaporthe* spp. *Seed Sci. Technol.* 11: 719-729.

Mc Gee, D.C. (1986): Prediction of *Phomop-*

sis seed decay by measuring soybean pod infection. *Plant Dis.* 70: 329-333.

Mc Gee, D.C., Bidle, J.A. (1987): Seedborne *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* in Iowa and its Relationship to soybean stem canker in the southern United States. *Plant Dis.* 71: 620 - 622.

McKenzie, J.R. i Wyllie, T.D. (1971): The Effect of Temperature and lesion size on the sporulation of *Peronospora manshurica*. *Phytopath. Z.*, 321-326.

Mengistu, A., i Grau, C.R. (1986): Variation in morphological, cultural, and pathological characteristics of *Phialophora gregata* and *Acremonium* sp. recovered from soybean Wisconsin. *Plant Disease* 70: 1005-1009.

Mikailenko, A. (1965): Diseases of legumes in the Primorsk region. *Zasch. Rast. Vredit.* *Boljez.* 10: 41-43 /po Sinclair and Dhingra/.

Molnar, B., Vörös, J. (1963): A szoja *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary atal eloidézett szarrothadása Magyarországon. *Novenjttermes* 12: 51-56.

Moore, W.D. (1949): Flooding as means of destroying the sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology* 39: 920-927.

Morgan-Jones, M. (1989): The *Diaporthe/Phomopsis* complex: Taxonomic considerations. *World Soybean Research Conference IV 5-9 III 1989*, Buenos Aires, Argentina, 1699-1706.

Moskovec, S.H., Krasnova, M.V. (1963): Bakteriozi soi. *Zaštita rastenij of vreditel'ej i baljeznej* 8: 19-20.

Muravjeva, M.F. (1973): Soybean mosaic in the Khabarovsk region (in Russian) *trudy Dal'nerost N II 5 kh.* 13: 156-158.

N'Dzi, F. (1994): Epidemiologija *Colletotrichum dematium* var. *truncata*, prouzrokovala antraknoze soje, *Magistarski rad*, 1-121, Novi Sad.

Nelen, E.S., Žukovkaja, S.A. (1968): Antraknoz soi. *Zaštita rastenii* 6: 45.

Nickolson, J.E. (1973): The effect of internally seed - borne microorganism on soybean seed quality. *Ph. D. thesis Univ. Illinois*.

Nickolson, J.F., Dhingra, O.D., Sinclair, J.B. (1972): Internal seedborne nature of *Sclerotinia sclerotiorum* and *Phomopsis* sp. and their effects of soybean seed quality. *Phytopathology* 62: 1261-1263.

Nikolić, V. (1951a): Nova bolest soje u našoj zemlji. *Zaštita bilja* 8: 39-40.

Nikolić, V. (1951b): Jedna nova bolest na soji kod nas. *Zaštita bilja* 3-8, 39-40.

Nikolić, V., Stakić, D. (1964): Mozaik soje u Jugoslaviji. *Savremena poljoprivreda* 9: 683-695.

Noll, W. (1939): Studies on foot rot and wilt diseases in Leguminosae (in German) *Leitschr. Pflanzkrh* 49: 385-431 (Abstr.).

Novakova - Pfeiferova, J. (1958): A new fungus disease of soybeans in our country, *Preslio* 30: 369 (Abstr.)

Ovčinkova, A. M., Sabliovskiy, V. V. (1973): *Boljezni i vreteli soi. Zašč. Rastenij* 17: 30-33.

Pakbery, D.G., Lel, C.K. (1972): Antracnose of soybeans. *Australian Plant Path. Soc. Newsltr.* 1: 10-11.

Pape, H. (1921): Pilzliche schädlinge der sojabohne. *Metteil. Biol. Reichant. Land. Forstw.* 21: 36-42. /po Sinclair and Dhingra/.

Patino, H.C. (1967): Diseases of oleaginous annuals in Colombia. *Agr. Trop.* 23: 532-539.

Paxton, J.D., i Rogers, D.P. (1974): Powdery milden of soybeans. *Mycologia* 66: 894-897.

Perny, R. A., Signoret, P. (1990): The Development of Soybeans and the Phytosanitary Risks. *Eurosoya. Symposium Cetiom - Strasbourg*, 5-6, September 1990.

Peterson, J.L., Strelicki, R.F. (1965): The effect of variants of *Diaporthe phaseolorum* on soybean germination and growth in New Jersey. *Plant Dis. Repr.* 49: 228-229.

Phillips, D.V. (1984): Stability of *Microsphaera diffusa* and the effect of powdery milden on yield of soybean, *Plant Dis.* 68: 953-956.

Ploper, L.D., Athow, K.L. i Laviolette, F.A. (1985): A new allele at the Rps3 locus for resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinica* in soybean. *Phytophthology* 75: 690-694.

Purdy, L.H. (1979): *Sclerotinia sclerotiorum*: History diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact, *Phytopathology*, 69: 875-880.

Rahman, M.H., Fakir, G.A. (1985): Reaction of cultivars of soybean to antracnose. *Bengladesh Journal of Plant Pathology*, 1 (1): 45-50.

Robotić, V. (1981): *Colletotrichum destructivum* O'gara i njegov teleomorfni stadijum *Glomerella glycines* (Hori) Lehman et Wolf. na soji. *Magistarski rad*, Novi Sad.

Roonguangsree, U.T., L.W. Olson, i L. Lange (1988): The seedborne inoculum of *Peronospora manshurica*, causal agent of soybean downy mildew. *Journal od Phytopathology* 123, 233-243.

Ross, J.P. (1970): Effect of temperature on mottling of soybean caused by soybean mosaic virus. *Phytopathology*, 60: 1798-1800.

Rupe, J.C., Ferris, R.S. (1987): A model for predicting the effects of microclimate on infection by *Phomopsis longicola*. *Phytopathology* 77: 1162-1166.

Saharan, G.S. Gupta, V.K. (1972): Pod rot and collar rot of soybean caused by *Fusarium semitectum*. *Plant Dis. Repr.* 56: 693-694.

Sawada, K. (1922): Descriptive catalogue of Formosian fungi. Part 4. *Agr. Res. Inst. Formosa Rpt* 33.

Schmitthenner, A.F. (1985): Problems and progress in control of phytophthora root rot of soybean. *Plant Disease* 69: 362-368.

Signoret, A. (1975): Soybean diseases in France in 1974. *Plant Dis. Repr.* 59: 616-617.

Sinclair, J.B. (1982): *Compendium of Soybean Diseases. - The American Phytopathological Society*, St. Paul, Minn., USA.

Sinclair, J.B. i Backman, P. A. (1989): *Compendium of Soybean Diseases. Third edition. The American Phytopathological Society*, str.: 1-106.

Sinclair, J.B., i Shurtleff, M.C. (1975): *Compendium of Soybean Diseases. The American Phytopath. Soc. Inc. St. Paul. Minnesota*.

Sinclair, J.B. i Dhingra, O.D. (1975): An annotated bibliography of soybean diseases 1882 -1974. (USA). *The Board of Trustees of the University of Illinois*.

Stojanović, D., Kostić, B. (1956): Prilog proučavanju parazitne flore na jednom delu uže Srbije. *Zaštita bilja* 35: 87-103.

Štraser, N. (1982): *Septoria glycines* Hemmi - parazit soje. *Savremena poljoprivreda*, 11/12, 551-561.

Tachibana, H. (1982): Prescribed and mananging resistance genes. *Plant Disease Reporter* 66 (3): 271-273.

Tachibana, H., Jowett, D., Fehr, W.R. (1971): Determination of losses in soybeans caused by *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 61: 1444-1446.

Tachibana, H., i L.C. Card (1972): Brown stem rot of soybean and its modification by soybean mosaic virusin soybeans. *Phytopathology* 62: 1314-1317.

Taylor, S.L., Peterson, R.E., and Gray, L.E. (1985): Isolation of gregatin a from *Phyalophora gregata* by preparative highpressure liquid chromatogrophu. *App. Enuiron. Micobiol.* 50: 1328-1329.

Thomas, M.D., Leary, J.V. (1980): A new race of *Pseudomonas glycinea*. *Phytopathology* 70: 310-312.

Thompson, P.R., Jeffers, D.L., Schmitthenner, A.F. (1988): *Phomopsis* seed infection and nutrient acumulation in pod of soybean With Reduced frut loads. *Agron. J.* 80: 55-59.

Tiffany, L.H., Gilman, J.G. (1954): Species of *Colletotrichum* from Leguminosae. *Mycologia* 46: 52-75.

Timnick, M.B., Lilly, V.G., Barnett, H.L. (1951): Factors affecting sporulation of *Diaporthe phaseolorum* var. *batatis* from soybean. *Phytopathology* 41: 327-336.

Tošić, M., Buturov, D. (1986): *Phyalophora gregata* - čest parazit soje u Jugoslaviji. *Zaštita bilja*, 175, 59-66.

Tošić, M., Antonijević, D. (1987): Pojava *Phyalophora gregata* (Allington and Chamberr.) W. Gams. na prirodno zaraženim biljkama nekih sorti soje. *Zaštita bilja* 180, 101-106.

Tošić, M., Panić, M., Stojanović, T. i Antonijević, D. (1986): Bolesti soje na području SR Srbije u 1985. godini. RO Industrija biljnih ulja i proteina Beograd: Zbornik radova Republičkog savetovanja o unapređenju proizvodnje soje, suncokreta i uljane repice, 1-21.

Vidić, M. (1982): *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary parazit soje u Vojvodini. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Vidić, M., Jasnić, S., Ammar, M. (1983a): Osetljivost nekih sorti soje prema beloju truleži (*Sclerotinia sclerotiorum*). *Zaštita bilja* 166: 503-512.

Vidić, M., Jasnić, S., Ammar, M. (1983b): Rasprostranjenost pojave bolesti soje i osetljivost nekih sorti u 1981. i 1982. godini. *Savremena poljoprivreda*. Vol. 31, br. 7-8, 367-376.

Vidić, M. (1987): Epidemiologija *Diaporthe phaseolorum* (Cke et Ell.) Sacc. var. *caulivora* Athow et Caldwell prouzrokovala crne pegavosti stabla soje. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Vidić, M., Jasnić, S. (1988a): Uticaj *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* na prinos i kvalitet soje. *Zaštita bilja* 184: 217-225.

Vidić, M., Jasnić, S. (1988b): Prilog proučavanju epidemiologije *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* na soji. *Zaštita bilja* 135: 297-310.

Vidić, M., Jasnić, S. (1988c): Osetljivost soje prema *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* u različitim fenofazama razvoja. *Zaštita bilja* 183: 65-72.

Vidić, M., Jasnić, S. (1990): Uloga semena soje u epidemiologiji *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*. *Zaštita bilja* 193: 263-268.

Vidić, M., Jasnić, S., Jocković, Đ., Hrustić Milica (1990): Reakcija sorti i linija soje prema *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*. *Zaštita bilja* 191: 31-39.

Vidić, M., Marić, A., Jasnić, S. (1986): Efikasnost nekih fungicida, broja i vremena tretiranja u suzbijanju *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* na soji. *Zaštita bilja* 175: 41-49.

Vidić, M. (1991): Variability of *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* on soybean in the Vojvodina province in Serbia. *Zaštita bilja* 197: 183-189.

Vidić, M. (1992): Epidemiološke karakteristike najznačajnijih parazita soje u Vojvodini. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 519-522.

Vidić, M., Jasnić, S. (1994): *Phomopsis* vrste na soji u Jugoslaviji. III Jugoslovenski kongres o zaštiti bilja, Vrnjačka Banja, Zbornik rezimea.

Vidić, M., Jasnić, S., Hrustić Milica, Jocković, Đ. (1994a): Virulentnost izolata *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* na soji. *Zaštita bilja* 207 : 67-71.

Vidić, M., Jasnić, S., Hrustić Milica, Jocković, Đ. (1994b): Uticaj roka setve soje na intenzitet napada *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 22. 211-220.

Vidić, M., Jasnić, S., Jocković, Đ., Hrustić Milica (1995a): Uticaj roka setve soje na pojavu sistemično zaraženih biljaka sa *Peronospora manshurica*. *Zaštita bilja*, Vol. 46 (1), 211: 43-50.

Vidić, M., Hrustić Milica, Rajičić, M. i Relić, S. (1995b): Uticaj *Macrophomina phaseolina* na prinos i komponente prinosa soje. *Zaštita bilja*. Vol. 46 (4), br. 214: 285-291.

Vidić, M., Jasnić, S., Miladinović, J. (1995c): Patogenost izolata *Phomopsis sojiae* i *Phomopsis longicola* na soji. *Zaštita bilja* 213: 197-205.

Vidić, M., Jasnić, S., Stojšin Vera (1996): Cultural and morphological characteristic of *Phomopsis sojiae* and *Phomopsis longicola* originating from soybean, *Zaštita bilja* 215: 37-44.

Wahl, V. (1921): Schädlinge an der sojabohne. *Zetschr. Pflanzenkr.* 31: 194-196.

Wehmeyer, L.E. (1933): The genus *Diaporthe* Nitschke and its segregates. *Univ. of Mich. Press. Ann. Arbor.* 349 pp.

Welch, A.W. (1947): A study of soybean diseases and their control In. *Rep. on Agric. Res. for the year ending June 30, 1947. Part I Iowa Agr. Exp. Sta. Ames;* 171-171.

Welch, A.W., Gilman, J.C. (1948): Hetero- and-homo thallic types of *Diaporthe* of soybean. *Phytopathology* 38: 628-637.

Whitney, G. (1978): Souther States soybean disease loss estimate - 1971. *Plant Dis. Reprt.* 62: 1078-1079.

Williams, D.J., Nyvall, R.F. (1980): Leaf infection and yield losses caused by brown spot and bacterial blight diseases of soybean. *Phytopathology* 70: 900-902.

Wolf, F.A., Lehman, S.G. (1924): Report of plant pathology. *North Carolina Agr. Expt. Sta. Ann. Rpt* 47: 83-85.

Wong, C.F., Nick, W.Z. i Lim, T.K. (1983): Studies of *Colletotrichum dematium* f. sp. *truncatum* on soybean. *Pertanika* 6 (1): 28-33.

Zhukovskaya, S.A. (1977): Kornevye gnilisoi v Primorskom krae. *Mikologija i Fitopatologija* 11 (2): 140-144.

Yong, L.D., i Ross, J.P. (1978): Brown spot development and yield responce of soyben inoculated with *Septoria glycines* at various growth stages. *Phytopathology* 68 (1): 8-11.

ŠTETOČINE SOJE

Radosav Sekulić, Tatjana Kereši

Fauna soje, relativno nove gajene biljke u nas, nije dovoljno proučena. Na poljima pod sojom, na osnovu podataka više autora (Tomašević, 1965; Đurkić, 1956; Rajković, 1982; Kereši, 1993; Sekulić i sar., 1983, 2004; Jovičić i sar., 1986; Simova-Tošić, 1995 i dr.) ovu biljnu vrstu oštećuje oko 90 vrsta štetočina, među kojima preko 83% čine insekti, dok ostale pripadaju drugim životinjskim grupama (Čamprag i sar., 1996). Fitofagne vrste se sreću tokom čitave vegetacije, od setve do žetve, i oštećuju sve delove biljaka, korenov sistem i kvržice na korenu, stabljiku, listove, cvetove i plodove.

Posejano seme soje u svojoj ishrani mogu koristiti razne vrste ptica i lovne divljači (golub, poljska vrana, gugutka, fazan i dr.). Takođe, više vrsta glodara (hrčak, tekunica, poljska voluharica i dr.) mogu, uništavajući zasejano seme, remetiti zadati sklop biljaka. Nabubrelo seme i klicu napada čitav kompleks diptera, tzv. muva klijanaca, među kojima se neke ubrajaju u značajne štetočine soje, kao na primer vrsta *Delia platura*.

Podzemne biljne delove i kvržice korena, naročito mladih biljaka, oštećuju žičnjaci (larve fam. *Elateridae*), grčice (larve fam. *Scarabaeidae*), larve malih lisnih pipa (*Sitona spp.*), gusenice podgrizajućih sovetica, rovcu, neke vrste nematoda (*Meloidogyne spp.* i *Pratylenchus spp.*) i još desetine raznih vrsta štetočina.

Klijance i mlade biljke soje oštećuju imaga raznih tvrdokrilaca, kao što su: kukuruzna pipa, siva repina pipa, repin viličnjak, lucerkina pipa, sitone, običan i kukuruzni peščar, crni gundelj i dr. U početnoj fazi razvoja, usev može biti oštećivan i od stepskog popca, podgrizajućih sovetica i drugih štetnih vrsta. Osim toga, i razne ptice u potrazi za posejanim semenom mogu oštećivati klijajuće biljčice. Fazani otkidaju vršne delove biljaka, prvi par listova ili kotiledone, usled čega se usporava ili prestaje njihovo dalje razviće. Divlji zečevi, hrčak i drugi glodari, takođe u ovoj fazi razvoja useva, mogu naneti značajne štete otkidanjem vršnih delova biljaka ili potpunim uništavanjem. Hrčak uništava mlade useve u vidu oaza oko svojih jazbina.

Lisnu masu soje već razvijenih biljaka mogu oštećivati brojne vrste iz više životinjskih grupa: insekti, grinje, puževi, sisari itd. Od velikog broja vrsta, u najvažnije

štetočine lista se ubrajaju atlantski pregalj (*Tetranychus atlanticus*), stričkov šarenjak (*Vanessa cardui*), sovetica gama (*Autographa gamma*), kupusna sovetica (*Mamestra brassicae*), pamukova sovetica (*Helicoverpa armigera*) i metlica (*Loxostege sticticalis*). Naročito značajne štete može da pričini prvo navedena vrsta. Tomašević (1965) ističe da smanjenje prinosa zrna soje usled napada atlantskog preglja dostiže 27%. Od ostalih životinjskih vrsta, listom soje se hrane divlji zec, fazan, hrčak, poljska voluharica, neke vrste puževa i dr.

Mlade stabljike soje mogu oštećivati više vrsta koje su navedene u grupi štetočina klijanaca i mladih biljaka. Razvijenije stabljike soje naseljavaju i oštećuju razne vrste lisnih vaši, cikade, grinje i lovna divljač (divlji zečevi, jeleni i dr.).

Među štetočinama cveta soje najčešće se spominju biljne stenice i tripsi. Njihova štetnost je pojačana u uslovima suvog i toplog vremena, naročito posle dužih sušnih perioda. Među tripsima dominira veoma polifagna vrsta *Thrips tabaci*. Szili (1976) je u Mađarskoj utvrdio ovu grupu štetočina na 60 do 80% cvetova soje.

Mahunu i seme soje takođe napada i oštećuje više desetina vrsta štetočina iz raznih životinjskih grupa: grinje, razni sisari (divlji zec, hrčak, poljska voluharica i dr.), više vrsta stenica (poljske, lucerkina i dr.), gusenice leptira (sojin plamenac, pamukova sovetica, lucerkina sovetica, metlica i druge vrste). Ipak najveće štete pričinjavaju razni glodari, stenice i sojin plamenac. Štete od poslednje vrste u Kini iznose i do 90%. Mlade gusenice sojinog plamenca se ubušuju u semenke, dok odraslije oštećuju seme sa spoljne strane, te ono više nije pogodno za setvu.

Štetočine, paraziti i korovi u svetskim razmerama (Cramer, 1967, cit. Čamprag i sar., 1996) prouzrokuju smanjenje prinosa za 29,1%. U nekim područjima Japana, štetočine smanjuju prinose soje za 20%. Egzaktnih podataka o gubicima prinosa soje usled napada štetočina u našoj zemlji, osim nekih primera, za sada nema.

U daljem izlaganju biće više reči o ekonomski značajnijim i potencijalno važnijim štetočinama ove biljne vrste.

ŠTETOČINE PODZEMNIH ORGANA BILJAKA

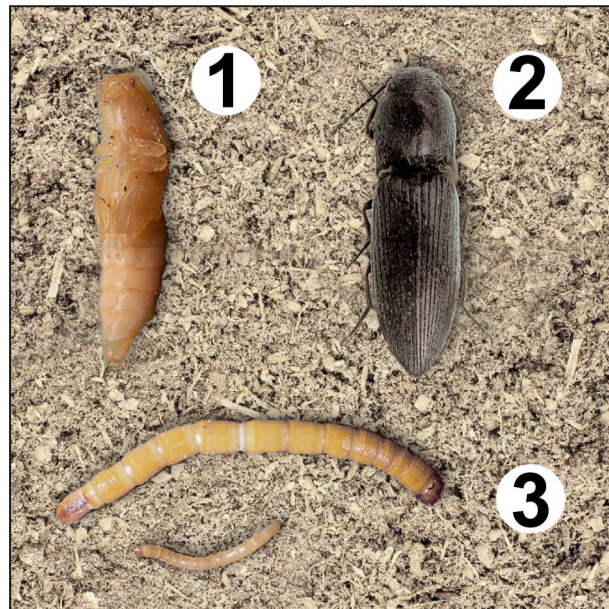
Skočibube (*Elateridae*)

Larve skočibuba (žičnjaci) ubrajaju se u grupu ekonomski najznačajnijih štetočina podzemnih delova biljaka, naročito okopavina. U severnim krajevima naše zemlje, na černozemu i livadskoj crnici, utvrđeno je 12 fitofagnih vrsta, među kojima dominiraju *Agriotes ustulatus* Schall. i *A. sputator* L., posebno prvo pomenuta (Čamprag i sar., 1985). U susednim zemljama redosled dominantnih vrsta je sličan, osim retkih izuzetaka (Perju i Mare, 1984; Štrbac, 1983; Szili, 1979; Szarukan, 1992).

Odrasli insekti skočibuba imaju izduženo, spljošteno telo i dugi su oko 7 do 10 mm. Njihove larve (žičari ili žičnjaci) su slamnožute do crvenkaste boje. One su takođe izdužene, valjkastog tela i obavijene su čvrstim hitinskim omotačem (Slika 14.1). Larve imaju malu glavu i tri para kratkih, jednakih grudnih nogu. Kod vrste *A. ustulatus*, larve u prvoj godini života, duge su do 10 mm, a u poslednjoj dostižu dužinu do 25 mm. Kod svih fitofagnih vrsta larve čitavo razviće provode u zemljištu.

Slika 14.1

Agriotes ustulatus (foto: B. Đukanović)



Stadijumi insekta: 1. lutka, 2. odrasli insekt, 3. larva

Skočibube imaju višegodišnje razviće, koje traje 3 do 5 godina. Kod većine vrsta prezimljavaju larve, a u poslednjoj godini odrasli insekti. Među ekonomski značajnijim vrstama izuzetak čini samo *A. ustulatus*, koja uvek prezimljava u stadijumu larve. Ženke posle kopulacije polažu jaja (jedna ženka položi do 660 jaja) prvenstveno na poljima pod strnim žitima, lucerkom, detelinom i drugim površinama sa gustim biljnim pokrivačem. Ovipozicija se prvenstveno obavlja u površinskom, vlažnom i rastresitom sloju zemljišta. Po piljenju, larve žive u zemljištu, krećući se vertikalno i horizontalno. Vertikalne migracije uslovljene su naročito promenama vlažnosti i temperature zemljišta, a takođe i potrebama za hranom i presvlačenjem. U vlažnijim uslovima, larve se premeštaju iz donjih u gornje slojeve zemljišta, a kada se površinski sloj isuši, kreću se u suprotnom pravcu. Povoljna temperatura za aktivnost žičnjaka je oko 20°C. Horizontalne migracije su ograničene na samo nekoliko metara i nastaju, pre svega u potrazi za hranom.

Kao povoljni uslovi za razmnožavanje, pa prema tome i štetnost skočibuba, mogu se navesti sledeći: gajenje strnih žita, lucerke i deteline i uopšte, useva sa

gustim biljnim sklopom na velikim površinama, ponovljena setva ili monokultura strnih žita, umanjena mehanička obrada zemljišta, zakorovljenost useva i uopšte, veće prisustvo korova, navodnjavanje, intenzivna primena insekticida na oranicama, gde se, pored štetočina, uništavaju i brojni korisni insekti i drugo. Vlažnost zemljišta se naročito smatra limitirajućim faktorom u razmnožavanju i razviću skočibuba. Jaja položena u suvom zemljištu brzo gube vodu, kao i mlade larve, isušuju se i uginjavaju. Od prirodnih neprijatelja skočibuba najznačajniji su trčuljci (fam. *Carabidae*), koji su veoma brojno zastupljeni u agrobiocenozi. Bobinskaja i Grigoreva. (1965) ističu da samo jedan imago ove, uglavnom predatorske grupe insekata, u toku dana može uništiti 2 do 4 krupnija žičnjaka, a njegove larve unište od 10 do 15 mladih žičnjaka u prvoj godini života. Razne vrste ptica (naročito vrane i čvorci) takođe značajno mogu redukovati žičnjake. Samo u želucu jednog gačca nađeno je čak 350 larvi skočibuba.

Žičnjaci su vrlo polifagni, oštećuju veliki broj gajenih i korovskih biljaka. Praktično nema biljne vrste koju ove štetočine ne ugrožavaju. Najveća štetnost nastaje u prvom delu vegetacije zeljastih biljaka. Larve su najopasnije za posejano seme, klice i tek iznikle mlade biljke. U svojoj ishrani pretpostavljaju mlade podzemne biljne delove. Najveće štete nastaju na raznim okopavinama. S obzirom da usev soje ima veliki broj biljaka po m², ona je znatno manje ugrožena od ove grupe štetočina u poređenju sa drugim okopavinama (šećerna repa, suncokret i kukuruz, na primer). Na soji, pri većoj gustini žičnjaka, dolazi do kržljivosti biljaka, zaostajanja u razviću ili pak njihovog uništavanja. Na poljoprivrednom kombinatu u Bečeju, pojedinim godina, kada je soja posejana na poljima gde je predusev bila pšenica, zapaženo je smanjivanje biljnog sklopa i do 50%. Štetnost se manifestovala u oazama, gde je brojnost iznosila 10 ili više žičnjaka po m². Kada se u zemljištu nalaze visoke populacije larvi, mogu biti uništene i starije biljke, naročito u godinama povoljnim za aktivnost žičnjaka.

Mere suzbijanja

Brojnost žičnjaka i štete od njih mogu se uspešno smanjiti kombinacijom i primenom agrotehničkih, hemijskih i drugih mera. Veliki značaj u ograničavanju razmnožavanja skočibuba imaju agrotehničke mere. Među njima, posebno je značajna kvalitetna i pravovremena obrada zemljišta. Neposredno posle žetve strnih žita, potrebno je, po mogućstvu odmah, izvršiti zaoravanje žetvenih ostataka. Na taj način, veliki broj jaja i mladih larvi skočibuba biva izložen nepovoljnim vremenskim uslovima i brojnim prirodnim neprijateljima. Takođe, letnje duboko oranje, izvedeno tokom avgusta, doprinosi smanjenju brojnosti žičnjaka u zemljištu. Osim obrade, ovome doprinose: pravilan plodored, predusevi i uništavanje korova. Intenzivnijem razmnožavanju skočibuba naročito pogoduje uzastopno gajenje strnih žita (2 do 3 godine na istom polju). Međutim, stalno smenjivanje strnih žita i okopavina deluje kao ograničavajući faktor masovnog razmnožavanja.

Hemijsko suzbijanje štetočina u zemljištu treba izvoditi samo na osnovu prethodnog poznavanja njihove brojnosti na svakoj parceli, koja je namenjena setvi soje. Ekonomski prag štetnosti ili kritičan broj larvi po m² za useve soje kod nas je još uvek nepoznat. Kao orijentacionu vrednost može se uzeti podatak iz Mađarske, koja se odlikuje sličnom entomofaunom kao i naša zemlja. Szili (1979) kao kritičan broj žičnjaka za ovu kulturu navodi 4-8/m². Takođe treba navesti zapažanja koja je stekao Toth (1992) u mađarskom delu Baranje. Citirani autor ističe da usevi soje poseduju 2 do 3 puta veću sposobnost da podnesu napad žičnjaka i drugih štetočina podzemnih biljnih delova u odnosu na druge okopavine. Veća brojnost larvi, pa time i eventualna potreba za njihovim suzbijanjem na poljima soje, biva kada se ova kultura poseje nakon gajenja strnih žita (prvenstveno kada se ona dve godine gaji na istom polju), ili posle razoravanja višegodišnjih leguminoza (Čamprag i sar., 1996).

Ukoliko se metodom zemljišnih uzoraka utvrdi da postoji potreba za hemijsko suzbijanje žičnjaka, tada se ono može izvoditi na tri načina: tretiranjem po čitavoj površini polja neposredno pred setvu, unošenjem granuliranih ili tečnih preparata uz pomoć depozitora ili rasprskivača, zajedno sa setvom i tretiranjem semena. Prvi način suzbijanja uglavnom je napušten, jer je ekonomski neopravdan i ekološki štetan (doprinosi znatno većem zagađenju oranica i uništavanju prirodnih neprijatelja). Za sada, unošenje granuliranih insekticida u zonu redova ili tečnih formulacija prskanjem zone redova zajedno sa setvom, najviše se koristi. Za ovu svrhu, kod okopavina u našoj zemlji se koriste preparati na bazi terbufosa, karbofurana, hlorporifosa, fenitrotiona + malation, foksima, karbosulfana, bifentrina, teflutrina i dr., ali, ni jedan od njih nema dozvolu za primenu u soji (Savčić-Petrić i Sekulić, 2007). U Mađarskoj, za suzbijanje štetočina u zemljištu pod sojom, koriste se preparati na bazi diazinona i karbofurana (Ocskó i sar, 2007).

Treći, perspektivni način suzbijanja štetočina u zemljištu, predstavlja setva semena koje je prethodno tretirano insekticidima. Kod važnijih okopavina (šećerna repa, suncokret i kukuruz), ovaj metod se koristi kada je gustina žičnjaka do 5 po m² (pa i veća). Smatra se da bi ovaj postupak, s obzirom na gustinu useva soje i početni razvoj biljaka, mogao u potpunosti da zameni ostale načine hemijskog suzbijanja, tim pre, što postoje indikacije da insekticidi primenjeni u trake prilikom setve soje negativno deluju na bakteriju *Rhizobium japonicum*. Vratarić (1986) navodi da unošenje insekticida treba obaviti mesec dana pre setve soje. Rumunski istraživači Barbulescu i sar. (1994) proučavali su kompatibilnost *Rhizobium*-a, nekih fungicida i insekticida za tretiranje semena soje, u odnosu na seme kojem je bila dodata samo bakterija. Utvrđeno je da preparati na bazi karbofurana i bifentrina ne ispoljavaju značajniju inkompatibilnost na dužinu korena, visinu biljaka i broj mahuna. Naprotiv, u nekim slučajevima ova svojstva bila su čak i bolja u odnosu na netretirano seme. U Francuskoj se za tretiranje semena soje koristi furatiokarb (Promet CS-400), u dozi 0,12 mg a.s. na kilogram semena. Zbog sistemskog efekta preporučuje se i za smanjenje brojnosti štetočina na nadzemnim biljnim delovima (male lisne pipe i tripsi), (Cluzeau, 1994). Prema najnovijim istraživanjima u Bugarskoj (Nikolova, 2006), dobru efikasnost u zaštiti soje od kompleksa štetočina (u zemljištu i nadzemnih), u prvim

fazama razvoja, ispoljili su sledeći insekticidi za tretiranje semena: fipronil (Cosmos 500 FS, 0,75 l/100 kg semena), tiametoksam (Cruiser 350 FS, 0,9 l/100 kg semena), imidakloprid (Gaucho FS 600, 1, 2 i 3 l/100 kg semena) i tiodikarb (Semevin 375 FS, 3 l/100 kg semena).

Bez obzira na način primene, kada su u pitanju insekticidi za suzbijanje štetočina u zemljištu, prednost treba uvek davati sistemcima. Na taj način redukuje se i brojnost štetočina na nadzemnim biljnim delovima u početku vegetacije, što vodi smanjenom broju tretiranja ili potpunom izostajanju. Za tretiranje semena soje, u našoj zemlji, za sada nema registrovanih preparata.

Gundelji (*Scarabaeidae*)

Više vrsta ove porodice se navode kao štetočine podzemnih organa soje (Szili, 1979; Simova-Tošić i sar., 1988; i dr.). Među njima, u najčešće štetočine ratarskih useva uopšte, ubrajaju se mali prolećni gundelj (*Rhizotrogus aequinoctialis* **Hrbst.**), mali letnji gundelj (*Amphimallon solstitialis* **L.**) i neke vrste žitnih pivaca (*Anisoplia austriaca* **Hrbst.**, *A. segetum* **Hrbst.**, *A. lata* **Er.** i dr.). Među larvama pivaca, prema višegodišnjim istraživanjima, dominira vrsta *A. austriaca*. Ona je utvrđena na 76% od ukupno pregledanih polja pod sojom (Kereši, 1993). Vrste iz roda *Anomala* mogu oštećivati čak i lisnu masu ove kulture (Simova-Tošić i sar., 1988). Pripadaju grupi veoma značajnih štetočina gajenih biljaka i široko su rasprostranjeni u svetu.

Odrasli insekti su srednje veličine do krupni i najčešće smeđe obojeni. Larve gundelja i pivaca su zgrčene u vidu slova „C”, zbog čega su i poznate pod imenom grčice. One su valjkaste i beličaste, osim glave koja je žutokestenjaste boje. U zadnjem delu tela su proširene, sa karakterističnim morfološkim odlikama koje se koriste za raspoznavanje vrsta. Kada odrastu, njihova dužina dostiže, u zavisnosti od vrsta, od 25 do 65 mm. Larve fitofagnih vrsta žive uvek u zemljištu (Slika 14.2).

Razviće jedne generacije traje različito, najčešće 2 do 3, a u nekim slučajevima se proteže i na 4 do 5 kalendarskih godina. Prezimljavaju larve ili larve i odrasli insekti. Eklozija imaga obavlja se tokom proleća i početkom leta. Oplođene ženke polažu jaja u zemljište na površinama sa gustim biljnim sklopom, kao što su strna žita, lucerišta i drugi neobrađivani travni tereni oko oranica. Ispiljene larve žive najduže i ukoliko su starije, utoliko su štetnije. Tokom godine podložne su vertikalnim i horizontalnim migracijama, koje su uslovljene naročito temperaturom i vlagom zemljišta. Najbliže su površini u rizosferi korena biljaka u proleće, početkom leta i tokom jeseni. Odrasle larve u poslednjoj godini razvića se nalaze u površinskom sloju zemljišta, gde se u izgrađenim komoricama pretvaraju u lutke, a kasnije u odrasle insekte.

Gundelj - larva i odrasli insekt (foto: V. Reljin)

Grčice su veoma polifagne, napadaju podzemne organe mnogobrojnih gajenih i korovskih biljaka, pri čemu stradaju naročito okopavine. Koreni mlađih biljaka često bivaju pregrizeni, a na starijim se uočavaju manje ili veće izgrizotine, najčešće u obliku jama. Oštećene biljke gube turgor, postepeno se suše i uginjavaju ili zaostaju u razviću. Štete na poljima se manifestuju u pojedinačno propalim biljkama ili nastanju manjih ili većih oaza. Najveće štete nastaju u uslovima suvog i toplog vremena, i visoke populacije grčica u zemljištu. Veće, primetne štete na usevima soje, naročito mogu nastati ako se setva obavlja posle razoravanja višegodišnjih kultura (lucerka i detelina) ili posle gajenja strnih žita dve ili više godina na istom polju.

Mere suzbijanja

Manjoj brojnosti grčica u zemljištu doprinosi: pravilan plodored, ljuštenje strnjike, uništavanje korova, češća i dublja obrada zemljišta i dr. Hemijskom suzbijanju treba pristupiti kada se pregledom zemljišta planiranim za setvu soje, utvrdi prisustvo 4 do 8 larvi po m² (Szili, 1979). Ono se izvodi istim insekticidima i na iste načine kao i protiv larvi skočibuba.

Dvokrilci (Diptera)

Soju mogu oštećivati više vrsta iz ovog reda. Najpoznatije su vrste koje pripadaju familijama *Anthomyidae* i *Agromyzidae*. Njihove larve mogu oštećivati nabubrelo seme, klicu, klijance ili minirati lišće. Kao štetočine soje zabeležene su u mnogim

zemljama Evrope. Uopšte rečeno, štete koje nastaju od fitofagnih vrsta muva na soji su manjeg značaja, osim retkih slučajeva. U svetu je registrovano više vrsta koje miniraju lišće. U Srbiji, Simova-Tošić i sar. (1988) su u veoma niskoj brojnosti utvrdili vrstu *Liriomyza congesta* Beck., koja pored soje oštećuje još grašak, konjski bob, lucerku i druge leguminoze.

Najvažnija štetna vrsta iz reda *Diptera* na soji je *Delia platura* Mg. ili muva klijanaca. Ova vrsta se ubraja u važnije štetočine soje u Francuskoj (Dalbello-Polese i sar., 1990). U rejonu severnog Kavkaza, na nekim poljima zabeleženo je uništavanje 20% useva ove kulture. U našoj zemlji, 1994. godine, usled napada ove štetočine, na poljoprivrednom kombinatu u Bečeju bilo je oštećeno 3 do 5% biljaka u fazi kotiledona.

Odrasli insekti ove vrste su crnosive boje, sa uočljivim crnim prugama na grudima. Veličine su oko 6 mm. Larve su bele boje, bez nogu i napred zašiljenog tela. Kada odrastu dostižu dužinu oko 7 mm. Tokom godine muva klijanaca daje 2 do 3 generacije i prezimljava u stadijumu lutke u zemljištu. Eklozija imaga nastupa u proleće, a posle oplodnje ženke polažu jaja u površinskom sloju zemljišta. Ispiljene larve se hrane organskim materijama u raspadanju ali, takođe, oštećuju i soju. Ova štetočina konstatovana je na preko 30 vrsta gajenih biljaka. Pored soje napada još kukuruz, šećernu repu, grašak, suncokret i neke povrtarske biljke.

Larve u toku razvića oštećuju nabubrelo seme, klicu, klicine listiće, a takođe napadaju iznikle biljčice, ubušujući se u mladu stabljiku. Usled toga, biljke se ne razvijaju i uginjavaju ili, ako prežive napad, zaostaju u porastu. Veće štete nastaju ako je hladnije proleće i nicanje useva duže traje. U takvim okolnostima, pri većoj brojnosti larvi, napadnuti usevi mogu biti proređeni.

Mere suzbijanja

Manjoj štetnosti ove vrste doprinose sve agrotehničke mere koje pospešuju klijanje, nicanje i početni razvoj biljaka. Treba koristiti kvalitetno seme, setvu obavljati u optimalnom roku, na propisanu dubinu itd. U Francuskoj, za hemijsko suzbijanje ove štetočine koristili su preparate na bazi karbofurana, hlorspirifosa, diazinona, hlorsvinfosa i dihlorsfentina (Perny, 1988). Osim toga, preporučuje se primena furatiokarba (Deltanet; 8 kg/ha) i benfurakarba (Oncol 5 G; 12 kg/ha). Pri primeni dva zadnja insekticida preporučuje se opreznost, jer je moguće toksično dejstvo mikrogranula na bakteriju *Rhizobium japonicum* (Dalbello-Polese i sar., 1990). Rumunski istraživači Barbulescu i sar. (1994) proučavali su uticaj preventivnog tretiranja semena sa insekticidima na bazi karbofurana (Carbodan 35 ST, 20 l/toni), bifentrina (Talstar 20 ST; 4 l/toni), imidakloprida (Gaucho 70 W; 10 l/toni), furatiokarba (Promet 400 CS; 20 l/toni) i insekticida pod šifrom 80415-A (2,5 l/toni semena), na procenat iskljalih i napadnutih biljaka, kao i na prinos zrna u žetvi. Procenat iskljalih biljaka bio je povećan u proseku za 13% u tretmanima u odnosu na kontrolu. Najveće povećanje je ostvareno primenom imidakloprida (25%) i furatiokarba (22%).

Najmanji procenat napadnutih biljaka bio je takođe kod ovih insekticida (3,6 i 3,7%). Na kontrolnim parcelama, oštećenost biljaka je bila za tri puta veća i iznosila 12,2%. Prosečno povećanje prinosa zrna u odnosu na kontrolu iznosilo je 35,4%. U našoj zemlji, za sada, nema registrovanih insekticida za suzbijanje ove štetočine.

Nematode (*Nematoda*)

Na poljima pod sojom, u svetu je zabeleženo više desetina nematoda. U bivšem Sovjetskom Savezu, Truskova (1973) je analizirajući rizosferu korena i druge delove ove biljke registrovala 159 vrsta nematoda, a u SAD je pod ovim usevom nađeno preko 100 vrsta ove grupe štetočina (Schmitt i Noel, 1984). U južnim, toplijim krajevima SAD-a, najvažnije štetne vrste su iz roda *Meloidogyne* i *Heterodera glycines*. Zadnja cistolika vrsta je u istočnoj Aziji poznata kao problem još od 1915. godine. Ona se nalazi na listi karantinskih štetočina, kako u našoj, tako i brojnim drugim zemljama, i predstavlja potencijalnu opasnost po ovu gajenu biljku (Krnjajić i Krnjajić, 1987).

U susednoj Mađarskoj, na soji su utvrđeni rodovi *Pratylenchus*, *Rotylenchus* i *Helicotylenchus* (Elekes i Budai, 1979). Ivezić (1980) u istočnoj Hrvatskoj, pored navedenih rodova, beleži i druge. Sa najvećom brojnošću bile su zastupljene fitoparazitne vrste iz roda *Pratylenchus*. Njihova brojnost u jesen se povećava u odnosu na nivo populacija u proleće i tokom leta. Na području Srbije, na poljima pod sojom, Jovičić i sar. (1987) su najčešće nalazili vrste iz roda *Pratylenchus*. Pri tome je takođe konstatovano, u više slučajeva, i primetnije oštećivanje soje. Od drugih rodova sreću se još *Tylenchorhynchus* i *Helicotylenchus*. Polifagne vrste iz roda *Meloidogyne*, naročito vrsta *M. incognita* Chitw. kao štetočina soje (Riggs i Schmitt, 1987) registrovana je takođe i na oranicama naše zemlje (Čamprag i sar., 1996).

I pored utvrđene veoma bogate faune nematoda na poljima pod sojom, ipak je relativno mali broj, negde oko 30, zabeležen kao štetočine ove biljne vrste. One oštećuju soju u većini proizvodnih područja u svetu. Štete na poljima se manifestuju najčešće u vidu oaza biljaka zaostalih u porastu. U SAD prosečno smanjenje prinosa usled napada raznih nematoda iznosi 2% (Le Clerg cit. Dekker, 1972).

Slobodne nematode, vrste iz roda *Pratylenchus*, predstavljaju izrazito migratorne endoparazite i izazivaju pegavost korena. Usled njihovog napada dolazi do nekroze napadnutih delova i nastajanja smeđe pegavosti na površini tkiva. Kod takvih biljaka snabdevanje hranljivim materijama i vodom je otežano, te one zaostaju u porastu i lišće postepeno žuti. Na starijim korenčićima nastaju nekrotični prstenovi, usled čega delovi ispod propadaju, te se formiraju novi korenčići. Kod oštećenih biljaka korenov sistem je smanjen i u njemu se, po pravilu, nalazi mnoštvo nematoda raznih stadijuma razvića. Kroz tako oštećenu površinu korena prodiru razni prouzrokovali biljnih oboljenja, te se na taj način štete povećavaju. U Srbiji su utvrđene dve vrste iz ovog roda i to: *P. crenatus* i *P. neglectus*.

Vrste roda *Meloidogyne* prouzrokuju gale ili cecidije na korenu i pripadaju grupi tzv. cecidogenih nematoda. Veoma su polifagne i napadaju veliki broj gajenih biljaka. Svrstavaju se u grupu endoparazita sa izrazitim polnim dimorfizmom. Mužjaci su sitni (0,8 do 2 mm dugi), bezbojni i crvolikog oblika, dok su ženke kruškolike i veličine od 0,5 do 0,8 mm. Tokom godine daju od nekoliko do više generacija. Pri temperaturi od 25 do 30°C razviće jedne generacije traje 3 do 4 nedelje. Uglavnom su štetočine tropskih i toplijih klimatskih područja (Krnjajić i Krnjajić, 1987).

Intenzivnom ishranom i lučenjem određenih sekreta ovih nematoda, u delovima korena dolazi do razaranja ćelijskih membrana i nastajanja tzv. džinovskih ćelija. Kao posledica toga dolazi do hipertrofije tkiva i formiranja manjih ili većih gala ili cecidija. Veličina gala zavisi od vrste nematoda, intenziteta napada i osetljivosti sorte soje. Simptomi napada ove grupe nematoda manifestuju se u zaostajanju biljaka u porastu i njihovoj hlorozi i venjenju u stresnim uslovima. Biljke osetljivih sorti, pri visokoj brojnosti nematoda se suše i uginjavaju pre sazrevanja i berbe. Gale nastale kao posledica prisustva nematoda razlikuju se od kvržica bakterije *Rhizobium japonicum* prema strukturi i unutrašnjoj boji. Gale vrsta roda *Meloidogyne* čine sastavni deo korena i ne mogu se od njega odvojiti, dok se kvržice bakterije lako odvajaju. Pored toga, unutrašnjost gala je beličasta, a kvržica crvenkaste boje.

Mere suzbijanja

Gajenje otpornih sorti soje predstavlja najbolju meru suzbijanja nematoda. Veći broj sorti otporan je na napad *M. incognita*, a u Brazilu sorta Santa Roza ispoljava otpornost na vrstu *M. javanica* (Kiihl cit. Hinson i Hartwig, 1982). Uočeno je takođe da su sorte otporne na vrste iz roda *Meloidogyne* i *Rotylenchulus reniformis* (Hinson i Hartwig, 1982), rezistentne i na nematode iz roda *Pratylenchus*, koji je kod nas najčešće zastupljen. Šamota i sar. (1988) su u istočnoj Slavoniji ispitivali domaći sortiment 26 linija i sorti soje i ustanovili različitu osetljivost prema izrazito dominantnom rodu *Pratylenchus*.

Pored gajenja otpornih sorti, smanjenju štetnosti nematoda na soji doprinosi korišćenje višepoljnog plodoređa, sa maksimalno mogućim isključenjem napadnutih vrsta gajenih biljaka, i visok nivo agrotehničkih mera, koje obezbeđuju dobre uslove za razvoj useva. Posebno pažnju treba obratiti na kvalitetnu obradu zemljišta, optimalno đubrenje, uništavanje korova i uopšte na negu useva.

ŠTETOČINE NADZEMNIH ORGANA BILJAKA

Siva kukuruzna pipa (*Tanymecus dilaticollis* Boh.)

Ova vrsta se prvenstveno javlja u semiaridnim stepskim i ravničarskim oblastima jugoistočne Evrope i Male Azije (Čamprag, 1977). U našoj zemlji naročito je česta u Vojvodini i istočnim delovima centralne Srbije. Visoke populacije ove štetočine uglavnom se preklapaju sa rejonima gajenja kukuruza na černozeu i livadskoj crnici (Čamprag i Sekulić, 2002). Teška, zbijena i jako vlažna zemljišta izbegava. Kao štetočina soje ova vrsta se navodi u Mađarskoj (Szili, 1979), Rumuniji i Srbiji. Tokom aprila i maja, Tomičin (1964) je u okolini Novog Sada registrovao i jaču pojavu ove pipe na soji. Na nekim poljima oštećenost lisne mase je iznosila 20 do 40%. Prema podacima rumunskih istraživača, 8-10 imaga po m², može prouzrokovati značajne štete na soji (Radulescu i Paulian, 1973).

Odrasli insekti su sive boje, dugi oko 7 mm. Larve su slične po veličini, bele boje, apodne i blago savijene. Kukuruzna pipa tokom godine daje jednu generaciju i prezimljava u stadijumu imaga u zemljištu, najčešće na dubini od 40 do 60 cm. Najveći deo populacije insekata prezimljava na površinama gde se gaji kukuruz i polja pod ovom kulturom predstavljaju glavna žarišta ove štetočine. Pored gajenja kukuruza u monokulturi na velikim prostranstvima, masovnom množenju ove vrste pogoduje toplo i suvo proleće, te umereno vlažno leto.

Glavne štete pričinjava imago, tokom aprila i maja, u periodu dopunske ishrane. Veoma je polifagan i oštećuje veliki broj gajenih i korovskih biljaka. Predstavlja opasnu štetočinu kukuruza, ali, takođe u jačoj meri, oštećuje i druge okopavine (šćernu repu, suncokret i dr.) Biljke su naročito ugrožene u periodu od nicanja do obrazovanja nekoliko listova. Tada insekti oštećuju kotiledone, prve listiće ili pojedu cele biljke.

Velike štete na soji se mogu očekivati, ako se setva ovog useva obavi na parcelama gde je gajen kukuruz, pogotovo u višegodišnjoj monokulturi. Tada se može naći i po nekoliko desetina imaga po m². Ivični delovi polja soje takođe mogu biti oštećivani, naročito oni koji se graniče sa površinama gde je u prethodnim godinama gajen kukuruz.

Slična oštećenja na soji mogu pričiniti i druge vrste surlaša, kao na primer: *Tanymecus palliatus* F. (siva repina pipa), *Psalidium maxillosum* F. (crna repina pipa), *Otiorrhynchus ligustici* L. (lucerkina pipa) i dr. Oštećenja na biljkama nastaju uglavnom u istom periodu kada i od kukuruzne pipe.

Mere suzbijanja

Smanjenju opasnosti od kukuruzne pipe uopšte, pa i na soji, doprinosi izbegavanje gajenja kukuruza u monokulturi. Takođe, kvalitetna obrada i priprema

zemljišta, kao i druge mere nege u početnom periodu razvoja useva, doprinose manjoj štetnosti kukuruzne pipe i drugih vrsta surlaša. Hemijsko suzbijanje ove štetočine se izvodi, ako se utvrdi prisustvo 8 do 10 imaga po m² (Radulescu i Paulian, 1973).

Ova vrsta se u praksi najintenzivnije suzbija folijarnim tretiranjem na šćernoj repi. Za većinu surlaša, pa i za kukuruznu pipu se koriste preparati na bazi fentiona, fenitrotiona, deltametrina, bifentrina, lambda-cihalotrina, cipermetrina ili gotove kombinacije na bazi monokrotofosa i cipermetrina, hlörpirifosa i cipermetrina i dr. Prema iskustvima iz prakse, najbolji rezultati u suzbijanju ove štetočine, postižu se insekticidom fention. Primenom sistemskih insekticida za suzbijanje štetočina u zemljištu (granulata, tečnih oblika ili putem tretiranja semena), sigurno bi doprineli smanjenju populacije ove štetočine.

Male lisne pipe (*Sitona* spp.)

Pripadaju porodici surlaša i poznate su štetočine leguminoznih biljaka. U našoj zemlji najčešće vrste su: *Sitona humeralis* Steph., *S. lineatus* L. i *S. crinitus* Hrbst. i dr. One su u našoj i nekim susednim zemljama registrovane kao štetočine soje, a pored njih i vrsta *S. punctolineatus* Steph. u Mađarskoj (Szili, 1979). Od gajenih biljaka oštećuju lucerku, crvenu detelinu, grašak, grahoricu, pasulj, sočivo, soju i druge leptirnjače.

Odrasli insekti su sivkaste boje, dugi od 3 do 7 mm. Kod nekih vrsta na pokriocima se nalaze slabije ili jače izražene tačkaste pruge. Kao i kod svih surlaša, larve su beličaste, apodne i malo povijene. Tokom godine razvijaju jednu generaciju i prezimljavaju u stadijumu imaga u zemljištu, ili ispod biljnih ostataka. Javljaju se rano u proleće. Intenzivno se hrane, izgrizajući po obodu listova karakteristične polukružne isečke na mladom lišću biljaka. Oplođene ženke pretežno polažu jaja u zemljištu. Period ovipozicije je veoma rastegnuto i može da se produži sve do letnjih meseci. Po piljenju, larve silaze u zemljište i ubušuju se u bakterijalne kvržice sa kojima se dalje hrane. Kada odrastu, napuštaju kvržice i u površinskom sloju zemljišta se pretvaraju u lutke. Odrasli insekti nove generacije se pojavljuju tokom leta, jedno vreme se hrane, a potom odlaze na prezimljavanje.

Štete na biljkama pričinjavaju kako odrasli insekti, tako i larve. Primetna oštećenja od imaga nastaju naročito kada se polja soje graniče sa tek razoranim višegodišnjim leguminozama ili sa poljima gde je gajen grašak. Štetnost imaga je najveća na ivičnim delovima polja soje. Larve, živeći na račun bakterijalnih kvržica, prouzrokuju smanjenje količine azota u korenu i zemljištu, usled čega se biljke sporije razvijaju. Takve biljke su, takođe, podložnije napadu fitopatogenih mikroorganizama. Jedna larva u toku svog razvića može oštetiti više bakterijalnih kvržica. Štetnost sitona je posebno izražena kada je proleće suvo i toplo i u uslovima visoke populacije insekata. Biljke su naročito ugrožene od nicanja do formiranja nekoliko parova listova.

Mere suzbijanja

Sve agrotehničke mere koje pospešuju brži porast biljaka doprinose smanjenju šteta od sitona. Posebnu pažnju treba obratiti na useve koji se graniče sa razoranim površinama višegodišnjih leguminoza (lucerišta i detelišta). Kritičan broj za sitone na soji u Mađarskoj, koja ima slične klimatske uslove kao i severni deo naše zemlje, iznosi 8-15 imaga/m² (Szili, 1979). Ovi insekti su veoma osetljivi na primenjene insekticide. Preparati se mogu primeniti u obliku prašiva i putem prskanja. U našoj zemlji dozvolu za ovu svrhu imaju samo preparati na bazi fenitrotona (na lucerki). I drugi insekticidi koji su namenjeni za suzbijanje štetnih surlaša, ispoljavaju zadovoljavajuće dejstvo na ovu grupu štetočina. Za uništavanje malih lisnih pipa i tripsa u Francuskoj, kao što je pomenuto, primenjuje se tretiranje semena sistemčnim insekticidom furatiokarb.

Lisne vaši (*Aphididae*)

Od lisnih vašiju, na poljima pod sojom u našoj i susednim zemljama, konstatovano je šest vrsta. U Srbiji, Simova-Tošić (1995) je zabeležila tri vrste i to: *Acyrtosiphon pisi* Har., *Aphis craccivora* Koch. i *Aphis fabae* Scop. Mađarski istraživači Ovari i Rakk (1990), pored dve prvo navedene, registrovali su i vrstu *Myzus persicae*. Na osnovu dvogodišnjih rezultata, oni su utvrdili da dominira *A. craccivora* sa 55,6%, zatim sledi *A. pisi* sa 44,2% i na kraju *M. persicae* sa svega 0,2%. U Bugarskoj je Nikolova (2006) zabeležila ukupno pet vrsta, od kojih su nazastupljenije bile *Aphis gossypii* Glov. (59,7%), *A. fabae* (22,1%) i *Acyrtosiphon pisi* (11,6%), dok su *Aphis craccivora* i *Therioaphis maculata* Buckt zajedno činile 6,6% od populacije lisnih vašiju.

Lisne vaši pripadaju sitnim insektima. One su svetlozelene do skoro crne boje i stalno se u većem ili manjem broju nalaze na biljkama. Uopšte, lisne vaši na zeljastim biljkama su naročito brojne u drugoj polovini proleća do sredine leta, posle čega dolazi do opadanja njihove gustine, kako usled nepovoljnih klimatskih faktora, tako i zbog većeg prisustva prirodnih neprijatelja. Na soji su naročito brojne od sredine juna, a maksimum brojnosti se ostvaruje krajem juna i u prvoj dekadi jula (Ovari i Rakk, 1990). Hrane se isisavajući sokove iz svih nadzemnih biljnih delova (list, stabljika, cvet i mahuna). Usled ishrane dolazi do uvijanja i deformacija lišća, sušenja i prevremenog opadanja cvetova, a obrazovano seme ostaje sitnije i umanjene klijavosti. Na mestima uboda nastaju hlorotične pege i čitave biljke zaostaju u porastu.

Vaši na biljkama formiraju manje ili veće kolonije. Pored direktnih šteta, vaši su značajne i kao vektori prouzrokovala biljnih oboljenja, naročito virusa. U vektore virusa mozaika soje u Francuskoj, pored pomenutih vrsta, ubrajaju se još *Aphis gossypii* i *Rhopalosiphum maydis* (Dalbello-Polese i sar., 1990).

Acyrtosiphon pisi Har. – Zelena graškova ili lucerkina vaš pripada najkrupnijim vrstama vaši. Beskrilne individue su od 3 do 5 mm duge, zelene boje. Iz položenih zimskih jaja na višegodišnjim leguminozama, u proleće se, krajem aprila ili početkom

maja, javljaju osnivačice, koje obrazuju kolonije beskrilnih vaši. Tokom vegetacije javljaju se krilate, partenogenetske ženke, koje migriraju na razne zeljaste biljke, šireći dalje napad. U jesen ponovo nastaju polne individue, međusobno se pare i ženke polažu jaja na svojim zimskim domaćinima. Tokom godine može dati od 4 do 10 generacija.

Veoma je polifagna, napada crvenu detelinu, lucerku, pasulj, grašak, soju, grahoricu i druge biljne vrste. Na soji se javlja već na biljkama sa nekoliko listova, a od sredine juna često biva masovna (Szili, 1979). Pripada najznačajnijim vektorima virusa mozaika soje (Tošić, 1995).

Aphis craccivora Koch. – Crna lucerkina vaš je veličine od 1,4 do 2,1 mm. Beskrilne ženke imaju tamnosivu boju, koja skoro prelazi u crnu. Larve su još tamnije, skoro crne. U toku godine razvija oko 10 generacija i prezimljava u stadijumu jajeta na višegodišnjim leguminozama, kao i prethodna vrsta. U blažim zimama može prezimeti partenogenetska ženka. U proleće se prve kolonije ove štetočine javljaju u aprilu, a migracije počinju već u maju. Kolonije formira na naličju listova i vršnim, najmlađim delovima biljaka. Sreće se na velikom broju biljaka, prvenstveno leguminozama. Veoma je česta na lucerki. Na soji se može javiti na mladim biljkama, sa samo 2 do 3 lista, koje tada, usled napada vaši, često zaostaju u porastu. Takođe, ova vrsta značajna je i kao vektor virusa.

Aphis fabae Scop. – Crna repina (bobova) vaš je veličine od 1,8 do 2,5 mm. Telo je ovalnog oblika, prekriveno slabim voštanim prahom. Beskrilne ženke su mutnocrne ili zelenkastocrne, dok su larve tamnozeleno boje. Larve u toku svog razvića prolaze kroz četiri uzrasta. Crna repina vaš prezimljava u stadijumu zimskog jajeta na drvenastim biljkama, najčešće na kuriki (*Evonymus europaeus*). U proleće, na primarnim domaćinima razvija 2 do 4 generacije osnivačica. Prvi letovi krilatih, partenogenetskih ženki, sa zimskih na letnje domaćine (razne zeljaste biljke), počinju oko sredine aprila, a naročito su intenzivni sredinom maja. Masovno se na letnjim domaćinima sreće maja-juna. Intenzivnom množenju štetočine doprinose temperature od 20 do 25°C i visoka relativna vlažnost vazduha. Tokom godine može ukupno razviti od 13 do 18 generacija. Krajem leta i početkom jeseni ponovo se javljaju krilate forme, migriraju na primarne domaćine gde daju polno potomstvo, nakon čega oplodene ženke polažu jaja koja će prezimeti.

Pripada polifagnim štetočinama. Oštećuje oko 165 biljnih vrsta, gajenih i korovskih. Najčešće se javlja na šećernoj i stočnoj repi, suncokretu, maku, grahorici i drugim biljnim vrstama. Značajna je kao prenosilac virusa.

Myzus persicae Sulz. – Zelena breskvina vaš je žutozelene boje, veličine do 2,5 mm. Ima uglavnom potpun ciklus razvića i prezimljava u stadijumu zimskog jajeta, pretežno na breskvama. Tokom godine može dati do 16 generacija. Od sredine maja krilate partenogenetske ženke preleću na letnje domaćine. Intenzivno razmnožavanje na zeljastim biljkama se obavlja u drugoj polovini proleća i početkom leta.

Široko je rasprostranjena u svetu i veoma je polifagna. Naseljava preko 400 biljnih vrsta i veoma je značajna kao vektor virusnih oboljenja. Heinze (1983) navodi da ova vrsta prenosi blizu 200 virusa. U poređenju sa crnom repinom vaši, ova vrsta je desetostruko značajnija kao vektor virusa, što se objašnjava njenom većom pokretljivošću (Dixon, 1976). Takođe spada u važnije prenosiocice virusa mozaika soje (Simova-Tošić, 1995). Kao štetočina ove biljne vrste utvrđena je u Mađarskoj (Ovari i Rakk, 1990), a zabeležena je i u Srbiji (Čamprag i sar., 1996).

Lisne vaši imaju brojne prirodne neprijatelje. Na usevima soje, Simova-Tošić (1995) je, kao najbrojnije u Srbiji utvrdila sedmotačkastu bubamaru (*Coccinella septempunctata* L.), potom larve osolikih muva (*Syrphidae*), zlatooke (*Chrysopa carnea* Steph.) i predatorske cecidomide (*Aphidoletes aphidimyza* Rond.). Njihova uloga kao predatora može biti veoma značajna, te se o njima, kao korisnim insektima, mora voditi računa, pre donošenja odluke o hemijskom suzbijanju vaši.

Mere suzbijanja

Blagovremeno zaoravanje žetvenih ostataka, dublja obrada zemljišta nakon gajenja strnih žita i jednogodišnjih leguminoza koje rano dospevaju, doprinose stvaranju nepovoljnih uslova za održavanje i dalje razmnožavanje lisnih vašiju.

Za hemijsko suzbijanje ove grupe štetočina i uopšte vrsta iz reda *Homoptera*, u našoj zemlji registrovan je veći broj insekticida (Savčić-Petrić i Sekulić, 2007). Prema iskustvima o suzbijanju vašiju na šećernoj repi, najbolji rezultati se postižu primenom preparata na bazi dimetoata, fenitrotiona, deltametrina, bifentrina, pirimifos-metila i pirimikarba. Poslednji insekticid je ekološki selektivan prema brojnim prirodnim neprijateljima vašiju (*Coccinellidae* i dr.), te bi, sa aspekta integralne zaštite bilja, njegovu primenu trebalo što više upražnjavati.

Za rani napad lisnih vaši i drugih štetočina na soji, u Mađarskoj se preporučuje primena karbofurana, kao insekticida namenjenog, prvenstveno, za suzbijanje štetočina u zemljištu (larve fam. *Elateridae*, *Scarabaeidae* i dr.). U ovom slučaju se računa na njegov sistemčan efekat.

Tripsi (*Thysanoptera*)

Fauna tripsa, kao i njihova štetnost na soji, u našim uslovima nije dovoljno proučena. U Ukrajini, na poljima ove industrijske biljke je ustanovljeno čak 47 vrsta, od toga 37 fitofaga i 10 predatora. Do sada je, u Srbiji i susednim zemljama, registrovano 6 fitofagnih vrsta kao štetočina ove kulture. Sve one pripadaju familiji *Thripidae*. Simova-Tošić (1995) je u našoj republici utvrdila tri vrste i to: *Kakothrips robustus* **Uz**, *Frankliniella intonsa* **Tryb.**, i *Aeolothrips fasciatus* **L.** Prve dve pripadaju fitofagnim vrstama, a treća je poznata kao predator vaši, grinja i drugih sitnih organizama. U području Vojvodine, na usevu soje su konstatovane četiri vrste i jedan rod ove grupe

insekata, a kao dominantna, sa učešćem 53,5%, bila je vrsta *Thrips tabaci* **L.** (Đurkić i sar., cit. Čamprag i sar., 1996). Proučavajući faunu tripsa na soji u Mađarskoj, Ovari i Rakk (1990) su ustanovili četiri vrste, od kojih dve fitofagne *T. tabaci* i *Frankliniella intonsa*. Pri tome, dominirao je duvanov trips, sa učešćem od 86% od svih sabranih jedinki. Ova vrsta se nalazi na listi važnijih štetočina soje u svim glavnim područjima njenog gajenja u svetu (Čamprag i sar., 1996).

Tripsi pripadaju sitnim insektima, veličine od 0,5 do 2 mm. Poseduju dva para opnastih, uzanih krila, koja su po obodu obrasla resicama, pa se često nazivaju i resičari. Često se sreću na usevima soje. Prisutni su tokom čitave vegetacije, a najbrojniji su tokom jula i avgusta. Suvo i toplo vreme i duži sušni periodi pogoduju njihovom razmnožavanju i razviću. Sreću se naročito na najmlađim biljnim delovima (lisni i cvetni pupoljci, cvet i dr.). Štete na biljkama pričinjavaju imaga i larve isisavajući biljne sokove. Vektori su i raznih virusnih oboljenja.

Thrips tabaci **L.** – Duvanov trips je veličine od 0,8 do 1 mm, svetložute do mrke boje. Larve su uvek svetlije obojene. Ova vrsta rasprostranjena je u čitavom svetu i tokom godine daje više generacija. Na gajenim biljkama se javlja već početkom aprila. Prisutan je tokom čitave vegetacije i njegova brojnost se naročito uvećava tokom letnjih meseci. Veoma je polifagna vrsta i sreće se na preko 100 gajenih i korovskih biljaka. Velike štete pričinjava na duvanu, luku, pamuku i drugim biljnim vrstama. Anđus (1996) je nalazila duvanovog tripsa kao najčešću vrstu na suncokretu.

Kao štetočina soje, ova vrsta je utvrđena u Srbiji, Mađarskoj i više drugih zemalja. U većini slučajeva zabeležena je kao dominantna vrsta u strukturi naselja tripsova ove kulture. Na soji se sreće od početka ili sredinom juna, pa sve do sredine septembra. Najveća brojnost se ostvaruje tokom jula i u prvoj polovini avgusta. Najčešće se sreće na listovima soje različite starosti, naročito u vreme intenzivnog porasta biljaka. Zapaženo je, takođe, da se najveća gustina populacije ove vrste poklapa sa cvetanjem soje.

Kakothrips robustus **Uz.** – Imago graškovog tripsa je veličine od 1,4 do 1,8 mm i tamnomrke skoro crne boje. Tokom godine daje 1 do 2 generacije i prezimljava u stadijumu larve u površinskom sloju zemljišta ili na drugim skrovitim mestima. Odrasli insekti se pojavljuju u proleće i tada se najčešće nalaze na pupoljcima raznih leguminoznih biljaka kojima se hrane, isisavajući biljne sokove. Ženke polažu jaja u biljno tkivo, a iz njih se posle oko nedelju dana pojavljuju larve.

Ova vrsta prvenstveno naseljava mahunjače. Kako larve, tako i odrasli insekti sišu sokove na listu, cvetu i mahuni. U uslovima visoke populacije ove vrste, cvetovi se suše, a mahune poprimaju srebrnasti izgled, slično kao i kod mahuna graška. Značajne štete mogu nastati na grašku, grahorici, detelini, lucerki, soji, pasulju i drugim biljnim vrstama. Graškov trips je konstatovan kao štetočina soje u Srbiji (Simova-Tošić, 1995), a češće je nalažen kao štetočina ove kulture i u Mađarskoj (Szili, 1979).

Frankliniella intonsa **Tryb.** – Ova vrsta slična je po dužini tela duvanovom trip-su. Ženke su duge 0,8 – 1 mm, tamnomrke boje. Tokom godine razvija nekoliko generacija i prezimljava kao ženka ispod biljnih ostataka. Veoma je polifagna. U srednjoj Evropi oštećuje oko 150 biljaka, gajenih i korovskih. Jenser (1988) u Mađarskoj navodi da je ovo česta vrsta na cvetovima gajenih mahunjača.

Na usevima soje registrovana je u Srbiji (Simova-Tošić i sar., 1988), a zabeležena je takođe i u Mađarskoj (Szili, 1979). Pojavljuje se u početku cvetanja soje. Pored cve-tova, u Kini na Tajvanu, oštećuje i lišće ove biljne vrste.

Mere suzbijanja

Prema iskustvima, za hemijsko suzbijanje masovne pojave duvanovog i drugih vrsta tripsova na raznim kulturama može se koristiti više insekticida. U našoj zemlji, za folijarna tretiranja, zvaničnu dozvolu za ovu grupu štetočina (na duvanu) imaju preparati na bazi deltametrina, dimetoata, malationa, acetamiprida, metomila, pirimifos-metila i imidakloprida (Savčić-Petrić i Sekulić, 2007). U Francuskoj se izvodi tretiranje semena soje sistemskim insekticidima, između ostalog i u cilju smanjenja brojnosti populacije tripsova. Za ovu svrhu se koristi furatiokarb (Promet CS-400) u dozi 0,02 mg a.s. na kilogram semena (Cluzeau, 1994). Ova mera je posebno korisna, jer se smanjuje brojnost i drugih štetočina, pre svega štetočina korena u zemljištu, ali i brojnih drugih vrsta koje se javljaju u početku vegetacije.

Stenice (*Heteroptera*)

Faunu stenica na soji, u Srbiji i susednim zemljama, čine do sada 34 registrovane fitofagne vrste (Čamprag i sar., 1996). Pri tome, najviše su zastupljeni predstavnici iz familija *Miridae* i *Pentatomidae*. Sve vrste nisu podjednako štetne na usevu soje, a neke se nalaze samo na korovskim biljkama u ovom usevu. U području Vojvodine, na osnovu višegodišnjih proučavanja, Kereši (1992; 1993; 2000; 2001) je konstatovala 35 vrsta. Od tog broja, 27 je bilo fitofagnih (mada su neke od njih indiferentne za soju), 6 zoofagnih i 2 sa mešanim režimom ishrane. Od fitofagnih vrsta, dominirale su vrste *Exolygus rugulipennis* **Popp.**, *E. pratensis* **L.**, lucerkina stenica (*Adelphocoris lineolatus* **Goeze**) i *Trigonotylus ruficornis* **Geoffr.**, a od zoofagnih *Nabis feroides* **Rem.** Szili (1979) u Mađarskoj navodi da stenice naseljavaju polja pod sojom krajem maja i da je opšta pojava prisustvo vrsta iz rodova *Lygus*, *Exolygus*, *Capsodes*, te vrste *Adelphocoris lineolatus*. Ukupno je utvrđeno 17 vrsta. Nikolova (2006) je u Bugarskoj na soji registrovala 41 vrstu stenica, među kojima su najbrojnije bile fitofagne vrste *L. rugulipennis* (16,7%), *Polymerus cognatus* **Fieber** (15,9%), *A. lineolatus* (11,8%) i *Piezodorus lituratus* **Fabr.** (5,4%). Kao značajne štetočine soje, u svetu se još spominju *Nezara viridula*, *Dolycoris baccarum*, *Lygus pratensis* i dr. (Turnipseed i Kogan, 1987; Colazza i Bin, 1990). Prvo navedena vrsta je naročito brojna u tropskim predelima, dok druge dve povremeno mogu biti značajne i u našoj zemlji.

Telo stenica je manje ili više spljošteno, a prvi par krila je delimično hitiniziran. Veličine su različite, najčešće do 10 mm. Poseduju usni aparat za bodenje i sisanje. Hrane se sisanjem biljnih sokova, a mnoge vrste su i zoofagne. Među predatorima raznih štetnih insekata i drugih životinjskih organizama naročito se ističu vrste iz familije *Anthocoridae* i *Nabidae*. Pored fitofagnih, one su takođe često veoma brojne u agrobiocenozama (čineći i do 47% od svih stenica na soji kod nas).

Fitofagne vrste stenica su veoma polifagne. Hrane se velikim brojem gajenih i korovskih biljaka. Napadaju sve nadzemne biljne delove, a naročito oštećuju lisne i cvetne pupoljke, cvet, mahunu i zrno soje. Usled bodenja i sisanja, na mahunama i semenu soje, dolazi do pojave skoro neprimetnih tačkica, sa manjim gubljenjem boje, do potpuno smežuranih, osušenih zrna. Intenzitet oštećivanja zavisi od stepena razvoja semena i brojnosti stenica. Značajne štete u smanjivanju prinosa i kvaliteta semena nastaju pri oštećivanju u mlađim reproduktivnim fenofazama soje (RG). Sa porastom intenziteta napada povećava se procenat šturog semena, smanjuje njegova veličina, umanjuje se klijavost i energija klijavosti, sadržaj ulja i sposobnost uskladištenja (Daugherty i sar., Todd i sar., Thomas i sar., cit. Kereši, 1992). U našoj zemlji, na usevima soje dominiraju vrste iz roda *Lygus* (*Exolygus*). One su brojne naročito posle migracije sa dozrelih drugih useva ili posle kosidbe višegodišnjih leguminoza. Vrste ovog roda oštećuju naročito pupoljke i cvetove soje, te nastaje značajno smanjivanje broja mahuna po nodusu i broja semena u mahuni. I pored iznetih podataka, štetnost stenica na soji i njihov efekat na prinos nisu još dovoljno proučeni. U budućnosti, s obzirom na povećanje površina pod sojom u našoj zemlji, može se očekivati još intenzivnije adaptiranje ove grupe insekata na ovu biljnu vrstu, pa prema tome i rast njihovog značaja kao štetočina.

Exolygus rugulipennis **Popp.** – Odrasli insekti su bledozelene, sive do mrke boje, veličine 5 do 6 mm. Dužina larvi se kreće od 1,2 do 4,4 mm (Slika 14.3). One su žućkastozelene, beskrilne i ovalne. Ova stenica se ubraja u najčešće i najštetnije iz roda *Exolygus*, na biljkama u Evropi (Čamprag i sar., 1996). U toku godine daje 2 do 3 generacije i prezimljava u stadijumu imaga na poljima ili neobrađivanim terenima ispod biljnih ostataka. Izraziti je polifag. Oštećuje oko 100 gajenih i korovskih biljaka. Napada sve nadzemne biljne delove, naročito cvetove i seme. Masovno se javlja na strnim žitima, leguminozama, suncokretu, šećernoj repi i drugim gajenim biljkama. Takođe je česta na poljima pod sojom u Vojvodini. Registrovana je kao štetočina ove kulture u Rumuniji (Reyes, 1988), Bugarskoj, Turskoj i drugim zemljama. Masovnoj pojavi ove, kao i drugih stenica, pogoduje suvo i toplo vreme.

Prezimela imaga napuštaju zimska staništa kada srednje dnevna temperatura dostigne 10 do 16°C. Veoma su aktivni u traženju sveže sočne hrane i samo u toku nekoliko dana mogu preleteti 1 do 2 km i više. U početku, oštećuju korovske biljke oko parcela i na drugim neobrađenim staništima, a kada one ogrube i postanu nepodesne za ishranu, sele se masovno i na gajene biljke. Na polja pod sojom migriraju imaga prve generacije, a razviće druge se obavlja na ovom usevu. Prvi maksimum imaga se ostvaruje krajem juna i početkom jula, a drugi tokom avgusta. Maksimalna brojnost larvi druge generacije je početkom avgusta (Kereši, 1992).

Slika 14.3

Lygus spp. (foto: T. Kereši)



Exolygus pratensis L. – Ova vrsta, poznata pod imenom šarena stenica, takođe spada u grupu čestih u Evropi. Prisutna je i u našoj zemlji. Odrasli insekti su izduženog i ovalnog tela, veličine 6 do 7 mm. Boje su različite, od svetložute, zelenkaste do tamnosmeđe, sa crvenkastim pegama. Ciklus razvika i sezonska aktivnost i štetnost je slična kao i kod prethodne vrste. Polifagna je i sreće se na brojnim gajenim i korovskim biljkama. Registrovana je kao štetočina soje u severnoj Bosni (Vaclav i sar., 1970), Mađarskoj (Szili, 1979), Rumuniji (Reyes, 1988), Srbiji (Kereši, 2001) i drugim zemljama.

Adelphocoris lineolatus Goeze. – Lucerkina stenica se najviše sreće na višegodišnjim leguminozama. Tokom godine razvija dve generacije i prezimljava u stadijumu jajeta. Polifagna je i može oštećivati preko 140 biljnih vrsta. Niska brojnost ove štetočine na soji registrovana je u severnoj Bosni (Vaclav i sar., 1970) i Mađarskoj (Szili, 1979). Na poljima pod ovim usevom u Srbiji (Kereši, 2001) i Bugarskoj (Nikolova, 2006) spada u brojnije stenice. Prema poslednjem autoru, štete prouzrokovane na soji od *A. lineolatus* se ogledaju u smanjenju broja mahuna po biljci, smanjenju težine 1000 zrna i biološkog prinosa za 3,9 do 45,2%. Step en oštećenih zrna od stenica je najveći u gornjem spratu biljaka. Ukupan sadržaj fenola opada u oštećenim zrnima i ona imaju nižu aktivnost inhibitora tripsina, dok je sadržaj sirovih proteina, ukupnih proteina i sirovih vlakana veći.

Dolycoris baccarum L. – Odrasli insekti su smeđe boje, sa šarenim pipcima i ivicama trbuha. Veličine su oko 12 mm. Tokom godine, ova stenica daje dve generacije i prezimljava u stadijumu imaga na raznim skrovitim mestima. Pripada polifagnim štetočinama i prvenstveno oštećuje generativne organe biljaka. U proleće se

u velikom broju najviše nalazi prvo na korovima, a potom preleće na gajene biljke. Pominje se kao značajna štetočina suncokreta, a često se javlja na lucerki i drugim leguminoznim biljkama. Na soji je konstatovana u više zemalja i takođe u našoj zemlji (Simova-Tošić i sar., 1988, 1995; Kereši, 1993, 2001).

Nezara viridula L. – Zelena stenica je veoma brojna u tropskim i suptropskim rejonima. Oštećuje mnoge gajene biljke, a kao značajna štetočina soje je poznata u južnim državama SAD, Brazilu, Kubi, Japanu, Indiji i Turskoj. Česta je takođe kao štetočina soje u Francuskoj i Italiji. U veoma niskoj brojnosti nalažena je i u našoj zemlji (Simova-Tošić, 1995). Sreće se u letnjim mesecima zajedno sa prethodnom vrstom.

Mere suzbijanja

Smanjenju brojnosti stenica doprinosi uništavanje korova, kako na poljima, tako i oko samih parcela i drugim staništima. One se na njima prvenstveno održavaju, a potom se sele i na gajene biljke. Takođe, dubljom obradom zemljišta, uništavaju se jedinke koje prezimljavaju ispod biljnih ostataka na poljima posle soje i drugih useva.

Prema mađarskim podacima (Szili, 1979), potreba za hemijskim suzbijanjem stenica na soji postoji ako se u 10 zamaha kečerom ustanovi prisustvo 15 do 20 jedinki iz roda *Exolygus* ili 8 do 10 jedinki lucerkine ili drugih stenica. Obrazovanjem mahuna do punog sazrevanja semena, opasnost od stenica biva veća. Tada je kritičan broj 10 do 15 jedinki za rod *Exolygus* ili 4 do 6 individua za lucerkinu i druge stenice. Prema rezultatima bugarske autorke Nikolove (2006), u usevu soje, štete od *A. lineolatus* nastaju pri kritičnoj brojnosti od 3-4 stenice/m².

Za hemijsko suzbijanje vrste *Nezara viridula* u Francuskoj je preporučivana primena preparata Karate u količini 0,15 l/ha (Dalbello-Polese i sar., 1990). Kod nas nema registrovanih insekticida na soji za suzbijanje stenica, ali prema iskustvima o njihovom suzbijanju na strnim žitima i nekim povrtarskim kulturama, za ovu grupu štetočina bi se mogli primeniti preparati na bazi deltametrina, fenitrotiona, fentiona, hlporpirifosa, malationa, pirimifos-metila i trihlorfona.

Sovice (*Noctuidae*)

Leptiri sovica pripadaju insektima koji su aktivni tokom noći. Lete na izvore svetla. Srednjih su veličina i neupadljivo obojeni. Na prvom paru krila imaju karakteristične crteže, tzv. „sovičine pege”, koje služe za raspoznavanje vrsta. Postoji vrlo veliki broj vrsta, a samo manji broj je ekonomski značajan. Veoma su polifagne, oštećujući praktično sve delove biljaka raznih gajenih i korovskih biljaka.

Podgrizajuće sovice. – Najpoznatije su tri vrste i to: *Scotia segetum* Schiff. (ozima sovica), *S. ypsilon* Huf. (sovica ipsilon) i *Euxoa temera* Hb. (prolećna sovica).

Široko su rasprostranjene u svetu i povremeno se masovno javljaju. Spadaju u vrlo opasne neprijatelje raznih okopavina. Leptiri poseduju mrkosiva do tamnosiva prednja krila, sa manje-više izraženim šarama, dok je drugi par krila jednobojan i svetliji. Odrasle gusenice dostižu dužinu do 45 mm. One su zemljastosive boje i nešto svetlije sa trbušne strane. Nalaze se u površinskom sloju zemljišta oko biljki hraniteljki. Sve pomenute vrste zabeležene su kao štetočine soje u našoj i drugim zemljama.

Gusenice u početku razvića oštećuju donje listove biljaka, praveći kružne perforacije, uglavnom nepravilnog oblika. Međutim, razvijenije gusenice nanose štetu podgrizanjem biljaka u zoni korenovog vrata i podzemnog dela stabljike. Oštećene biljke zaostaju u porastu, venu, suše se i propadaju. Usled napada ovih štetočina usevi ostaju proređeni, javljaju se manje ili veće prazne oaze ili dolazi do potpunog uništavanja biljaka na parceli. U proleće, prvo se javljaju gusenice prolećne, potom sovice ipsilon i ozime sovice.

Mere suzbijanja

Rana setva, međuredna obrada zemljišta, uništavanje korova i druge agrotehničke mere mogu značajno uticati na smanjenje šteta od podgrizajućih sovice. Hemijsko suzbijanje se na okopavinama može izvoditi preparatima na bazi alfa-cipermetrina, cipermetrina, deltametrina, lambda-cihalotrina, metidationa i dr. Prilikom tretiranja treba koristiti veću količinu tečnosti po hektaru, najmanje 300 do 400 l.

Lisne sovice. – Do sada je, u našoj i drugim zemljama u svetu, konstatovano više vrsta lisnih sovice na soji. Mahom su veoma polifagne i pripadaju higrofilnim vrstama. Među najznačajnije, koje mogu pričiniti primetne štete na ovoj biljci, spadaju: *Autographa gamma* **L.** (sovica gama), *Helicoverpa armigera* **Hbn.** (pamukova sovice), *Heliothis maritima* **Grash.** (kokotčeva sovice), *H. virescens* **Huf.** (lucerkina sovice), vrste iz roda *Mamestra* **Hd.**

Autographa gamma **L.** - Leptiri ove vrste na sredini prvog para krila imaju karakterističnu pegu u obliku grčkog slova gama, po čemu su i dobili ime. Drugi par krila je sivkastožut i jednobojan. Gusenice su zelenkaste i kada odrastu dostižu dužinu preko 30 mm. Imaju samo 3 para lažnih trbušnih nogu i karakteristično se kreću, kao gusenice "grbe" (Slika 14.4).

Sovica gama se povremeno masovno javlja i njene gradacije obično traju 1 do 2 godine. Periodi niske brojnosti (nalaze se samo pojedinačni primerci) traju od nekoliko, pa do više godina. Ovo je tipično migratorna vrsta i gusenice koje se sreću na gajenim biljkama, čine u najvećoj meri potomstvo leptira koji su migrirali iz šireg područja Mediterana. Prvenstveno napada vlažnija staništa i tokom godine razvija 2 do 3 generacije. U zimu mogu ući svi stadijumi razvića. U rejonu Vojvodine najveća brojnost gusenica je krajem proleća i početkom leta. One oštećuju lisnu masu biljaka, a pri većoj gustini mogu izazvati i golobrst. Takođe mogu oštećivati stabljiku i generativne organe. Najveće štete nastaju od gusenica poslednjih uzrasta. Mogu se hraniti sa oko 390 biljnih vrsta, ali najčešće napadaju šećernu repu, duvan, lucerku, detelinu, grašak, krompir i dr. Češće se sreće na usevima koji su zakorovljeni.

Slika 14.4

Gusenica sovice-gama i oštećenja na listovima soje (foto: T. Kereši)



Kao štetočina soje zabeležena je u većem broju zemalja. Na severnom Kavkazu, povremeno nanosi znatne štete ovoj biljnoj vrsti. Tokom 1961. godine, Milatović i Maceljski (1962) registrovali su štete od gusenica na sortnim ogledima soje u više lokaliteta u Hrvatskoj, severnoj Bosni i Srbiji. Najjači napadi primećeni su u Čupriji, Bijeljini, Vinkovcima i Belom Manastiru. U području severnog Banata, takođe je pričinila velike štete na ovoj biljnoj vrsti (Petrik, 1966). U okolini Požarevca, Simova-Tošić (1995) je krajem jula 1987. godine na jednom polju konstatovala veća oštećenja, pri gustini od 15 gusenica na 100 biljaka.

Helicoverpa armigera **Hbn.** – Leptiri pamukove sovice u rasponu krila mere oko 40 mm. Njihova boja varira od prljavožute ili maslinastosive do mrke. Zadnji par krila je uvek svetlije obojen. "Sovićine pege" na prednjem paru krila nisu jako izražene. Gusenice narastu do 40 mm. Njihova boja takođe jako varira, između skoro crne, smeđe, zelene do bleožute ili ružičaste (Slika 14.5). Na leđnoj strani gusenica uočljive su mnogobrojne uske, talasaste pruge različitih boja (često crne), a sa strane tela široka svetla linija. Stigme su crne boje, a trbušna strana tela je žuta. Veoma je rasprostranjena u svetu, prvenstveno u tropskim i suptropskim predelima. Takođe se sreće u južnim, toplijim područjima Evrope. Poslednjih godina, zahvaljujući povećanju temperatura tokom vegetacije, ova vrsta se masovno razmnožava u našoj i susednim zemljama.

Slika 14.5

Varijabilnost u boji gusenica pamukove sovice (foto: R. Sekulić)



U toku godine daje 2 do 3 generacije i prezimljava u zemljištu u stadijumu gusenice ili lutke. Tokom vegetacije leptiri lete od sredine maja do sredine oktobra. Brojniji su u maju-junu i u avgustu-septembru. Oplođene ženke polažu oko 500-1000 jaja, prvenstveno na generativne organe biljaka. Gusenice su veoma polifagne. Za ishranu najradije koriste pamuk, duvan, kukuruz, paradajz, papriku, lucerku i druge biljne vrste. Mogu oštećivati sve nadzemne delove biljaka, naročito generativne organe. Mlađe gusenice kod duvana mogu prouzrokovati golobrst. Na masovno razmnožavanje i razviće ove vrste, povoljno deluju više temperature i padavine s proleća, kao i visoke temperature tokom leta. Optimalna temperatura iznosi od 22 do 28°C.

Na soji je pamukova sovica kao štetočina utvrđena u Bugarskoj, Rusiji, Rumuniji i drugim zemljama. U našoj zemlji, o pojavi ove štetočine na soji u okolini Niša, saopštava Simova-Tošić (1995). Od 1993. godine do danas, pamukova sovica postaje sve značajnija štetočina kod nas. Tokom ekstremno toplog i sušnog proleća i leta 2003. godine, došlo je do njene masovne pojave i prenamnožavanja na čitavom području Vojvodine, mada je najbrojnija bila u severnom Banatu i Bačkoj, te na terenima koji gravitiraju reci Tisi. Prema dinamici leta leptira, imala je najmanje tri generacije. Prva se razvijala krajem maja i tokom juna, druga tokom jula, a treća tokom avgusta i početkom septembra. Značajne štete su utvrđene na kukuruzu, suncokretu, soji, duvanu, paprici, paradajzu, boraniji i drugim gajenim biljkama. Na soji su prva oštećenja lisne mase registrovana juna meseca (Slika 14.6), ali nisu znatnije uticala na dalji razvoj biljaka. Prema podacima sa Novog Zelanda, gubitak lisne mase soje i do 30% ne utiče značajnije na smanjenje prinosa, pa je tek iznad toga potrebno izvoditi hemijska tretiranja u cilju suzbijanja ove i sličnih štetočina. Po pojavi mahuna, gusenice na njima izgrizaju manje-više kružne otvore, upravo na mestima gde su začeci ili već formirana zrna. U ocenama koje su izvedene u trećoj dekadi jula 2003.g., u širem rejonu Bečeja, oštećenost mahuna se kretala od 17,1 do 56,3% ili u proseku 42,4%. Oštećenost mahuna u avgustu (mesec dana kasnije), na postrnim usevima je

iznosila od 78,8 do 94,2%, ili u proseku 85,3%. Na mahunama se nalazilo od jednog do četiri otvora (Slika 14.7), što znači da je toliko zrna bilo uništeno (Sekulić i sar., 2004). U narednom periodu, može se očekivati značajnija pojava pamukove sovice na raznim gajenim biljkama, pa i na soji, ukoliko se ostvare prognoze o globalnom povećanju temperature vazduha (za 1°C do 2025. godine), uz češću pojavu suše (Čamprag i sar., 2004).

Slika 14.6

Oštećenja na listovima soje od pamukove sovice (foto: R. Sekulić)



Heliothis maritima **Grash.** – Kokotčeva sovica je, kao štetočina soje, utvrđena u Mađarskoj, Bugarskoj i našoj zemlji (Szili, 1979; Simova-Tošić, 1995; Đurkić, neobjavljeni podaci). Masovnija pojava gusenica na soji je utvrđena u Mađarskoj, a kod nas je Simova-Tošić u okolini Čuprije nalazila pojedinačne primerke bez ekonomski značajnih oštećenja.

Leptiri ove vrste su žutosmeđi, u rasponu krila dostižu 30 do 40 mm. Na prednjim krilima tamnije pruge obrazuju crtež sličan latiničnom slovu "V". Odrasle gusenice su 45 do 50 mm duge i žuto do tamnozeleno boje. Tokom godine kokotčeva sovica daje dve generacije i uglavnom prezimljava kao lutka u zemljištu. Leptiri se sreću od maja do septembra. Gusenice su prisutne od sredine juna do kraja vegetacije. One su polifagne i oštećuju prvenstveno kokotac, lucerku, kukuruz, suncokret, grahoricu, pasulj i druge kulture. Hrane se lisnom masom i mogu izazvati golobrst. Gusenice druge generacije, pored lišća, oštećuju cvetne pupoljke i mlade mahune leguminoznih biljaka, pa i soje.

Otvori na mahunama soje od pamukove sovice (foto: R. Sekulić)

Heliothis virescens **Huf.**- Lucerkina sovica se takođe ishranjuje većim brojem biljaka. U biljke hraniteljke, pored lucerke, ubrajaju se još: soja, grahorica, detelina, duvan, suncokret, kukuruz, pamuk i druge vrste. Registrovana je kao štetočina soje u Bugarskoj, Ukrajini, Rusiji, Mađarskoj, te našoj i drugim zemljama. Na severnom Kavkazu, u leto 1928. godine, druga generacija ove vrste u nekim lokalitetima oštetila je i do 70% lišća soje. U našoj zemlji, 1994. godine, na poljoprivrednom kombinatu u Bečeju zapažena je jača pojava ove štetočine na soji u postrnoj setvi. Radi sprečavanja šteta, 16 ha useva je hemijski tretirano. Kao štetočinu soje ovu vrstu takođe navodi Simova-Tošić (1988).

Mamestra spp.- Ovaj rod je zastupljen sa većim brojem vrsta u našoj entomo-fauni. Po učestalosti pojave i štetama koje pričinjava na gajenim biljkama, najzastupljenije su dve vrste i to: *Mamestra brassicae* **L.** (kampusna sovica) i *M. oleracea* **L.** (povrtna sovica). Kao štetočine soje navode se u Mađarskoj, Rumuniji, Bosni, Hrvatskoj, našoj i drugim zemljama (Kurnik, 1970; Milatović, Maceljki; 1962, Barbulescu i sar., 1994; Szili, 1979).

Leptiri su sive, do tamnomrke boje, sa karakterističnim šarama na prednjem paru krila. Njihova veličina se kreće oko 20 mm. Odrasle gusenice dostižu dužinu do 45 mm. One su svetlozelene do sivomrke i sa trbušne strane uvek nešto svetlije boje. Obe vrste daju dve generacije godišnje i imaju sličan način života. Prezimljavaju u stadijumu lutke u zemljištu. Odrasli insekti su naročito brojni krajem proleća i tokom aprila. Gusenice prve generacije sreću se od druge polovine juna do sredine jula, a druge, od polovine avgusta do sredine septembra.

Gusenice su veoma polifagne. Češće štete nastaju na gajenim kupusnjačama, šećernoj repi i grašku. Brojnost gusenica druge generacije je višestruko veća u upoređenju sa prvom, pa krajem avgusta i početkom septembra, često nastaje golo-brst na napadnutim usevima. Pripadaju grupi higrofilnih štetočina, te u većem broju naseljavaju vlažnija staništa i useve koji se navodnjavaju.

Mere suzbijanja

Jesenje duboko oranje značajno doprinosi sprečavanju masovnog razmnožavanja lisnih sovica. Ovom merom može se smanjiti brojnost prezimljujućih lutaka za oko 80%. Takođe, uništavanje korova gde se obavlja dopunska ishrana imaga doprinosi manjoj brojnosti štetočina.

Hemijsko suzbijanje lisnih sovica izvodi se u vreme kada dominiraju gusenice drugog i trećeg uzrastnog stupnja. U tom periodu one su osetljive na primenjene insekticide, a osim toga, još nisu nastala značajnija oštećenja lisne mase. Najveći deo lista biva uništen od starijih gusenica. Za suzbijanje lisnih sovica, u našoj zemlji, registrovan je veći broj insekticida (Savčić-Petrić i Sekulić, 2007). Na usevima šećerne repe, gde se ova grupa štetočina najmasovnije suzbija, dobru efikasnost su ispoljili preparati na bazi metidationa, bifentrina, lambda-cihalotrina, alfa-cipermetrina, cipermetrina, monokrotofosa + cipermetrina, metomila, hlorspirifosa, hlorspirifosa + cipermetrina i dr. Kritičan broj gusenica za lisne sovice na soji za sada nije utvrđen. Interesantan je podatak koji navodi Szili (1979), da 40 do 50 gusenica po jednom dužnom metru, u drugoj polovini juna i početkom jula, ne čini takvu štetu kao 8 do 10 jedinki po dužnom metru u prvoj polovini avgusta, u vreme obrazovanja i nalivanja semena. Suzbijanje lisnih sovica je moguće i biološkim putem, ispuštanjem jajnih parazitoida roda *Trichogramma* u vreme početka leta leptira i masovne ovipozicije, kao i primenom preparata na bazi bakterije *Bacillus thuringiensis*.

Stričkov šarenjak (*Vanessa cardui* L.)

Stričkov šarenjak spada u jednu od najčešćih štetočina soje. Kao štetočina ove biljne vrste, poznata je ne samo kod nas, nego i u drugim zemljama (Hrvatska, Bosna, Bugarska, Mađarska, Rumunija, Ukrajina i dr.). O pojavi i štetnosti ove vrste u južnim delovima Baranje u Mađarskoj saopštava Toth (1992). Tada se u leto 1980. godine, druga generacija iznenada pojavila na 22% površina pod sojom, te je suzbijanje trebalo izvesti na preko 1.400 ha useva. Tokom 1980. i 1982. godine nalaženo je i po 8 do 10 gusenica po m². U više slučajeva bilo je 80 do 110 gusenica. Oaze napadnutih biljaka na parcelama su bile 30 do 120 m u prečniku. Često je bilo oštećeno 40 do 80% biljaka, uz gubitak lisne mase od 15 do 36%. Prema podacima iz Rumunije u županiji Timiš je tokom 1987. i 1988. takođe nastao značajan napad ove vrste. Na nekim poljima registrovano je 10 gusenica po m². Značajne štete na soji u Bosni (region Bijeljine) zabeležene su još 1962. i 1963. godine (Vaclav i Batinica, 1964).

O pojavi i štetama ove vrste u našoj zemlji saopštava više autora (Petrik, 1964, 1966; Dobrivojević, 1962; Hadžistević, 1962; Sekulić i sar., 1983; Simova-Tošić i sar., 1988, Simova-Tošić, 1995. i dr.). Prve pojave zabeležene su još davne 1946. godine, a značajnija oštećenja 1958. i 1962. Hadžistević (1962) navodi da su napadnuta polja soje u okolini Obrenovca bila dosta zakorovljena i da je među korovskim biljkama dominirao čičak. Nalaženo je od 5 do 7 gusenica na pojedinim biljkama.

Na istom polju, na palamidi, Dobrivojević (1962), je utvrdio i do 17 gusenica. U Vojvodini je, krajem juna 1980. godine, došlo do masovne pojave prve generacije stričkovog šarenjaka u više lokaliteta (Sekulić i sar., 1983). U rejonu Indije, u žarištima napada zabeleženo je do 288 gusenica/m², odnosno do 9 primeraka po biljci. Tada je na području Sombora i Pančeva, usled pojave ove štetočine, tretirano preko 450 ha useva. Kasnije registrovana pojava i štete na soji bile su u okolini Čuprije 1987.g. (Simova-Tošić, 1995), a zatim u Vojvodini 1996 (neobjavljeni podaci autora ovog teksta). Tokom proleća i leta 2006. godine zapažena je veoma jaka pojava i prve i druge generacije ove migratorne vrste na usevima soje širom Vojvodine. Nažalost, zbog nepostojanja Izveštajno-prognozne službe u zaštiti bilja na pokrajinskom nivou i pomanjkanja komunikacije sa područnim poljoprivrednim službama, nisu poznate ni približne razmere njene pojave, kao ni eventualne štete koje je prouzrokovala. Brojnost gusenica u nekim lokalitetima (Temerin, na primer) je bila tolika da je izvođena hemijska zaštita, mada je pitanje da li je ona bila neophodna i pravovremena (Kereši i sar., 2007).

Slika 14.8

Stričkov šarenjak (foto: R. Sekulić)



Leptiri u rasponu krila mere oko 55 mm, a dužina tela iznosi, u proseku 20 mm. Krila su izrazito šarena, u osnovi riđa, ukrašena belim i crnim šarama, po čemu je vrsta kod nas i dobila ime (Slika 14.8). Jaja su svetlozelena, sitna i spljoštena. Gusenice, kada odrastu, dostižu dužinu od 35 do 40 mm, a na leđima imaju mnoštvo dlaka, koje se račvaju u vidu bodlji. Boje su vrlo različite, od skoro crne kod mlađih do sivosmeđe kod starijih. Duž leđne strane uočava se najčešće isprekidana crna ili mrka pruga, a na bočnim stranama nalaze se po dve uzdužne žute linije (Slika 14.9).

Lutke su duge oko 20 mm, sjajno srebrnasto bele, sa bakarnim i sedefastim odsjajem. One se nalaze na oštećenim listovima i zadnjim krajem su pričvršćene za podlogu, odnosno više „strmoglavu”.

Slika 14.9

Gusenica stričkovog šarenjaka na soji (foto: T. Kereši)



Stričkov šarenjak razvija 2 do 3 generacije godišnje. Leptiri se javljaju rano s proleća, pare se, i nakon toga, polažu oko 500 jaja na lišću različitih biljaka. Ispiljene gusenice u početku skeletiraju lišće, zatim izjedaju otvore nepravilnog oblika, a pri većoj brojnosti izazivaju golobrst. Napadnuto lišće biljaka povezuju paučinastim nitima, formirajući gusenična gnezda, koja nekada obuhvataju celu biljku. Gusenice se prvenstveno hrane raznim korovskim biljkama, lišćem palamide, strička, čička i dr., a potom se sreću i na gajenim biljkama, kao što su soja, boranija, pasulj, suncokret, duvan, ricinus itd. One se u prirodi sreću krajem proleća i tokom leta, a najviše junajula. U toku razvića jedna gusenica pojede ukupno 1,8 g lista soje, a od toga najveći deo u drugoj polovini razvoja. Količina hrane koju konzumira jedna gusenica, odgovara jednom troperom listu. U periodu pojave ove vrste, biljke imaju najveću lisnu površinu. Broj troperih listova iznosi od 12 do 25. S obzirom na navedeno, tek 3 ili više gusenica, po jednoj biljci, mogu oštetiti preko 25% lisne mase (Čamprag i sar., 1996).

Za ovu vrstu je karakteristično da se povremeno masovno javlja i tada može prouzročiti značajnije štete. Pripada migratornim leptirima, koji svake godine u različitom intenzitetu migriraju iz područja severne Afrike i Mediterana. Nekada lete u ogromnim razređenim jatima prema srednjoj i severnoj Evropi, čak do Finske i Islanda. Zabeležene su i povratne migracije leptira, krajem leta i tokom jeseni, od severa ka jugu.

Mere suzbijanja

Osnovnu agrotehničku meru u sprečavanju opasnosti od stričkovog šarenjaka predstavlja sistematsko uništavanje korova (strička, čička, palamide i dr.) u usevima soje i drugih ugroženih kultura.

Prisustvo 1 do 2 gusenice po biljci ne može prouzrokovati ekonomski značajne štete, te se može zanemariti, pogotovo ako se štetočina konstatuje pred kraj cvetanja, kada je lisna masa soje obično najveća (Sekulić i sar., 1983). U našoj zemlji za hemijsko suzbijanje ove vrste još uvek nema registrovanih preparata. U Francuskoj je dobra efikasnost u suzbijanju gusenica stričkovog šarenjaka postignuta primenom preparata na bazi deltametrina (Dalbello-Polese i sar., 1990). U našim laboratorijskim ispitivanjima, za suzbijanje gusenica ove štetočine, visoku efikasnost su ispoljili preparati na bazi etrimofosa, endosulfana, triazofosa i metomila (Sekulić i sar., 1983). Pošto se stričkov šarenjak kao štetočina javlja u oazama, moguće je izvesti samo lokalna tretiranja na napadnutim poljima.

Sojin ili bagremov plamenac (*Etiella zinckenella* Tr.)

Ova vrsta je kao štetočina soje poznata u nizu zemalja (Rumunija, Bugarska, Mađarska, Makedonija, Francuska, Kina i dr.), a spominje se takođe u našoj zemlji. U kineskoj provinciji Shantung, u periodu od 1940 do 1942. godine, štete su iznosile i do 90%. U Rumuniji, štete od sojinog plamenca na soji i drugim leguminozama se kreću između 5 i 30% (Perju i sar., 1983). Prema Manningeru (1963), u Mađarskoj oštećenost mahuna iznosi 7%, dok Szili (1978) za neke lokalitete u istoj zemlji navodi, da je bilo napadnuto između 12 i 16% mahuna. U Bugarskoj, 1934. godine, u vreme gradacije ove štetočine, u početku je bilo napadnuto oko 45% mahuna soje, a u nekim lokalitetima čak i do 95%.

U našoj zemlji ima malo podataka o pojavi i štetnosti sojinog plamenca, i uopšte, ova vrsta je nedovoljno proučena. Prva veća brojnost zabeležena je 1960-1962. godine u okolini Beograda. Tada je bilo skoro potpuno uništeno seme bagrema (Mihajlović, cit. Simova-Tošić, 1995). Takođe, pregledom soje u periodu 1985. do 1988. godine, u više rejona u Srbiji, Simova-Tošić i sar. (1988) su konstatovali ovu štetočinu. Ona je utvrđena u više lokaliteta, ali uglavnom, intenzitet pojave nije bio veliki.

Leptiri sojinog plamenca su sive boje (sa uskom naradžastom prugom preko sredine prednjeg para krila), u rasponu krila od 24 do 28 mm, i dužine tela oko 18 mm (Slika 14.10). Gusenice kada odrastu dostižu dužinu od 15 do 22 mm. One variraju u boji, od žutozelenkaste do sivkastocrvenkaste. Lutke su smeđe boje, dužine 9 do 12 mm, i nalaze se uvek u beličastom svilastom kokonu, koji je pokriven česticama zemlje.

Slika 14.10

Sojin plamenac



Tokom godine može dati od 2 do 7 generacija, u zavisnosti od klimatskih prilika datog područja. U toplijim predelima daje generaciju za generacijom, bez prekida. Pripada vrstama sa širokom ekološkom valencom, te otuda mogućnost prilagođavanja različitim klimatskim uslovima. U Rumuniji razvija dve generacije, u Bugarskoj i Mađarskoj dve, i delimično treću, ukoliko tokom jeseni i dalje traje toplo vreme. Slična je situacija i u našoj zemlji. Zbog razvučenog perioda polaganja jaja, generacije nisu jasno odvojene jedna od druge. Ova vrsta prezimljava u stadijumu odrasle gusenice u kokonu, plitko u zemljištu, na dubini 2 do 3 cm, ili u opalom lišću na površini zemljišta. U proleće se gusenice pretvaraju u lutke, iz kojih će, posle nekoliko nedelja, doći do eklozije imaga. Intenzivan let imaga je tokom juna, jula i avgusta. U ovom periodu je u Mađarskoj registrovano 90% leptira od ukupno uhvaćenih tokom vegetacije (Meszaros i Reichart, 1993). Prva pojava imaga je krajem maja i tokom juna.

Leptiri su aktivni uveče i tokom noći. Dopunski se hrane nektarom raznih biljaka u cvetu. Oplođene ženke polažu ukupno oko 600 jaja na zelene mahune graška, soje i drugih leguminoza. Jaja su položena pojedinačno ili u malim grupama. Embrionalno razviće na 17°C traje 15 do 16 dana. Razviće gusenica, u zavisnosti od temperature, završava se za 3 do 4 nedelje. Kad odrastu, one napuštaju mahunu, i u zemljištu se, na dubini od 3 do 4 cm, u kokonu pretvaraju u lutke. Suva proleća i leta pogoduju masovnom razmnožavanju sojinog plamenca. Nasuprot tome, vlažne godine sa povećanom količinom padavina, smanjuju brojnost ove štetočine. Povremeno stupa u gradacije, dok su periodi niske brojnosti često veoma dugi. Na intenzitet razmnožavanja plamenca, u velikoj meri utiču brojni parazitoidi i predatori.

Sojin plamenac pripada polifagnim štetočinama. Gusenice ove vrste oštećuju skoro 80 gajenih i korovskih biljaka. Češće bivaju oštećivani grašak, soja, grahorica, pasulj i dr. Ispiljene gusenice prodiru prvo u mahunu i potom se ubušuju u seme (Slika 14.11). One se hrane njime, oštećujući ga iznutra. Starije gusenice izgrizaju seme spolja i mogu ga sasvim uništiti. Oštećeno seme soje nije pogodno za setvu, pogo-

tovo ukoliko se oštećenja nalaze u predelu klice. Tada klijavost semena iznosi samo 6% (Ščegolev, 1995). U jednoj mahuni se nalazi jedna gusenica i ona može oštetiti nekoliko semenki. Karakterističan simptom mahuna oštećenih od ove štetočine je prisustvo delimično ili potpuno izgrizanih zrna, izmet gusenica i labave paučinaste niti kojima je opletena njihova unutrašnjost. Gusenice prve generacije razvijaju se u mahunama žutog bagrema, graška, pasulja i drugih leptirnjača. Druga generacija napada leptirnjače koje kasnije cvetaju, naročito soju i beli bagrem (Simova-Tošić, 1995). U Rumuniji, u Dunavskoj niziji i u Moldaviji, prva generacija oštećuje grašak, a druga soju i lupinu.

Slika 14.11

Oštećena zrna u mahuni od gusenica sojinog plamenca



Mere suzbijanja

Potiskivanje masovnog razmnožavanja i štetnosti sojinog plamenca je moguće gajenjem otpornih sorti, te primenom agrotehničkih, bioloških i hemijskih mera. U Brazilu je proučavana otpornost 10 sorti soje na napad ove štetočine. Pri tome, utvrđene su značajne razlike između sorti u pogledu procenta napadnutih mahuna i procenta oštećenih zrna. Međutim, nije konstatovana korelacija između navedenih varijabilnosti i dužine mahuna.

Agrotehničke mere, kao što su prostorna izolacija, obrada zemljišta i navodnjavanje, značajno mogu uticati na smanjenje brojnosti plamenca. Polja pod sojom i drugim jednogodišnjim leguminozama, treba da su što udaljenije od bagremara, gde se ova štetočina nesmetano razvija. Prema ogleđima koje je izveo Podkopaj (1964), kada se polje soje nalazilo na 50 m od bagremove šume, bilo je napadnuto 15% mahuna, a svega 2% kada je prostorna izolacija iznosila 500 m. Potrebno je takođe obezbeđivati prostornu izolaciju i u odnosu na polja pod graškom, koja su u prethodnoj godini bila napadnuta od ove štetočine. Dublja obrada zemljišta odmah nakon skidanja useva

graška, grahorice i drugih leguminoza, onemogućava ekloziju imaga nove generacije u vrlo visokom procentu. Ako se soja i druge ugrožene leptiranjače navodnjavaju u periodu preobražaja gusenica u lutke, to značajno doprinosi uništavanju plamenca.

Biološko suzbijanje ove štetočine je moguće i ispuštanjem jajnih parazitoida (*Trichogramma* spp.) u periodu polaganja jaja (Grigorov, 1976). Takođe se preporučuje primena bioinsekticida na bazi bakterije *Bacillus thuringiensis*. Smanjenju brojnosti plamenca doprinose i neki biotehnički postupci, kao primena feromona (Perju, 1995) i izlovljavanje svetlosnim klopnama.

Hemijsko suzbijanje dolazi u obzir samo na poljima kada se nalaze u blizini bagremova, ili su uz parcele gde je prethodne godine gajen grašak, koji je bio naseljen ovom štetočinom. Kritičnim brojem nakon cvetanja soje, smatra se prisustvo 2 do 3 jajeta po jednoj biljci, ili naseljenost 5% biljaka. O primeni hemijskih sredstava za suzbijanje plamenca na soji ima veoma malo podataka. Dobri rezultati, prema Grigorovu (1976), postizani su preparatima na bazi metilparationa i trihlorfona. Preporučuju se 2 do 3 tretiranja. Prvo tretiranje se izvodi pri formiranju prvih mahuna sa obrazovanim zrnima i pri masovnom letu imaga. U cilju što uspešnijeg i racionalnijeg hemijskog suzbijanja, preporučuje se praćenje početka leta imaga i vreme polaganja jaja. Suzbijanje plamenca dolazi u obzir prvenstveno na semenskom usevu, jer oštećeno seme soje nije pogodno za setvu.

Pregljevi (*Acarina*)

Fitofagne vrste pregljeva predstavljaju najznačajnije štetočine soje, kako u našoj, tako i u brojnim zemljama u svetu gde se gaji ovaj usev. Na primer, u Francuskoj se ubrajaju u veoma česte štetočine, a zadnji masovni napadi su zabeleženi 1985. i 1986.g. (Dalbello-Polese i sar., 1990). U glavnim rejonima gajenja soje u Bugarskoj, pregljevi takođe predstavljaju prvorazredne neprijatelje soje (Atanasov, 1991; Nikolova, 2006). Slična je situacija i u drugim zemljama. Vratarić (1988) u Hrvatskoj je 1987.g. ustanovila jak napad pregljeva na soji u mnogim lokalitetima, uz konstataciju da ova grupa štetočina postaje sve veći problem pri gajenju ove biljne vrste. Kakav je ekonomski značaj pregljeva na soji, najbolje ilustruje primer iz američke države Illinois, gde je protiv ove grupe štetočina obavljeno hemijsko suzbijanje na preko 80.000 ha useva (Colwell cit. Turnipseed i Kogan, 1987). U našoj zemlji, Čamprag i sar. (1996), takođe zaključuju da pregljevi predstavljaju najvažnije štetočine soje.

Useve soje u svetu, pa i u našoj zemlji, naseljava više vrsta pregljeva. Najznačajnije su dve vrste koje pripadaju familiji *Tetranychidae* i to: *Tetranychus atlanticus* **Mc Gregor** (= *T. turcistanicus* **Ug.** et **Nik.**) – atlantski pregalj i *T. urticae* **Koch.** (= *T. telarius* **Prichard i Backer**) – običan ili koprivin paučinar.

Atlantski pregalj (*Tetranychus atlanticus* Mc Gregor)

Odrasle ženke su jajastog oblika, veličine 0,5 mm. Ženke letnjih generacija su žutozelene, dok su zimske ciglastocrveno obojene. Mužjaci su žućkasti, nešto manji i zašiljeni u zadnjem delu tela (Slika 14.12). Odmah po polaganju, jaja su prozirno staklasta, a kasnije dobijaju žućkastobele nijanse. Jaja su loptasta, veličine oko 0,14 mm. Larve imaju 3 para nogu, žućkaste su, i oko 0,5 mm duge. Drugi razvojni stadijumi, nimfe, kao i odrasli, imaju po 4 para nogu.

Slika 14.12

Tetranychus atlanticus (foto: B. Đukanović)



Ova vrsta je naročito rasprostranjena u jugoistočnim delovima Evrope. U našoj zemlji prisutna je svuda. U toku godine može imati od 10 do 14 generacija. One se, naročito tokom leta, mešaju, tako da se na biljkama istovremeno nalaze svi stadijumi razvića. Prezimljavaju oplođene ženke u grupicama u biljnim ostacima, površinskom sloju zemljišta i drugim skrivenim mestima. U proleće, dosta rano napuštaju mesta prezimljavanja i menjaju crvenu u žutozelenu boju. Prvo naseljavaju korovske biljke, hrane se i počinju sa polaganjem jaja. Biljke spontane flore predstavljaju prelazne domaćine do prelaska na razne gajene useve. Među korovskim biljkama, ova vrsta najčešće je nalazena na mrtvoj koprivi, maslačuku, tatuli, običnom poponcu itd. (Tomašević, 1965).

Ženke polažu jaja obično na naličju listova, u blizini glavnih nerava. Jedna ženka u toku ovipozicije, na temperaturi od 25°C, položi ukupno oko 190 jaja (Atanasov, 1991). Za kratko vreme, pod povoljnim uslovima, obrazuju se krupne kolonije štetočine, prekrivene finom paučinastom mrežicom, koja ih štiti od nepovoljnih vremenskih prilika i prirodnih neprijatelja. Ispod mrežice se istovremeno uočavaju svi stadijumi razvića: jaja, larve, protonimfe, deutonimfe i imaga. Kada dođe do prenamnoženja pregljeva, onda oni prelaze i na lice listova, a često bivaju zahvaćene i cele biljke. Ova štetočina prati porast biljke, tako da se najbrojnije kolonije nalaze na

gornjim, najmlađim listovima soje (Slika 14.13). Takođe, one se formiraju i na mladim mahunama (Rajković, 1982).

Slika 14.13

Oštećen list soje od atlantskog preglja (foto: B. Đukanović)



Dužina razvića jedne generacije, u zavisnosti od temperature, traje različito: na temperaturi od 30°C svega 6 dana, a na 12°C, pet puta duže, više od 30 dana (Dobrivojević i Petanović, 1982). Optimalna temperatura za razviće ove štetočine je između 25 i 28°C. Može se zaključiti da ovoj vrsti pogoduje suvo i toplo vreme i da do prenamnožavanja dolazi samo tokom letnjih meseci. Primetan rast populacije pregljeva na soji počinje još juna, a najveća brojnost je najčešće tokom avgusta. Nasuprot ovome, češće i obilnije padavine nepovoljno utiču na gustinu populacije ove štetočine. Kod sorti soje koje imaju ređe, ili slabije razvijene dlačice, fina paučinasta mrežica kojima je prekrivena kolonija pregljeva, ne pruža očekivanu zaštitu od nepovoljnih klimatskih faktora i prirodnih neprijatelja (Čamprag i sar., 1996).

U prirodne neprijatelje fitofagnih pregljeva na soji u Vojvodini, ubraja se nekoliko vrsta iz familije *Coccinellidae*, *Anthocoridae*, *Chrysopidae* i *Phytoseidae*. Najznačajniju ulogu pri tome su imale predatorske stenice *Orius niger* i zlatooka *Chrysopa carnea* (Rajković, 1992). Prema Atanasovu (1970; 1991) prisustvo 3-4 predatora na 100 individua atlantskog preglja, može usporiti razmnožavanje i smanjiti brojnost štetočine, međutim, takav odnos predatora i plena se retko ostvaruje ili tek pri kraju vegetacije, kada vrsta ne utiče značajnije na prinos.

Atlantski pregalj pripada veoma polifagnim štetočinama. Ishranjuje se na 90 biljnih vrsta, osobito predstavnicima porodice *Papilionaceae* (Atanasov, 1970). Sreće se na svim gajenim biljkama, a naročito su ugroženi soja, kukuruz, pamuk, pasulj, hmelj, paradajz, plavi patlidžan, jabuka, šljiva i druge biljne vrste. U Vojvodini, tokom 1956. godine, najviše je bio ugrožen kukuruz, potom jednogodišnje leguminoze (soja i pasulj), a zatim strna žita (Đurkić, 1956). Na celom području Srbije ova vrsta se redovno sreće na svim gajenim biljkama (Tomašević, 1965).

Slika 14.14

Oštećen ivični deo polja soje od atlantskog preglja (foto: R. Sekulić)



Aktivni stadijumi preglja intenzivno sišu lisne sokove, što se na lišću soje u početku manifestuje u obliku nepravilno razbacanih sitnih srebrnastih pega. Kako se napad štetočine uvećava, pege se spajaju i zahvataju čitave liske. Kod napadnutih biljaka povećava se transpiracija, opada intenzitet fotosinteze i dr. Biljke napadnute ovom štetočinom imale su za 34% intenzivniju transpiraciju u odnosu na zdrave (Tomašević, 1965). Jako napadnuto lišće postepeno žuti i suši se. Kada dođe do prenamnoženja pregljeva tokom leta, usevi menjaju izgled na čitavim poljima. Jako napadnute biljke ranije završavaju vegetaciju, zaostaju u porastu, imaju manji broj mahuna, one su sitnije, kao i semenke u njima (Đurkić i sar., 1977). Visina šteta zavisi od perioda kada je došlo do formiranja visokih populacija pregljeva na biljkama. Na osnovu trogodišnjih istraživanja, usled napada atlantskog preglja, prinos oštećenih biljaka bio je za 27% manji, u upoređenju sa zdravim biljkama (Tomašević, 1965). Prema nedavnim istraživanjima u Bugarskoj (Nikolova, 2006), štete na soji od *Tetranychus atlanticus* ogledale su se u smanjenju hlorofila a i b, karotenoida, aktivnosti nitrat reduktaze, sirovih proteina i proteina. Konačne štete su bile izražene kroz smanjenje broja zrna po biljci, manju težinu 1000 zrna i biološki prinos.

Prva oštećenja na poljima soje se obično uočavaju na ivicama parcela, pošto pregljevi uglavnom uspešno prezimljavaju izvan obrađivanih površina (zakorovljeni tereni oko njiva, duž kanala, puteva itd.). Zatim, kada korovska vegetacija ogrubi i postane nepodesna za ishranu štetočine ili biva kosidbom uništena, pregljevi počinju

sa oštećivanjem soje, šireći se postepeno prema sredini polja. U rejonu Srbobrana, Đurkić i sar. (1977) su utvrdili već krajem juna visok procenat oštećenih biljaka u ivičnom pojasu polja soje (Slika 14.14). Nakon toga je praćena dinamika širenja štetočine ka sredini polja. U prvom pregledu, krajem jula, konstatovano je, da je u ivičnom delu polja do 50 m, bilo napadnuto 77% biljaka, a na 150 m prema sredini, svega 23%. Da je ova analiza izvršena još u početku napada grinja, verovatno bi razlika u procentu napadnutih biljaka bila još veća. Pregljevi se sporo šire aktivnim putem, najčešće prelaskom sa biljke na biljku koje se dodiruju. Pasivno širenje putem vazdušnih strujanja, ptica, raznih životinja, čoveka i dr. izgleda da ima značajnu ulogu.

Tetranychus urticae **Koch.** (običan paučinar ili koprivin pregalj). Ova vrsta je znatno manje zastupljena na poljima soje u našoj zemlji. Njeno slabije prisustvo se pripisuje manjoj prilagođenosti soji kao domaćinu, u odnosu na atlantskog preglja (Rajković, 1992). Pripada kosmopolitskim vrstama i takođe je izraziti polifag. Napada preko 200 gajenih i korovskih biljaka. Veoma je agresivan. Prema Tischleru (1980), ova vrsta, samo u trajanju od 5 minuta svojim usnim aparatom napravi oko stotinu uboda, što znači da razori toliko ćelija epidermisa lista i palisadnog parenhima. Na taj način, uz odgovarajuće klimatske uslove (suvo i toplo vreme), dolazi brzo do izumiranja i oplutnjavanja delova tkiva lista.

U morfološkom pogledu i načinu života, običan paučinar ili koprivin pregalj je vrlo sličan atlantskom preglju. Razlikuje se od ove vrste po građi genitalija mužjaka. Osim toga, ženke letnjih generacija su više zelene boje.

Po načinu oštećivanja, takođe je sličan atlantskom preglju i visina štete zavisi od vremena napada i brojnosti štetočine. Usevi su najčešće napadnuti prvo sa ivica polja. Dešava se da do pojave dođe i na čitavom polju. Ovo je samo u slučaju, ako soji kao predusev prethodi kukuruz koji je bio jače napadnut ovom štetočinom, a obrada zemljišta nakon berbe je loše izvedena (Szili, 1979). U pogledu ekoloških zahteva, ova vrsta je takođe slična atlantskom preglju. Najveća brojnost se ostvaruje u letnjim mesecima, krajem avgusta i početkom septembra.

Zbog nedostatka padavina, neuobičajeno visokih temperatura i niske relativne vlažnosti vazduha, u prvoj polovini 2002. godine, na području Vojvodine, došlo je do rane pojave grinja (*T. atlanticus* i *T. urticae*) na soji (već u maju-junu), a i na drugim biljkama (pasulju, boraniji i kukuruzu). Tokom jula, vremenski uslovi su pogodovali daljem širenju ovih štetočina, pa su, na primer, u opštinama Vrbas i Kula sva sojišta bila napadnuta, u opštini Srbobran oko 70%, a u opštini Bečej 30% površina pod sojom. Početkom jula, dat je signal za suzbijanje, tako da je ono obavljeno na većini društvenih parcela pod sojom, uglavnom na ivičnim delovima polja. Slično je zabeleženo i naredne, 2003. godine (Radonić i sar., 2002; 2003).

Mere suzbijanja

Smanjenju brojnosti pregljeva doprinosi pravovremena i kvalitetna obrada zemljišta, uništavanje korova naročito na neobrađivanim delovima oko polja, te navodnjavanje useva tokom letnjih meseci. Obradom zemljišta odmah nakon skidanja useva, i dubokim oranjem (kvalitetno zaoravanje žetvenih ostataka), pregljevi se mehanički uništavaju i unose u dublje zemljišne slojeve. Uništavanjem korova na neobrađenim delovima oko polja, odakle obično počinje napad grinja, stvaraju se nepovoljni uslovi za njihovo održavanje i formiranje visokih populacija, koje bi mogle da ugroze useve. Navodnjavanjem soje tokom letnjih meseci, nastaju mikroklimatski uslovi u usevu (povećana vlažnost i dr.), koji onemogućavaju razmnožavanje pregljeva u najpovoljnijem periodu godine. Osim toga, ova mera doprinosi i mehaničkom spiranju pregljeva sa biljaka.

Hemijsko suzbijanje pregljeva na soji treba obavljati samo na ivičnom delu polja u početku formiranja kolonija. Širina ivičnog pojasa se utvrđuje pregledom svake parcele. Tretiranje čitavih polja nije ni sa ekonomskog, ni ekološkog stanovišta opravdano. Primeni hemijskih preparata treba pristupiti samo ako je u napadnutom ivičnom pojasu ostvaren kritičan broj ili prag štetnosti. Tretiranju se pristupa ukoliko je 50% biljaka napadnuto, bez obzira na brojnost pregljeva, ili ako se u proseku nađe preko 5 jedinki po jednom listu (Vratarić, 1986). Prema mađarskim podacima, kao kritična vrednost se uzima prisustvo 10 pokretnih jedinki po jednom listu soje (Toth, 1992), a bugarska autorka Nikolova (2006) smatra da se gustina od 3-4 grinje po listu prosečno može uzeti kao kritična brojnost.

Radi hemijskog suzbijanja dominantnih vrsta grinja na soji, u Francuskoj je, ranije preporučivan samo dikofol u količini 480 g a.s. po hektaru (Dalbello-Polese i sar., 1990), a danas pored pomenutog, koriste se i preparati na bazi chlofentezina (200 g a.s. po hektaru) i propargita (855 g a.s. po hektaru) (Cluzeau, 1994). U Mađarskoj su, u Baranji, dobri rezultati, u borbi protiv pregljeva na soji, ostvareni preparatom takođe na bazi propargita (Omite 57 E u dozi 1,5 l/ha) (Toth, 1992). Danas se u ovoj zemlji za suzbijanje grinja preporučuju i preparati propargita i cihexatina (Ocskó i sar., 2007). U našoj zemlji, zvaničnu dozvolu za suzbijanje ove grupe štetočina na soji, imaju samo preparati na bazi abamektina. U Bugarskoj, insekticidi bifentrin (Talstar 10 EC) i flucikloksuron (Cascade 5 EC) su bili najefikasniji u suzbijanju atlantskog preglja (Nikolova, 2006).

Za uspešno suzbijanje grinja obično je potrebno izvesti 1 do 2 tretiranja, u razmaku od 8 do 10 dana. Pošto pregljevi prvo naseljavaju naličje lišća, potrebno je tretiranje izvesti sa povećanom količinom vode, i sa većim radnim pritiskom prskalice, kako bi bila prekrivena, kako gornja, tako i donja površina lista. Pravovremenim, i što ređim, hemijskim suzbijanjem grinja na soji pošteđuje se brojna korisna i indiferentna fauna (larve zlatooke su veliki konzumenti pregljeva).

Primena insekticida u suzbijanju ove grupe štetočina na soji, kada je ostvaren kritičan broj ima puno ekonomsko opravdanje. Prema istraživanjima koje je izvodila Tomašević (1965), prinosi zrna su bili za oko 30% veći, u poređenju sa netretiranom kontrolom.

Hrčak (*Cricetus cricetus* L.)

Hrčak spada u grupu polifagnih štetočina, koja pored brojnih vrsta može oštećivati i useve soje. Ovu biljnu vrstu napada od nicanja pa sve do žetve. Značajne štete naročito mogu nastati u početnom periodu razvoja biljaka i u doba sazrevanja useva. Usled ishrane hrčka na izniklim usevima soje, nastaju lako prepoznatljive prazne oaze bez biljaka. One su manje više kružnog oblika, veličine od 10 do 70 m (Slika 14.15). Ovakva oštećenja mogu nastati čak i kada su biljke visine 20 do 30 cm. Oaze na parcelama su slučajno razbacane, i njihov broj je prvenstveno uslovljen gustinom populacije štetočine.

Slika 14.15

***Cricetus cricetus* - Uništen usev soje oko jazbine hrčka** (foto: T. Kereši)



Na usevima soje u sazrevanju, hrčak takođe može pricinjavati štete odsecanjem mahuna i sakupljanjem zrnevlja za zimu. Pre nekoliko godina, u lokalitetu Nadalj, u Vojvodini, posle žetve strnih žita, ova štetočina je naselila obližnje polje soje, gde je u vidu manjih ili većih oaza potpuno uništila usev (Sekulić, neobjavljeni radovi). Na PIK „Bečej” u Bečeju je zapaženo da humke zemlje oko jazbina hrčka otežavaju kombajniranje useva soje, čime se uvećava rastur zrna i na taj način se indirektno povećavaju gubici od ove štetočine.

Hrčak pripada evroazijskim vrstama i naseljava pretežno stepska područja. U našoj zemlji, rasprostranjen je naročito u Vojvodini. Sreće se takođe i južno od Save i Dunava, u okolini Beograda i donjem Pomoravlju. Kao štetočina soje, poznat je i u drugim zemljama.

Spada u krupnije glodare. Odrasle individue imaju telo veličine od 24 do 34 cm, a dužina repa se kreće od 4 do 6 cm. Dostižu težinu i do 0,5 kg. Obrazi hrčka su pretvoreni u posebne kese, koje služe za ubacivanje i prenošenje hrane, ali isto tako, kada ih napuni vazduhom, ispušta karakteristične zvuke, kojima plaši svoje neprijatelje (Slika 14.16). Noge hrčka su kratke i jake i njima se služi pri kopanju jazbine. Boja krzna je najčešće odozgo žućkastoriđa, a odozdo crna. Bočno na telu i glavi poseduje bele mrlje.

Hrčak – *Cricetus cricetus* (foto: B. Đukanović)

Hrčak živi u jazbinama, koje se nalaze na dubini od 0,5 do 1,2 m. Svaka jazbina se sastoji od komore zastrte travom za stanovanje i nekoliko spremišta ili komora, u koje sakuplja zrnavlje i drugu hranu za zimu. Od jazbine obično polaze dva hodnika, sa otvorima na površini zemljišta. Oni su udaljeni jedan od drugog i pri tome jedan je ukošen i služi za napuštanje (izlaženje) iz jazbine, a drugi je skoro vertikalni, i omogućuje brz povratak. Prečnik otvora na površini zemljišta se najčešće kreće od 6 do 9 cm.

Zimu hrčak provodi u jazbini, u zimskom snu. Zimski san se, u zavisnosti od kretanja temperature, prekida i ponovo nastavlja. U prekidima sna, hrčak se hrani zalihama hrane koju je sakupio u toku leta i jeseni. Buđenje iz zimskog sna počinje krajem februara ili početkom marta i završava se krajem aprila i početkom maja. Tokom godine, hrčak se razmnožava 2 do 3 puta. Ženke nakon parenja, za 2 do 3 nedelje, kote od 6 do 12 mladunaca. Oni za oko mesec dana sasvim odrastu i postaju polno zreli. Dužina života hrčka se kreće od 6 do 8 godina. Povremeno se masovno javlja. Ovome naročito doprinosi visok potencijal razmnožavanja vrste, obilje hrane tokom cele godine i povoljni klimatski uslovi, naročito suva i topla jesen. Duge i vlažne zime nepovoljno deluju na množenje hrčka. Takođe brojni prirodni neprijatelji (ptice gra-

bljivice, lisica, tvor i dr.) značajno mogu uticati na gustinu populacije ove štetočine. Masovne pojave ili gradacije hrčka, u našim uslovima, nastaju u intervalima od 4 do 5 i obično traju 2 do 3 godine (Ružić, 1983). Poslednji primer masovne pojave zabeležen je u prethodne tri godine na području Vojvodine. Štetni glodari predstavljali su veliki, ako ne i najveći problem na strnim žitima tokom jeseni 2004 i 2005, a na okopavinama u proleće 2005, a naročito u proleće 2006. godine, kako poljski miševi, tako i hrčak. Veoma jaka pojava ovih štetočina zabeležena je na području Sremske Mitrovice, Kikinde, Pančeva, PKB-a, Vrbasa, Novog Sada, Rume, Sombora, Subotice, Bačke Topole i Zrenjanina. Bilo je slučajeva da je na istim površinama zaštita obavljena i više puta, a do većih šteta, i pored izvedenih mera suzbijanja, došlo je i na mladim usevima šećerne repe, suncokreta, soje i lucerke, pa je bilo i presejavanja, naročito u privatnom sektoru. Najveće štete od hrčka su zabeležene u južnoj i srednjoj Bačkoj (zapažanja autora teksta). Lucerišta su (kao akumulaciona staništa) bila najjače naseljena, pa je u jesen 2005., zabeleženo od 8.300 otvora od poljskih miševa po hektaru (u okolini Subotice), preko 13.100-13.900 (Krčedin i Sirig) do 22.300 otvora po hektaru u okolini Vrbasa. Na istim lokalitetima i poljima broj otvora od hrčkova je iznosio 0, 13, 25 i 50 po hektaru. Navedene vrednosti spadaju u kategoriju visoke i vrlo visoke brojnosti (Kereši i sar., 2006; 2007).

Po režimu ishrane, hrčak pripada omnivorama. Pored raznih gajenih i korovskih biljaka, u svojoj ishrani koristi i hranu životinjskog porekla (kišne gliste, puževe, sitnije miševе, larve gundelja i druge insekte). Biljke oštećuje tokom čitave vegetacije. U proleće odseca mlade biljke soje i drugih biljnih vrsta. U tom periodu najradije napada lucerku, detelinu, soju, strna žita, suncokret, šećernu repu, kukuruz i druge useve. Tokom leta, u vreme sazrevanja semena, migrira na useve pod strnim žitima, sojom, suncokretom i kukuruzom. Tada se ishranjuje semenom i istovremeno prikuplja zalihe za zimu u svojim podzemnim komorama. U njima se može naći između 10 i 50 kg raznog zrnavlja gajenih i korovskih biljaka. Hrčak je aktivan u sumrak i tokom noći. Obično jedan hrčak pokriva teritoriju od 750 do 1000 m². Hranu može prikupljati sa udaljenosti od 350 do 400 m (Hamar, cit. Krsmanović, 1984). Znatne štete na soji ova štetočina je pricinila u Mađarskoj, u području istočno od reke Tise (Szili, 1976; 1979). Sasvim uništeni usevi soje u sazrevanju, konstatovani su takođe, na jednom imanju u rejonu Vojvodine, u toku avgusta i septembra 1961. godine (Čamprag i sar., 1996).

Mere suzbijanja

Sprečavanje prenamnožavanja hrčka se postiže primenom agrotehničkih, mehaničkih i hemijskih mera. Od agrotehničkih mera treba posebno istaći brzo izvođenje žetve, odnosno berbe, smanjivanje osipanja zrna, zaoravanje strnjike i drugih žetvenih ostataka odmah posle žetve, uništavanje korova i dr. Dobri rezultati u suzbijanju ove štetočine, pri manjoj brojnosti, i na manjim površinama, se postižu izlivanjem vodom.

Efikasno i racionalno hemijsko suzbijanje hrčka se postiže u proleće, kada je veći deo populacije završio zimski san. U Mađarskoj, u županiji Boršod, najpogodniji period za suzbijanje ove štetočine je vreme između 5. aprila i 10. maja (Gyurko, 1977). Hemijske preparate ili zatrovane mamke treba koristiti kada se utvrdi prisustvo 2 ili više nastanjene jazbine po hektaru (Benedek i sar., 1984). Od hemijskih sredstava, u praksi se koriste preparati na bazi aluminijum-fosfida i magnezijum-fosfida. Samo u naseljene jame štetočine, ubacuje se po jedna tableta ili 2-3 pelete navedenih rodenticida. Pri ubacivanju preparata, otvore jama treba obavezno zatvoriti. U proleće se, takođe mogu, koristiti i sveže spravljani mamci koji sadrže do 3% cinkfosfida. Osim pomenutih rodenticida, za suzbijanje hrčka u našoj zemlji su registrovani preparati na bazi bromadiolona i holekalciferola. Akcija suzbijanja hrčka, pa i drugih glodara, utoliko će biti uspešnija ukoliko se izvodi na što širem području. Suzbijanje glodara i spravljanje mamaka, daje najbolje rezultate ako se koordinira preko odgovarajućih regionalnih stručnih službi.

Poljska voluharica (*Microtus arvalis* Pall.)

Poljska voluharica pripada najčešćim sitnim glodarima u našoj zemlji. Najčešće je duga od 9 do 11, retko do 15 cm. Sa nekoliko podvrsta široko je rasprostranjena u Evropi, a sreće se i u većem delu Azije. Kod nas je naročito česta u žitorodnim krajevima, gde se periodično masovno javlja, nanoseći velike štete. Oštećuje soju i brojne druge gajene biljke. Voluharica prebiva u jazbinama u zemljištu, koje gradi na dubini i do 50 cm. Žive u parovima ili po nekoliko ženki sa jednim mužjakom. Tokom godine se kote 6 do 7 puta, dajući od 4 do 9 mladih.

Sa razmnožavanjem počinju u martu, a maksimalna brojnost se ostvaruje tokom juna i jula. Nakon toga, brojnost postepeno opada i najniža je oktobra i novembra (Straka, 1967). Zastupljenost velikih površina pod leguminozama, češće monokulture strnih žita i povećana zakorovljenost polja, doprinose stvaranju povoljnih uslova za razmnožavanje ovog glodara.

Poljska voluharica pripada polifagnim štetočinama. Oštećuje skoro 200 gajenih i korovskih biljaka. Prvenstveno se hrani zelenim i sočnim biljnim delovima, ali takođe i zrnastom hranom. Za razliku od hrčka, koji se isključivo hrani nadzemnim biljnim delovima, ovaj glodar oštećuje i podzemni deo stabla i koren biljke. Hrani se tokom cele godine, pa i tokom blagih zima sa visokim snežnim pokrivačem. Kao štetočina soje poznata je u Srbiji, Hrvatskoj, Mađarskoj i dr. U početku vegetacije uništava posejano i naklijalo seme. Posle nicanja biljaka hrani se zelenim delovima, kao i mahunama i semenom u sazrevanju soje. Na biljkama soje odgriza bočne grane ili stabljike, a potom ih secka na manje delove i odnosi u svoju jazbinu (Szili, 1979). U periodima masovne pojave, poljska voluharica u Mađarskoj može prouzročiti znatne štete na poljima pod ovim usevom.

Masovne pojave ili gradacije ovog glodara nastaju relativno iznenada, ali isto tako brzo i prestaju. Suvo i toplo vreme tokom vegetacije, kao i zime bogate snegom, pružaju povoljne uslove za razmnožavanje i razviće ove štetočine, dok su obilne padavine i jaki pljuskovi tokom proleća nepovoljni (Hoffman i Schmutterer, 1983).

Mere suzbijanja

Agrotehničke mere, kao što su blagovremena žetva strnih žita, kukuruza, suncokreta, soje i dr., zaoravanje žetvenih ostataka i duboka obrada zemljišta, u velikoj meri mogu doprineti uništavanju i potiskivanju masovnog razmnožavanja ovog glodara. Dubljom obradom zemljišta se može uništiti i do 85-90% populacije poljske voluharice.

Hemijsko suzbijanje se izvodi kada se u proseku utvrdi 1 do 2 otvorene jame na 100 m (Benedek i sar., 1974). Racionalno suzbijanje poljske voluharice i drugih glodara treba da bude prvenstveno u njihovim žarištima (lucerišta, detelišta, pašnjaci, utrine i dr.), jer u pomenutim staništima prebivaju i kada su zastupljeni sa niskom brojnošću. U takvim uslovima, sa manje radne snage i manjim utroškom rodenticida, se postižu dobri rezultati. Za ovu svrhu se upotrebljavaju gotovi ili sveže spravljani mamci sa dodatkom odgovarajućeg rodenticida. U našoj zemlji su registrovani preparati na bazi cinkfosfida, bromadiolona, hlorofacinona, holekalciferola i natrijum-selenita (Savčić-Petrić i Sekulić, 2007). U praksi se najčešće koristi cinkfosfid. On se primenjuje u koncentraciji od 2-3%, uz upotrebu semena žita ili prekrupe, kukuruza, suncokreta, soje ili graška i biljnog ulja.

Divlji zec (*Lepus europaeus* L.)

Divlji zec pripada stepskim vrstama. Odlikuje se ušima koje su na vrhu crno obojene i čija dužina prelazi veličinu glave. Preko cele godine hrani se biljnom hranom, a tokom proleća i leta isključivo raznim ratarsko-povrtarskim biljnim usevima, i pri tome prvenstveno napada razna žita i leguminozne biljke.

Soja je od ove vrste praktično ugrožena od nicanja do žetve. U početku bivaju oštećivane mlade biljke, zatim mlađe i starije lišće, te zelene mahune, pa čak i zrelo zrno. Najveće štete od zeca nastaju odgrizanjem vegetativne kupe, kada su biljke u fenofazi 2 do 4 lista (Slika 14.17). Usled oštećivanja u tom periodu, mlade biljke obično propadaju. Ovakva oštećenja starije biljke nadoknađuju bočnim grananjem. Ukoliko se desi da je veći deo uništen, tada ni starije biljke ne mogu, u razvoju, dostići neoštećene biljke. Na manjim parcelama soje, štete se uočavaju na čitavoj površini, dok se na većim poljima oštećenja više uočavaju na ivičnim delovima, ili uz stazice na parcelama kuda se ove životinje kreću.

Oštećenje biljaka od divljeg zeca (foto: G. Kuzmanović)

Kao štetočina soje, divlji zec je poznat u Srbiji, Hrvatskoj i drugim zemljama. U Mađarskoj (županija Šomođ), su registrovane primetne štete od ove vrste usled otkidanja vršnog dela biljaka, u fenofazi 2 do 4 lista soje (Ludven, 1974). U ovoj zemlji se ubraja u značajnije štetočine ove kulture. Vaclav i sar. (1970) su u okolini Banja Luke 1966.g. utvrdili mestimično potpuno uništavanje useva. Oštećenja mladih biljaka soje, koja se odlikuju otkidanjem vršnog dela, najčešće iznad kotiledona, zabeležena su takođe i u širem području Vojvodine. Obim šteta u prvom redu zavisi od brojnosti vrste.

Za eliminisanje šteta od divljeg zeca na soji u Mađarskoj je korišćen preparat Dendrocol 17 SK, u količini od 4 do 6 l po hektaru. Ovaj preparat je formulisan na bazi prirodne bele smole i bakarnog sapuna (Szili, 1979). Takođe, dobra efikasnost je ostvarena i tretiranjem biljaka sa 1% kalijumovim sapunom. Na ovaj način je ostvareno repelentno dejstvo, odnosno zaštita useva u dužini od 8 do 10 dana, sve do naredne kiše.

U našoj zemlji soju napada oko 90 vrsta štetočina, među kojima preko 83% čine insekti, dok ostale vrste pripadaju drugim životinjskim grupama. Fitofagne vrste se sreću tokom čitave vegetacije, od setve do žetve i oštećuju sve delove biljaka: korenov sistem i kvržice na korenu, stabljiku, lišće, cvetove i plodove.

Među konstatovanim štetočinama, ekonomski značajnije i potencijalno važnije, bile bi sledeće vrste: naklijalo seme i korenov sistem biljaka, naročito u početku vegetacije, oštećuju larve fam. *Elateridae* (žičnjaci), larve fam. *Scarabaeidae* (grčice), larve malih lisnih pipa (*Sitona* spp.), muva klijanaca (*Delia platura* **Mg.**), nematode (*Pratylenchus* spp. i *Meloidogyne* spp., razne vrste ptica (*Aves*) i dr. Na nadzemnim biljnim delovima, od početka pa do završetka vegetacije, sreće se više vrsta iz različitih životinjskih grupa, ali najznačajnije su sledeće: kukuruzna pipa (*Tanymecus dilaticollis* **Gyll.**), male lisne pipe (*Sitona* spp.), neke vrste lisnih vašiju (*Aphididae*), vrste iz reda *Thysanoptera*, vrste iz reda *Heteroptera* (*Lygus* spp.), stričkov šarenjak (*Pyrameus – Vanessa cardui* **L.**), sovica gama (*Autographa gamma* **Hb.**), kupusna sovica (*Mamestra brassicae* **L.**), metlica (*Loxostege sticticalis* **L.**), sojin plamenac (*Etiella zinckenella* **Tr.**), pamukova sovica (*Helicoverpa armigera* **Hbn.**), podgrizajuće sovica (*Scotia* spp.), pregljevi (*Tetranychus* spp.), hrčak (*Cricetus cricetus* **L.**), poljska voluharica (*Microtus arvalis* **Pall.**), divlji zec (*Lepus europaeus* **L.**) i druge vrste.

Po ekonomskom značaju, za sada, posebno se izdvajaju atlantski pregalj (*Tetranychus atlanticus* **Mc Greg.**), stričkov šarenjak (*Pyrameus cardui* **L.**), hrčak (*Cricetus cricetus* **L.**), divlji zec (*Lepus europaeus* **L.**) i drugi glodari.

Atlantski pregalj predstavlja najvažniju štetočinu soje. Javlja se i *T. urticae* **Koch.**, ali u daleko manjem broju. Najveće štete od grinja na soji nastaju u godinama sa sušnim letom (2002, 2003). Prinos oštećenih biljaka može biti umanjen i do 27%. Stričkov šarenjak se povremeno masovno javlja. Poslednja masovna pojava ove vrste zabeležena je 2006. godine, kada je hemijsko suzbijanje izvedeno na većim površinama, često nepotrebno ili kasno. Hrčak nanosi štete u početku vegetacije (masovna pojava i štete 2006.g.), uništavajući biljke u vidu oaza po polju, a značajne štete nastaju i u vreme sazrevanja useva.

Precizni podaci o ukupnim gubicima od štetočina na soji u našoj zemlji, za sada ne postoje.

LITERATURA

- Anđus, Lj. (1996): Proučavanje faune tripsa (*Thysanoptera*) i značaj biljaka spontane flore za održavanje štetnih vrsta. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- Atanasov, N. D. (1970): Atlantičeskijak akar *Tetranychus atlanticus* Mc. Gregor, biologija, ekologija i sredstva za borbu. Autoreferat na disertacija. Sofija.
- Atanasov, N. D. (1991): Ikonomičeski považni akari ot rod *Tetranychus* Dufour (Acarina: *Tetranychidae*), biologični osobnosti i ekologosobrazni metodi za borba. Doktorska disertacija. Sofija.
- Barbulescu, A. i sar. (1994): Rezultate obtinute in anul 1993 in cadrul cercetarilor privind bolile si daunatorii cerealelor si unor plante tehnice si furajere. Probleme de Protectia Plantelor, Fundulea, XXII, 2, 143-215.
- Benedek, P. i sar. (1974): Novenyvedelmi elorejlezes. Budapest.
- Benedek, P. i sar. (1984): Uzemi elorejelzksi modszeres es dontesi modellek a novenyvedeszeres optimalis felhasznalashoz. Budapest.
- Bobinskaja, S.G., Grigoreva, T.G. (1965): Provoločniki i meri borbi s nimi. Leningrad
- Cluzeau, S. (1994): Index Phytosanitaire 1995. AKTA, Paris.
- Colazza, S., Bin, F. (1990): I Pentatomidi ed i loro entomofagi associati alla soia in Italia centrale. Informatore fitopatologico, 2, 38-42.
- Čamprag, D. (1977): Štetočine podzemnih organa ratarskih kultura. Beograd i Novi Sad.
- Čamprag, D., Đurkić, J., Sekulić, R., Kereši, T. (1985): Prilog poznavanju vrsta iz familije *Elateridae* (*Coleoptera*), u zemljištima polja pod pšenicom u području Vojvodine tokom 1961-1983. g. Zaštita bilja, Beograd, 174, 407-416.
- Čamprag, D., Kereši, T., Sekulić, R. (1996): Integralna zaštita soje od štetočina. "Design studio Stanišić", B.Palanka, 1-147.
- Čamprag, D., Sekulić, R. (2002): Kukuruzna pipa (*Tanymecus dilaticollis* Gyll.). "Design studio Stanišić", B.Palanka i Polj. fakultet, Novi Sad, 1-115.
- Čamprag, D., Sekulić, R., Kereši, T., Bača, F. (2004): Kukuruzna sovica (*Helicoverpa armigera* Hübner) i integralne mere suzbijanja. Polj. fakultet, Novi Sad, 1-183.
- Dalbello-Polese i sar. (1990): Cahier technique Soja. Maladies et Ravageurs. Cetiom, Paris.
- Dekker, H. (1972): Nematodi rastenij i barba s nimi. Moskva.
- Dixon, A.F.G. (1976): Biologie der Blatthause. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Dobrivojević, K. (1962): *Vanessa cardui* L. - nova štetočina na soji. Biljni lekar, 7-8, 116-118,.
- Dobrivojević, K., Petanović, R. (1982): Osnovi akarologije. Beograd.
- Đurkić, J. (1956): Pojava *Tetranychus atlanticus* Mc Gregor. - štetočine poljoprivrednih kultura u Vojvodini u 1956. godini, Zaštita bilja, Beograd, 38, 67-70.
- Đurkić, J., Srećković, R., Sabadin, T. (1977): Zapažanja o pojavi grinja na soji u 1976. godini. Savremena poljoprivreda, Novi Sad. 5-6, 47-57.
- Elekes, A., Budai, Cs. (1979): Agronematologiai Tajekosztato. Budapest.
- Grigorov, St. (1976): Specijalna entomologija. Zemizdat, Sofija.
- Gyurko, P. (1977): Hozzaszolas Szabo Laszlo A horessog kartetele es elorejelzese kozotti osszefugeds, kulonos tekinttel a vedekezes hatekonysagora cimü cikkehez. Novenyvedelem, Budapest, 9, 427-428.
- Hadžistević, D. (1962): *Vanessa cardui* kao štetočina na usevima soje. Hemizacija poljoprivrede, Beograd. 53, 3-8.
- Heinze, K. (1983): Leitfaden der Schadlingsbekämpfung, Schadlinge und Krankheiten im Ackerbau. Landwirtschaftsverlag Muster-Hiltrup.
- Hinson, K., Hartwig, E.E. (1982): Soybean production in the tropics. FAO plant production and protection paper, 4, rev.1, Roma.
- Hoffmann, M.G., Schmutterer, H. (1983): Parasitare Krankheiten und Schadlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Ulmer, Stuttgart.
- Ivezić, M. (1980): Nematode industrijskog bilja. Glasnik zaštite bilja, Zagreb, 5, 162-165.
- Jenser, G. (1988): Thysanoptera, 283-304, In: Jermy, T., Balasz, K. (ed.) "A novenyvedelmi allattan kezykonyve 1, Budapest.
- Jovičić, D., Grujičić, G., Perišić, R., Juhas, D., Marković, P. (1987): Zbornik radova Jugoslov. savetovanja o primeni pesticida, 8, 357-361.
- Kereši, T. (1992): Fauna reda Heteroptera na soji u Bačkoj. Magistarski rad. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Kereši, T. (1993): Fauna Heteroptera na soji u Bačkoj. Zaštita bilja, Beograd, Vol. 44 (3), N° 205: 189-195.
- Kereši, T. (2000): Fauna stenica (Heteroptera) na pšenici i soji u zavisnosti od sistema iskorišćavanja zemljišta. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1-133.
- Kereši, T. (2001): Stenice na usevima pšenice i soje u okolini Novog Sada. Zaštita bilja, Beograd, Vol. 52 (3). N° 237: 159-174.
- Kereši, T., Sekulić, R., Stamenković, S. i sar. (2006): Pojava važnijih štetočina ratarskih biljaka u Vojvodini 2005. i prognoza za 2006. godinu. Biljni lekar, Novi Sad, br.1: 7-19.
- Kereši, T., Sekulić, R., Stamenković, S., Milovac, Ž. i sar. (2007): Pojava važnijih štetočina ratarskih biljaka u Vojvodini 2006. i prognoza za 2007. godinu. Biljni lekar, Novi Sad, 1: 7-19.
- Krnjajić, Đ., Krnjajić, S. (1987): Fitonematologija. Beograd
- Krsmanović, Lj. (1984): Dinamika reproductivne aktivnosti hrčka (*Cricetus cricetus* L., Rodentia). Doktorska disertacija, PMF, Novi Sad
- Kurnik, E. (1970): Etkezési es abraktakarmanyi huvelyvesek termesztése. Akad. Kiado, Budapest.
- Ludven, Zs. (1974): A soja novenyegeszege helyzete a somogy megyei felmeresek alapjan Novenyvedelem, Budapest, 12, 561-562.
- Manninger, G.A. (1963): Allati kartevok szojuban. Magyar Mezogazdasag, Budapest, 7, 47.
- Meszaros, Z., Reichart, G. (1993): Lepidoptera In Jermy, T., Balasz, K. (ed.) "Anovenyve delmi allattan kezikonyve, 4 a, 4 b, Akademiai Kiado, Budapest.
- Milatović, I., Maceljki, M. (1962): Zdravstvena kontrola soje u 1961. godini. Agronomski glasnik, Zagreb, 3, 175-178.
- Nikolova, M. I. (2006): Proučvane vrhu vrednata entomofauna po sojata (*Glycine max* L.; Soja hispida Moench) i borbata s ikonomičeski važnitate neprijatelji. Avtoferat na disertacija. Pleven.
- Ocskó, Z., Molnár, J., Erdős, G. (2007): Novenyvedo szerek, termesnovelo anyagok 2007. Budapest.
- Ovari, G., Rakk, Zs. (1990): Szojan karasito tripsz leveltetu es atka fajok dominancia viszonyainai es populaciodonamikaja. Novenyvedelem, Budapest, 12, 529-534.
- Perju, T., Bobinac, B. i sar. (1983): Entomologia agricola. Bucuresti.
- Perju, T., Mare, I. (1984): Viermiii sirma. Bucuresti.
- Perju, T. (1995): Entomologia agricola componenta a protectiei integrate a agroecosistemelor. Ceres, Bucuresti.
- Perny, A. (1988): La mauche des semis du soja. Phytoma, 398, 32-33.
- Petrik, C. (1964): Štetočine i bolesti ratarskih kultura 1963, godine u Vojvodini i izgledi za njihovu pojavu u 1964. godini. Savremena poljoprivreda, 3, 219-236.
- Petrik, C. (1966): Neka zapažanja o *Pyra-meis cardui* L. kao štetočini ratarskih kultura. Zbornik radova, Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad, 4, 77-87.

Podkopaj, I.E. (1964): Vrediteli polevih kultura u uslovijah orosenija i meri borbi s nimi. Moskva.

Radonić, K., Čubranović, M. i sar. (2002): Godišnji izveštaj o radu Izveštajno-prognozne službe DP "Agrozavod" Vrbas.

Radonić, K., Knežević, P. i sar. (2003): Godišnji izveštaj o radu Izveštajno-prognozne službe DP "Agrozavod" Vrbas.

Radulescu, E., Paulian, F. (1973): Protectia soiei impotriva bolilor si daunatorilor. Probleme agricole, Bucuresti, 4, 57-63.

Rajković, D. (1982): Dinamika populacije i variranje nekih taksonomskih karaktera *Tetranychus atlanticus* Mc Gregor 1941. na soji zavisno od sorte i lokaliteta. Magistarski rad, PMF, Novi Sad.

Rajković, D. (1992): Taksonomija pregljeva (*Acarina, Tetranychidae*) i kompleks parazita i predatora na soji. Doktorska disertacija, PMF, Novi Sad.

Reyes, D.A. (1988): Research on pests and diseases of soybean. Means of integrated control. Doctoral thesis. Faculty of Agronomy, Cluj-Napoca, Romania.

Riggs, R.D., Schmitt, D.P. (1987): Nematodes, In Wilcox, J.R. (ed.) Soybeans: improvement, production and uses. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 757-778.

Ružić, A. (1983): In Kolektiv autora "Priručnik izveštajne i prognozne službe zaštite poljoprivrednih kultura", Beograd, 151-167.

Savčić-Petrić, S. i Sekulić, J. (2007): Pesticiidi u prometu u Srbiji (2007). Biljni lekar, 2-3: 113-368, Novi Sad.

Schmitt, D.P., Noel, G.R. (1984): Nematode parasites of soybeans. In Nickle, W.R. "Plant and insect parasitic Nematodes. New York.

Sekulić, R., Thalji, R., Kereši, R. (1983): Proučavanje ishrane gusenica stričkovog šarenjaka (*Vanessa cardui* L.) i mogućnosti njihovog suzbijanja. Agronomski glasnik, Zagreb, 1, 57-63.

Sekulić, R., Kereši, T., Maširević, S., Vajgand, D., Forgić, G., Radojčić, S. (2004): Pojava i štetnost pamukove sovice (*Helicoverpa armigera* Hbn.) u Vojvodini tokom 2003. godine. XXXVIII seminar agronoma, Zbornik radova, sv. 40: 189-202.

Simova-Tošić, D., Vuković, M., Plazinić, V., Mihajlović, Lj. (1988): Pojava i identifikacija najznačajnijih štetnih insekata soje u SR Srbiji. Zaštita bilja, 39 (1), 183, 17-24.

Simova-Tošić, D. (1995): Štetočine soje. In: Nenadić, N., Simić, D. "Soja, proizvodnja i prerada", Beograd, 318-345.

Straka, F. (1967): Ekologija na obnikovenata plevka (*Microtus arvalis* Pall.). BAN, Sofija.

Szarukan, I. (1992): Pajorok (*Melolonthidae*) es drofgergek (*Elateridae*) a kite taggazdasagok talajaban 1976-78-ban. Novenyvedelem, Budapest, 11, 441-450.

Szili, M. (1976): A szoja 1974 evi es varhato novenyvedelmi problemai III. Allati kartevo. Novenyvedelem, Budapest, 1, 18-22.

Szili, M. (1978): A szojakarosito 1977 evi elofordulasa. Novenyvedelem, Budapest, 9, 402-408.

Szili, M. (1979): A szoja betegsegei es kartevo, az ellenuk valo komplex vedekezes lehetosegei. Doktorska disertacija. Agrartudomanyi Egyetem, Keszthely, Magyarorszag.

Šamota, D., Ivezić, M. i dr. (1988): Biološki, tehnički i organizacijski aspekti unapređenja i proširenja proizvodnje soje u Slavoniji i Baranji. Osijek, 1988, 189-198.

Šamota, D., Ivezić, M. i dr. (1989): Biološki, tehnički i organizacijski aspekti unapređenja i proširenja proizvodnje soje u Slavoniji i Baranji. Osijek, 1989, 168-177.

Ščegolev, V.N. (1995): Seljskohozjajstvenaja entomologija. Moskva-Leningrad.

Štrbac, P. (1983): Fauna, bionomija i morfološko-taksonomske karakteristike klisnjaka i trčuljaka (Col.: *Elateridae*, *Carabidae*) u agroekološkim uslovima Slavonije i Baranje. Doktorska disertacija, Polj. fakultet, Osijek.

Tischler, W. (1980): Biologie der Kulturlandschaft. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New-York.

Tomašević, B. (1965): Štetni pregjevi na soji. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Tomićin, M. (1964): Štetočine soje. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Toth, B. (1992): A szoja kertevoi Baranya megyeiben.

Tošić, M. (1995): Bolesti soje, 262-318. In Nenadić, N., Simić, D. "Soja, proizvodnja i prerada", Beograd.

Truskova, G.M. (1973): Zoologičeskij žurnal, Moskva, 52, 1472-1476.

Turnipseed, S.G., Kogan, M. (1987): Integrated control of insect pests, In Wilcox, J.R. (ed.) Soybeans: improvement, production and uses. Agron. Monogr. 16, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, Sec. Ed., 779-817.

Vaclav, V., Batinica, J. (1964): Stričkov šarenjak kao štetočina soje. Poljoprivredni preglad, 11, Sarajevo.

Vaclav, V., Radman, Lj., Batinica, I., Ristanović, M., Dimić, N., Numić, R., Beš, A. (1970): Prilog poznavanju bolesti i štetočina soje u proizvodnim područjima Bosne. Zaštita bilja, 109, 229-236.

Vratarić, M. (1986): Proizvodnja soje. NIRO, Sarajevo.

Vratarić, M. (1988): Biološki, tehnički i organizacijski aspekti unapređenja i proširenja proizvodnje soje u Slavoniji i Baranji. Osijek, 1-23.

”SOJAPROTEIN” - LIDER U PRERADI SOJE



Region Bečaja je jedan od najznačajnijih poljoprivrednih područja u Srbiji, veliki proizvođač ratarskih kultura i industrijskog bilja. Zahvaljujući prirodnim bogatstvima, kao i svom geografskom položaju, u planskom razvoju prehrambene industrije osamdesetih godina odlučeno je da se u Bečaju podigne fabrika za preradu soje. Izgradnjom fabrike ”Sojaprotein” želelo se da se putem prerade soje podmire domaće potrebe za visokovrednim proteinima za prehrambenu industriju, da se smanji deficit jestivog ulja, da se proizvodnjom proteina za stočnu ishranu pomogne razvoj stočarstva, da se umesto dotadašnjeg uvoza Jugoslavija javi kao izvoznik veoma traženih biljnih proteina, da se setvom soje doprinese boljem plodoredu useva i povećanju prinosa u poljoprivredi. Fabrika ”Sojaprotein” je počela da se gradi 1977. godine. Probna proizvodnja je krenula 1982. godine, redovna proizvodnja 1983. godine, a konačno konstituisanje je izvršeno 1985. godine.

Do osnivanja ”Sojaproteina”, soja je u Jugoslaviji bila slabo zastupljen usev. Tako je u periodu od 1971. do 1980. godine soja sejana na prosečno 19.000 hektara. Početkom izgradnje fabrike u Bečaju dolazi do postepenog povećanja površina pod sojom. Znatnim finansijskim ulaganjima ”Sojaproteina” u primarnu poljoprivrednu proizvodnju, kao i radom stručnjaka na terenu radi upoznavanja poljoprivrednih

proizvođača sa malo poznatom kulturom, stvara se stabilnija sirovinaska baza za rad ove fabrike. U više regiona u Jugoslaviji u periodu od 1981. do 1990. godine prosečno je zasejavano oko 94.000 hektara.

U ”Sojaproteinu” je uvek vladalo opredeljenje da domaća proizvodnja soje treba da bude glavna sirovinaska osnova. Preduzeće je od svoga osnivanja na razne načine podsticalo i podržavalo proizvodnju soje, tako da danas svoje potrebe za sirovinama podmiruje zrnem domaćeg porekla. ”Sojaprotein” sa svojim kooperantima organizuje proizvodnju merkantilne soje, obezbeđujući potreban repromaterijal i uslove za setvu i preuzima proizvedene količine. Zahvaljujući sistematskoj saradnji sa proizvođačima soje, partnerskom odnosu prema njima i avansnom ulaganju u setvu, proizvodnja soje za potrebe kapaciteta fabrike je dostigla optimalne količine. U organizaciji ”Sojaproteina” prosečno se zaseje oko 100.000 hektara, dok je 2000. godine dostignut rekord od 112.000 hektara, a 2006. godine otkupljena je rekordna količina od 340.000 tona. ”Sojaprotein” ima skladišni prostor za lagerovanje 100.000 tona zrna u silosu i podnom skladištu, ali se godišnji rod privremeno lageruje i na više otkupnih mesta u regionima proizvodnje soje.



Pogon ekstrakcije i silos

U fabriku je ugrađena oprema najznačajnijih američkih i evropskih proizvođača. Ova oprema se postupno modernizuje i proširuje, prateći savremene tehnološke procese u prehrambenoj industriji i na taj način se povećavaju kapaciteti prerade. Iako se tehnološki postupak u fabrici smatra konvencionalnim, oprema spada u svetski priznatu tehnologiju. Prilikom skladištenja zrna koriste se sušare ”Cer” i ”Schmidt-Seeger”, kao i čistilice za zrno ”Cimbria”. Separacija ljuske se vrši na uređaju ”Schmidt-Seeger”.

Pogon ekstrakcije je opremljen uređajima firme "Ex-Technic" (sada firma "Harburg Freudenberger"). U uljarskom delu fabrike veći deo opreme je od firme "Bühler", a u proteinskom delu za proizvodnju brašna i grizeva se koriste uređaji proizvođača "Baumeister", "Bühler" i "Allgaier". Teksturirani proizvodi se dobijaju na ekstrud-erima "Wenger". Razvojno-investicione aktivnosti u fabrici dovode do instaliranja još savremenije opreme, pa je tako kapacitet povećan novijom linijom za proizvodnju brašna "Baumeister", asortiman teksturiranih proizvoda proširen je novim ekstrud-erom "Wenger", a pakovanje i paletiranje vreća obavlja se na novoj liniji proizvođača "BTH". Vegetarijanske paštete iz programa "Soja Vita" pune se i pakuju na savre- menoj liniji proizvođača "Romer". Nakon ovih investicija trećina prerađene soje ide u visokoprofitabilne proizvode za prehrambenu industriju i direktnu ljudsku ishranu.



Turbo mlinovi za proizvodnju brašna

Prerađujući soju domaćeg porekla, od sorti koje su razvijene prirodnom selekcijom, proizvodi "Sojaproteina" se dobijaju od genetički nemodifikovanog zrna.

Sojino zrno doveženo sa polja prolazi prijemnu kontrolu (vlaga, nečistoće i kontrola genetičke modifikovanosti). Priljeno zrno se najpre razvrstava prema sadržaju vlage. Zatim se iz zrna otklanjaju grube nečistoće i suši se na optimalnu vlažnost. U zavisnosti od kvaliteta zrna, ono se odvaja prema nameni – za ljudsku ishranu ili za stočnu hranu i skladišti se u ćelijama silosa na duži period. Na početku prerade zrno još jednom prolazi kroz fazu grubog i finog čišćenja. Da bi se što lakše oljuštilo, zrno se dosušuje i temperira i prelazi u pogon pripreme. Zrno se drobi, odvaja se ljuska, kondicionira se (zagreva se parom) i zatim prolazi kroz valjke koji mu daju oblik flekica. U pogonu pripreme se razdvaja sirovina koja ide u proizvodnju punomasnih proizvoda i ona koja odlazi u ekstrakciju. Tamo se izdvaja ulje i hidrotermički se obrađuje

obezmašćeni materijal radi uklanjanja zaostalog rastvarača heksana i inaktiviranja antinutritivnih sastojaka (desolventizacija i tostovanje). Takođe, iz sirovog ulja se degumiranjem izdvaja lecitin. Iz pogona ekstrakcije degumirano sojino ulje i lecitin se lageruju u tankovima i odatle se prodaju u sirovom stanju. Zavisno od kvaliteta izabranog sojinog zrna, kao i od primenjenih tehnoloških parametara, obezmašćene flekice se upućuju u proizvodnju brašna i grizeva za ljudsku ishranu ili za proizvodnju sojine sačme za ishranu stoke. U pogonu brašna i griza se proizvode punomasna i obezmašćena brašna i grizevi sa različitim stepenom toplotne obrade i granulacije. Obezmašćeno umereno tostovano sojino brašno određene granulacije je polazna sirovina za proizvodnju teksturiranih proizvoda (ljustica, komadića i odrezaka). Proizvodi za ljudsku ishranu namenjeni za prehrambenu industriju se uvrećavaju u odgovarajuću ambalažu, a proizvodi za korišćenje u domaćinstvu odlaze u pogon za sitno pakovanje.

Prerodom soje u "Sojaproteinu" se dobijaju proteinski i uljarski proizvodi. Prema tehnološkom postupku, kao i prema njihovoj nameni, svrstavaju se u sledeće grupe:

PROIZVODI ZA PREHRAMBENU INDUSTRIJU:

- Punomasni proizvodi - brašna i grizevi sa sadržajem ulja oko 23%
- Malomasni proizvodi - brašno sa sadržajem ulja od oko 8%
- Obezmašćeni proizvodi - brašna i grizevi sa sadržajem ulja od oko 1,5%
- Lecitinirani proizvodi - obezmašćeno brašno na koje nanet sojin lecitin, sadržaj lecitina 3,5%)
- Teksturirani proizvodi - obezmašćeni teksturirani proteini u obliku ljustica, komadića i odrezaka - neutralne boje i obojeni, sadržaj proteina 53%
- Funkcionalne smeše belančevinastih proizvoda - Sopromix 1 (protein 57%) Sopromix 2 (protein 48%) i Sopromix HE (protein 60%)
- Sojino ulje i lecitin - sirovo degumirano sojino ulje i sirovi sojin lecitin

PROIZVODI ZA KORIŠĆENJE U DOMAĆINSTVU - "SOJA VITA":

- brašno, ljustice, komadići, odresci, prženo sojino zrno, vegetarijanske paštete, sojin lecitin u teglama, sojin lecitin u kapsulama - "Leci Kaps" i dijetetski napitak "Leci Vita".

PROIZVODI ZA ISHRANU ŽIVOTINJA

- Sačma sa sadržajem proteina 44%

U strukturi gotovih proizvoda dominantno je učešće sojine sačme i sirovog degumiranog ulja, dok proizvodi za humanu ishranu beleže stalan porast u ukupnom plasmanu. Proizvodi "Sojaproteina" naročito su zastupljeni u industriji biljnih ulja i masti, industriji prerade mesa, konditorskoj industriji, proizvodnji testenina, pekarstvu i farmaceutskoj industriji. Zahvaljujući odgovarajućem tehnološkom postupku prerade sojinog zrna, u ovim proizvodima su sačuvane nutritivne i biološke vrednosti.

Osnovne prednosti njihovog korišćenja u prehrambenoj industriji su:

- povećanje ukupne hranljive i biološke vrednosti i iskoristljivosti finalnog proizvoda
- poboljšanje senzorskih svojstava finalnih proizvoda
- ekonomičnost proizvodnje finalnih proizvoda



Proizvodi od soje za prehrambenu industriju

Za pripremu raznovrsnih jela u domaćinstvu i ugostiteljstvu su namenjeni proizvodi iz programa "Soja Vita". Oni se koriste samostalno ili u kombinaciji sa drugim prehrambenim proizvodima i omogućavaju svakoj domaćici ili profesionalnom kuvaru da iskažu svoju veštinu i prilagode jelovnik različitim ukusima.

Proizvodi od soje su osnovna proteinska komponenta u proizvodnji hrane za životinje i njihovim korišćenjem se postižu bolji rezultati u proizvodnji proteina životinjskog porekla: mesa, mleka i jaja.

Rukovodeći tim "Sojaproteina" je orijentisan pre svega na zadovoljenje zahteva i ispunjenje očekivanja kupaca, stvaranje partnerskih odnosa sa dobavljačima, uz podržavanje i stimulisanje kreativnosti zaposlenih, njihovih inicijativa i odgovornosti za kvalitet. Razvojni ciljevi su usmereni ka proširenju postojećeg asortimana proizvoda

od soje, kao i na unapređenju njihove primene. Poboljšavaju se funkcionalne osobine postojećih proizvoda (emulgovanje i hidratacija), uz upotrebu prirodnih poboljšivača, a u cilju racionalizacije troškova proizvodnje finalnih prehrambenih proizvoda u koje se ugrađuju proizvodi od soje. Sledeća faza na razvojnom putu "Sojaproteina" je izgradnja fabrike za proizvodnju sojinih koncentrata i izolata, kapaciteta 15.000 tona gotovih proizvoda, što će doprineti proširivanju proizvodnog programa i povećanju profita. Ovi proizvodi su najviša faza prerade sojinog zrna i namenjeni su prvenstveno za industriju prerade mesa, za konditorsku idustriju, za proizvodnju zdravih napitaka i hrane za bebe, a biće plasirani na domaćem i inostranom tržištu. Proizvodi dobijeni preradom genetički nemodifikovanog zrna su uslov za povećanje prodaje na domaćem i inostranom tržištu u narednim godinama.

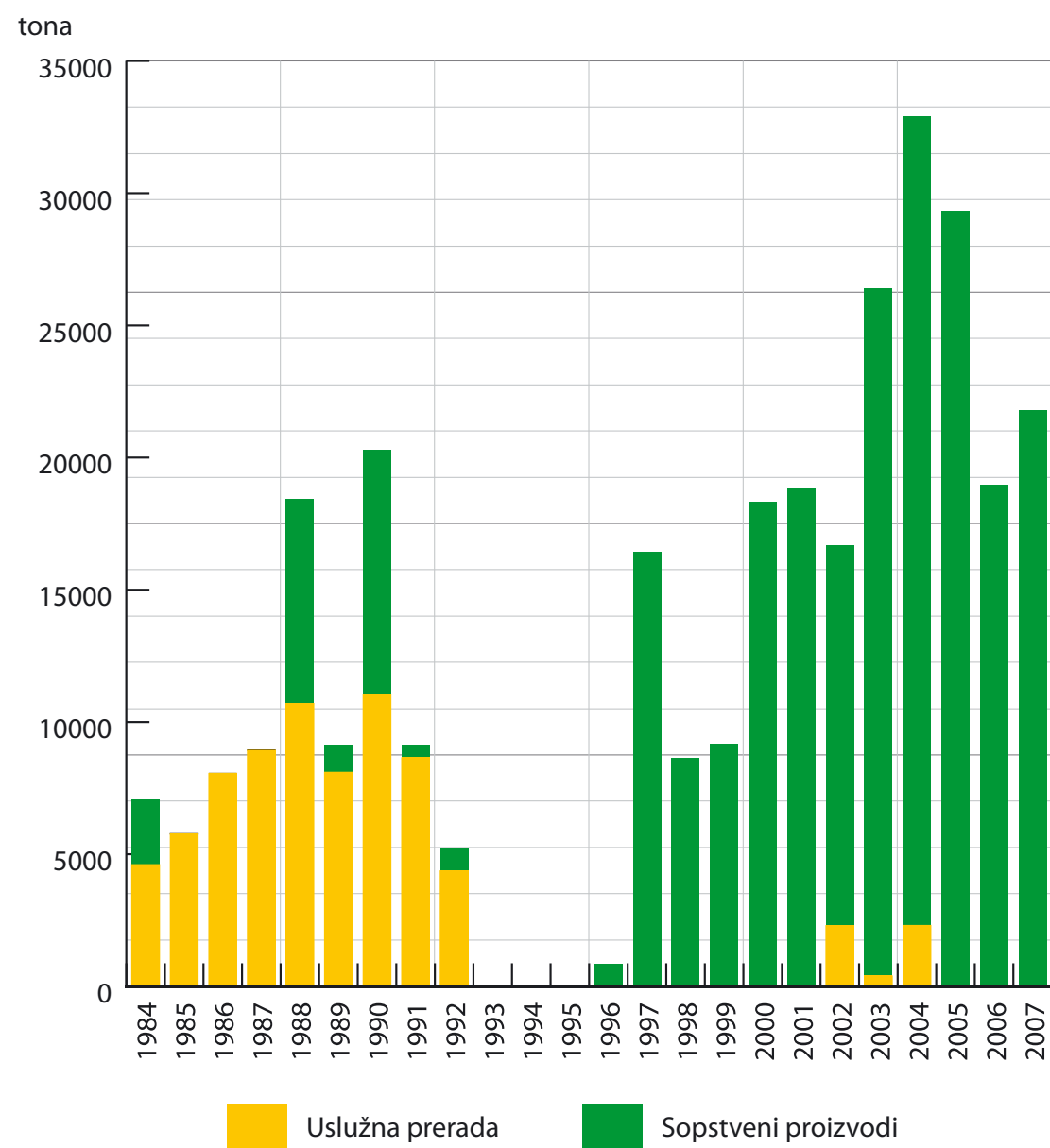
Teži se maksimalnom iskorišćenju kapaciteta proizvodnje, uz povećanje produktivnosti, eliminisanju uskih grla u proizvodnji ugradnjom novih uređaja i savremenom pakovanju gotovih proizvoda. Tako je godišnji kapacitet fabrike, zahvaljujući ugradnji nove opreme, povećan od projektovanih 160.000 tona na blizu 300.000 tona prerađenog zrna. Optimalan broj zaposlenih, sa odgovarajućim stepenom obrazovanja, uz stalno sticanje novih znanja, praćenje kvaliteta proizvoda od strane akreditovanih laboratorija, ulaganje u novu opremu, njeno preventivno održavanje, kao i uslovi radne sredine, predstavljaju osnovu na kojoj se zasniva postizanje i održavanje kvaliteta proizvoda.

U skladu sa politikom permanentnog razvoja sistema kvaliteta i usvajanja međunarodnih standarda, kompanija "Sojaprotein" je razvila "Identity Preservation Program", koji je međunarodno sertifikovan. Ovaj sistem definiše proces očuvanja genetičke čistoće proizvoda od soje, počevši od proizvodnje semena, do isporuke finalnog proizvoda, striktno poštujući proceduru kontrole svih segmenata proizvodnog lanca, uz jasno definisanu sledljivost i dokumentovanost. "Sojaprotein" garantuje da proizvodi potiču isključivo od genetički nemodifikovanog sojinog zrna zaštićenog porekla, proizvedenog u Srbiji. U "Sojaproteinu" je uspostavljen Sistem kvaliteta u skladu sa zahtevima Standarda ISO 9001, Sistem bezbednosti proizvoda prema zahtevima ISO 22000 i Sistem zaštite životne sredine prema zahtevima Standarda ISO 14001. Za održavanje i stalno poboljšavanje sistema menadžmenta zdravljem i bezbednošću na radu u fabrici je uspostavljen sistem u skladu sa standardom OHSAS 18001. Svi ovi sistemi su sertifikovani od međunarodne sertifikacione kuće "SGS". Istovremeno, u "Sojaproteinu" su ispunjeni svi zahtevi KOSHER i HALAL standarda prilikom proizvodnje, tako da su dobijeni i ovi sertifikati.

Angažovanjem akreditovanih laboratorija koje vrše kontrolu uslova u proizvodnji sirovina, otkupa sirovina, prijemu kontrolu ulaznih materijala, kontrolu proizvodnog procesa, analizu hemijskog sastava, mikrobioloških karakteristika i kontrolu zdravstvene ispravnosti proizvoda, "Sojaprotein" obezbeđuje kvalitetan i bezbedan proizvod, što je osnovni uslov za stabilan plasman na inostranom i domaćem tržištu. Unapređenjem svoje proizvodnje prema ovim standardima, "Sojaprotein" nastoji da postane lider na tržištu koje obuhvata zemlje CEFTA, Jugoistočne Evrope, Bliskog Istoka i Severne Afrike u oblasti proizvodnje zdrave, bezbedne hrane od soje za ishranu ljudi i životinja.

Ovo se postiže ispunjavanjem najviših zahteva svetskih standarda za kvalitet, za bezbednost proizvoda i za zaštitu životne sredine, stručnim osposobljavanjem i jačanjem svesti svih zaposlenih da preventivno deluju i stalno poboljšavaju kvalitet, bezbednost proizvoda i štite sredinu u kojoj žive.

Najveći deo proizvoda se plasira na domaćem tržištu, a 15% do 25% proizvoda više faze prerade se izvozi. Zahvaljujući tome što su proizvodi od soje izradjeni od sorti soje domaćeg porekla, koja nije genetički modifikovana, "Sojaprotein" ima komparativnu prednost na inostranom tržištu i zainteresovanost za ove proizvode stalno se povećava i oni se izvoze u preko 30 zemalja.

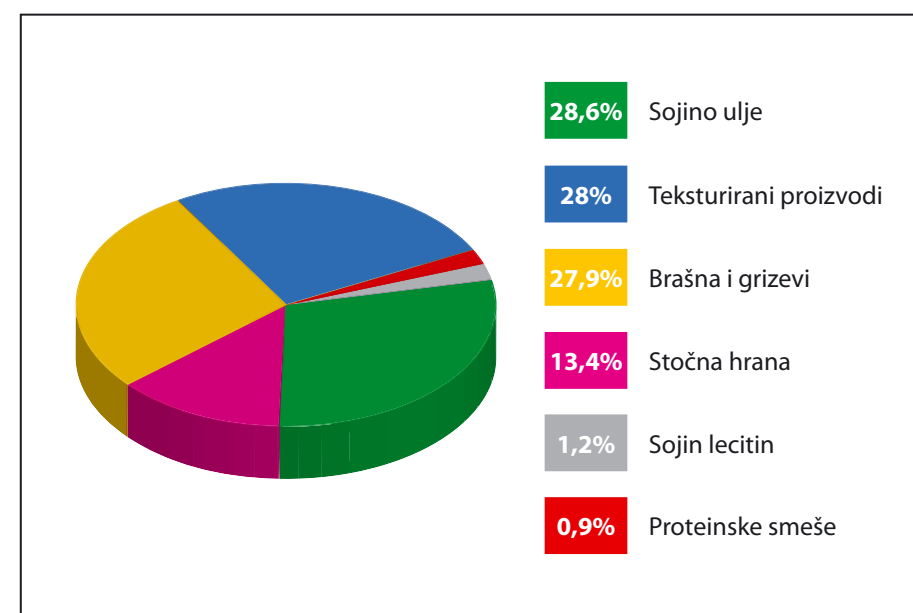


Izvoz proizvoda od soje u periodu 1984-2007. godine

Od početka rada fabrike izvoz je imao značajnu ulogu u razvoju kompanije. U periodu od 1986. do 1992. godine izvoz je bio u funkciji kooperacije sa Poljoprivrednim Kombinatom "Boly" iz Mađarske. U okviru kooperacije dominantna je bila uslužna prerada soje kroz koju se obezbeđivala potrebna sirovina, a inostranom partneru su isporučivani gotovi proizvodi. Samo u pojedinim godinama (1988 i 1990.) ostvaren je značajniji redovan izvoz van kooperacije.

Izvozna aktivnost je praktično prestala u vreme primene sankcija Saveza bezbednosti Ujedinjenih nacija (1992-1995). Normalizacija političke situacije u regionu, počev od 1996. godine, dala je novi podsticaj plasmanu robe na inostrano tržište. Ipak, politička kriza na Kosovu i akcija NATO (1998/99.) ponovo su uticali na smanjenje izvozne ekspanzije. Tek je period od 2000. godine omogućio postojani trend rasta izvoza. Od završetka procesa privatizacije, krajem 2002. godine beleži se novi uspon izvoza, kako sopstvenih proizvoda od soje, tako i trgovačke robe (kukuruz, pšenica, suncokret). Na izvoznju ekspanziju posle 2002. godine naročiti uticaj je imala činjenica da se prerađuje isključivo genetički nemodifikovano sojino zrno, proizvedeno u Srbiji, što omogućuje izdavanje validnog sertifikata o očuvanju porekla (IP), čime se ispunjavaju svi zahtevi važeći u Evropskoj Uniji i drugim zemljama koje ne prihvataju GMO proizvode. Čak i u godinama osciliranja ukupnog izvoza (2005-2006), usled pojačane potražnje sirovog sojinog ulja na domaćem tržištu i manjeg izvoza, u "Sojaproteinu" je uspevalo da se popravi struktura izvoza plasmanom proizvoda višeg stepena prerade (teksturirani proizvodi, brašna i grizevi).

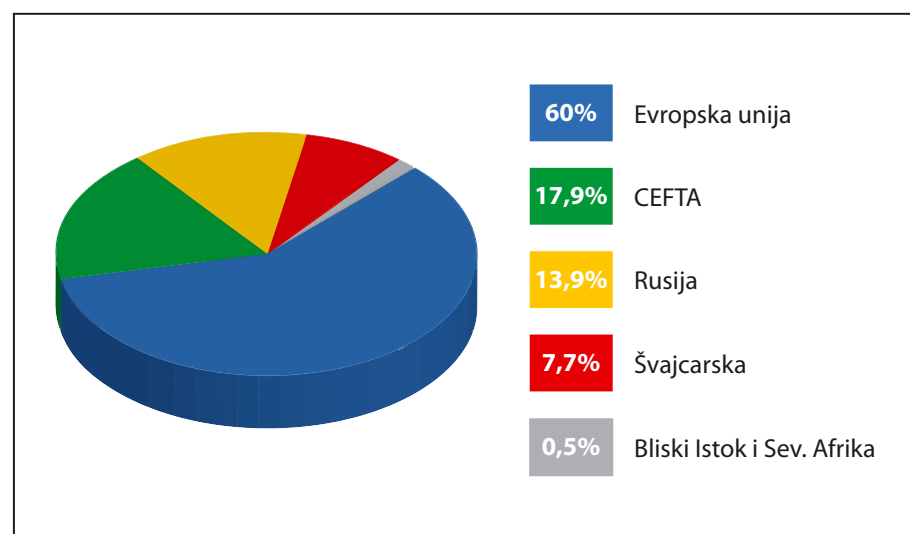
U strukturi izvoza proizvoda od soje u 2007. godini su ravnomerno zastupljeni teksturirani proizvodi, brašna i grizevi i sirovo sojino ulje. To su glavni izvozni proizvodi "Sojaproteina" sa učešćem od oko 85% u ukupnom izvozu. Ostatak čine proizvodi za ishranu životinja - riblja hrana i sojina sačma.



Struktura izvoza po proizvodima 2007. godine

Chapter 1

Regionalna struktura izvoza se menja zavisno od strukture izvoza proizvoda u pojedinim godinama. Zemlje Evropske Unije su glavne regije u kojima se plasiraju proizvodi "Sojaproteina", zatim države članice CEFTA-e, kao i Ruska federacija. Počev od 2007. a naročito od 2008. godine, ovi proizvodi su prisutni ina tržištima zemalja Bliskog Istoka i Severne Afrike. Među kupcima podjednako su zastupljeni trgovačke firme, koje dalje distribuiraju robu, kao i krajnji korisnici iz prehrambene industrije.



Struktura izvoza po regionima 2007. godine

Kao rezultat trajne orijentacije ka osvajanju novih tržišta i zahvaljujući kontinuiranom investiranju u vrhunsku svetsku opremu već u 2008. godini dodatno raste učešće tekturiranih proizvoda u ukupnom izvozu, sa tendencijom daljeg rasta.

U "Sojaproteinu" se pristupilo sprovođenju postupka svojinske transformacije 2000. godine i izvršen je prvi krug svojinske transformacije u iznosu od 60,37%. Preostali deo društvenog kapitala u iznosu od 39,63% prodat je u drugom krugu na javnoj aukcijskoj prodaji na Beogradskoj berzi 2002. godine Kupac je bila domaća kompanija "Victoria". Formiranjem "Victoria Group" 2004. godine sa sedištem u Novom Sadu, fabrika "Sojaprotein" je postala deo zaokruženog proizvodnog sistema koji objedinjuje sedam preduzeća, smeštenih u različitim mestima širom Vojvodine. Ulaskom u "Victoria Group" neka od njih su značajnim investicijama rekonstruisana i uvedene su nove tehnologije, a neka su izgrađena kao potpuno nove fabrike. Jedan od najvećih agrokompleksa u Srbiji, "Victoria Group", uspešnim poslovanjem obezbeđuje svoju vodeću ulogu u agraru.

Despite the centuries of traditional growing in its region of origin, the Far East, it was only in the forties that soybean transformed from a minor crop serving as ensiled feed into a major crop and globally important source of food. For several decades, the United States with about 30,000,000 hectares have been the leading country in soybean production, processing, and trade. In last few decades, Brazil and Argentina, with the acreages of about twenty and fifteen million hectares, respectively, became important soybean producers on the global scale. Attempts to grown soybean have been made in a number of countries. Most countries in the world are presently growing soybean but on a limited acreage.

The soybean was introduced in our country in the 19th century but it remained a minor crop until three decades ago. The global trend of increasing the soybean acreage has been felt in our country too. Although the acreage fluctuated in dependence of yields achieved and economic incentives offered, the soybean should nevertheless be considered a major field crop. The largest soybean acreage is located in the Vojvodina Province. As a result of an intensive research work, the introduced foreign varieties have been replaced by domestic ones and a number of problems in the field of cultural practices has been solved. The presently grown soybean varieties have been developed in our agroecological conditions and the cultural practices have been modified to fit the prevailing climatic and soil factors.

Chapter 2

The soybean is an annual plant with erect, hairy stem, which, depending on environmental factors, could reach 30 to 130 cm in height. The root system is diffuse, with a taproot which usually cannot be distinguished from lateral roots. Root nodules occurs as a result of N₂ – fixing symbiotic relationship established between the soybean plant and Bradyrhizobium bacterium. Trifoliolate foliage leaves are typical for soybean, and so is papilionaceous, purple or white flowers. The pods, depending on environmental factors contains one to five seeds. The most important components of soybean seed are proteins (about 40%) and oil (about 20%). Because of its photoperiod sensitivity, soybean varieties are divide into 13 maturity groups, from 000 for higher latitudes, to X for lower. Plant development could be divided into two phases – vegetative (V) and reproductive (R), which, consequently could be divided into more phenophases marked by numbers.

Chapter 3

This chapter summarizes existing information and highlights new information on soybean genetics with an emphasis on data published since the first edition (1998) of this book. Soybean genetics encompasses all aspects of genetics within the genus *Glycine*. Presented is a listing of gene symbols, with phenotype and references that have been approved by the Soybean Genetics Committee. Additionally, the data necessary for suitable phenotype description and mutant genetics are given. Presented are traditional linkage maps, methods for development of linkage maps, discussed integration of classical and molecular markers as well as basic concepts of comparative mapping. Described are problems of genomic duplications, homeology in soybean genome and pedigree-based map analysis.

Chapter 4

Soybean breeding over the past 60 years has produced cultivars with greater genetic yield potential that are adapted to modern cultural practices. Breeding has also protected the crop by incorporating disease and pest resistance into cultivars. Seed quality has also been improved. However, as Brim (1973) noted, "past success does not necessarily provide conclusive proof of the efficiency of present breeding procedures." Evaluating breeding methods within a quantitative genetic context provides a way to compare the efficiencies of different procedures and determine the likelihood that a new procedure will be successful. Future research should continue to focus on ways to improve method efficiency and ways to increase the rate of improvement (Burton, 1987). These include the following: (i) the development of breeding populations, taking into account the genetic origin of the parents, their overall phenotype, and their performance in diverse environments; (ii) the development of single and multiple trait selection schemes which incorporate a more rapid cycling of elite line identification, selection and recombination; (iii) the investigation of the relative importance of dominance and epistasis, particularly as they affect heterosis; (iv) the development of ways to manage genotype x environment interactions so that heritabilities are increased; (v) the allocation of resources with respect to preliminary vs. advanced testing and (vi) cost effective ways to apply molecular genetic technology to quantitative trait improvements.

Chapter 5

Soybean breeding methods for development of commercial cultivars continue to evolve. Although soybean breeders have been successful in producing cultivars

using traditional conventional breeding methods, the most widely used methods have shifted in recent decades to wide use of single seed descent, and with the advent of transformation, renewed use of backcrossing. Many breeders are now using molecular-based plant breeding methods and techniques (such as marker-assisted selection) as part of their cultivar development program. The challenge is to efficiently and effectively introgress the new or modified conventional and molecular technologies into existing cultivar development programs so that progress in soybean cultivar development continues in the future.

Chapter 6

Genetic modifications (GM), in a way of transgenic technology, are a consequence of deliberate, aimed, intentional and partly controlled gene insertion process. Contrastingly to hybridization that relies on vertical gene transfer, and total parental genome recombination, gene engineering relies on horizontal gene flow and the one chimeric gene, or a couple of genes insertion. The gene donor could be taxonomically absolutely distant from the host genome. Soybean appeared to be the cultivar that has been vastly genetically modified, less in quality, but by far more in quantity. Total herbicide resistance has been the main trait to be modified. The very basis, techniques and consequences of GM are given in this article considering soybean, and wider.

Chapter 7

Soybean began to be grown on a large scale relatively recently, bringing about the start of soybean breeding. Today, there is a large number of soybean varieties, which are adapted to different climatic and soil conditions. Soybean varieties originating from the monsoon climate are adapted for cultivation in environments with higher rainfall amounts and somewhat higher temperatures.

The optimum soil air supply for the soybean root is 15-22% vol. When sunlight intensity is reduced by 50%, soybean plants will develop a considerably smaller number of nodes, branches and pods. To avoid this, care must be taken not to have too dense a stand when growing this crop.

Soybean is a short-day plant. In order to make the transition from the vegetative to the generative stage, soybean needs only two to six short days at the one to three compound leaves. The dependence on daylength is inversely proportional to the length of the growing period. Varieties with a longer growing season are more sensitive to the absence of short days, i.e. their photoperiodic response is qualitative in nature. Varieties with a shorter growing period (maturity groups 0-III) can form

their generative organs even without night time (with 24- hour illumination), so their photoperiodic response is quantitative.

Soybean has a firm and strong root. The proper development of this root and the nodule (nitrogen-fixing) bacteria developing on it requires a soil that is neither acidic nor saline and has good water-air properties and enough available nutrients.

Soybean is usually grown on fertile, humus-rich soils. Humus has a favorable effect on soil structure and water retention capacity and thus brings about increased soybean yields. This has made it possible for soybean to spread across a belt stretching from 40° S to 60° N. Still, the best results in soybean production are achieved in the northern hemisphere between 35 and 45° N.

Chapter 8

Mineral elements are essential components of plant cells. They play numerous roles in plant metabolism and they indirectly or directly affect all processes in the plant. Mineral elements are constituents of organic compounds, their ions act as catalysts of biochemical reactions, they are regulators of the cell pH and osmotic potential, and they take part in hydration of cell macromolecules. Although essential elements are vital for all plant species, significant differences between them may be present, with respect to needed amounts and to certain extent metabolic pathways of some elements. Soybean, as a legume, has certain specific features with respect to demands for particular elements and their metabolism and those are pointed out in this chapter. As one of preconditions for full expression of soybean genetic potential for yield and grain quality indeed is well balanced mineral nutrition, special attention here was devoted to metabolic role of essential elements (N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co and Ni), their threshold values and effects of their insufficient supply and their excess on soybean growth, development and metabolism.

Chapter 9

Nitrogen fixation is an important process for the maintenance of life on Earth. Only a few prokaryotic genera have the capacity to fix nitrogen. Nodular bacteria fall in this group. Association between nodular bacteria from the genera *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mezorhizobium*, *Azorhizobium* and *Allorhizobium* and legumes is unique and beneficial for both partners. As a result of the association, nodules are formed on plant roots. Nodules, i.e., bacteroids, contain nitrogenase, the enzyme responsible for the biological fixation of nitrogen. Reduction process produces the ion NH_4^+ which is exuded into cellular cytoplasm of plants. In cytosol, the ion NH_4^+ takes part in the synthesis of organic compounds, primarily amino acids. In field

conditions, the main factors affecting nitrogen fixation are soil moisture, temperature, light, pH environment, and mineral nutrition of plants. Plants associated with efficient nitrogen-fixing bacteria grow well, their leaf color is dark green, and their main root is overgrown with large nodules which, on average, are red-colored. Nowadays, seed treatment with microbiological preparations is an obligatory practice. It is economically advantageous because it ensures increased yield and improved quality of grain. After harvest, the soybean leaves considerable amounts of organic nitrogen which is not prone to leaching. This makes the soybean a good preceding crop for most field crops.

Chapter 10

High soybean yields require the harmony of all production factors. In practical terms, this means the right choices in selecting the plot and the most suitable crop rotation, then timely apply tillage measures, fertilizer, and, if necessary, weed control, and finally, promptly and efficiently harvest the crop. In addition, one has to know the variety and its needs in terms of plant density, nutrient requirements, and the depth and timing of sowing, so that edaphic, climatic, and genetic factors can all be brought into harmony with the help of cultural practices. Carefully selected, and through the years proven cultural practices should be used to attain high yields, making sure that the fertility of the soil is maintained as well. Neglecting basic requirements in terms of cultural practices or reducing certain measures will inevitably lead to yield losses.

The failure to do something at a certain point during the production cannot be compensated for later in the process without the loss of yields. If the soil has been badly prepared, one cannot achieve a good stand even if more seeds are sown. The late removal of weeds may make harvesting easier, but the damage has already been done, since the weeds have already destroyed part of the crop. The omission of NITRAGIN will reduce yields or increase the costs by requiring the application of nitrogen. In order to attain high yields, therefore, due care has to be paid to each and every step in the production process.

Chapter 11

Irrigation of soybean is important in Serbian pedoclimatic conditions, which can be characterized as variable, unstable and unpredictable, especially when it comes to the amount and distribution of precipitation. Rainfall alone cannot provide sufficient amounts of water to secure high yields of soybean, whose potential evapotranspiration totals 450-500 mm, with 40 mm in April, 30-60 mm in May, 90-100 mm in June, 110-125 mm in July, 100-120 mm in August, and 50-80 mm in September.

When growing single-crop soybeans, irrigation should be scheduled according to soil moisture, with the technical minimum being 60-65% FC. In practice, irrigation is most commonly scheduled on the basis of critical periods with the goal being to maintain soil moisture at optimal levels during flowering and grain fill. In recent times, there has also been a possibility of using water balance as the basis of irrigation scheduling, in which case the readily available water content of the active rhizosphere is calculated on a daily basis from the points of view of water inflow and consumption. When the water reserves drop to a minimum, irrigation begins. The daily water consumption by potential evapotranspiration is calculated using a bioclimatic procedure involving hydrophytometeorological indices, which have been well established for soybean cultivated in Serbian growing conditions. Evaporation from an open water surface measured on an atmometer can also be used, as adjustment indices for evapotranspiration in relation to the atmometer have been developed. It is recommended to use mean daily temperatures and hydrophytothermal indices; the procedure is simple and applicable in practice and has the necessary level of accuracy.

Soybean yield increases resulting from irrigation may range from modest to very high depending on the year (most importantly the amount and distribution of precipitation). Irrigation stabilizes yields at a high level and improves soybean grain quality.

In irrigated conditions, soybean becomes very interesting when the goal is to obtain two harvests per year. In such cases soybean is grown as a second or stubble crop either for grain or fresh matter. Such crops of soybean require one-third less water than single-crop soybeans, while the irrigation norm is the same, or sometimes even larger. Potential evapotranspiration of second-crop soybean is 300-350 mm and that of stubble-crop one 250-300 mm. The first irrigation is performed if needed after the planting, while all the subsequent ones are carried out at particular intervals in a modified form. Rainfall is taken into account, so each subsequent irrigation is postponed by a day for every 5 mm of rain that come down. If a substantial amount of rain falls, the next irrigation is delayed by one interval at the most, and that particular rain is regarded as an instance of irrigation that is part of the schedule. Soybeans actually take up the readily available water from the active rhizosphere during one interval, and irrigation is used to maintain optimal moisture in order to secure high yields.

Chapter 12

In the broadest sense, the term seed production refers to the processes of seed growing, seed processing, and seed trade. Seed production consists of a number of distinct phases, such as the establishment and growing of the seed crop, its inspection and control in the field, harvesting, processing, the testing and determination of

seed characteristics, and the distribution and sale of the seeds. Seed production can be regarded as the final stage of plant breeding, as the newly developed production characteristics have a new biological value.

The seed production cycle is organized by a complex comprised of research institutes, seed growers, seed processors, and seed suppliers. High seed categories are produced by the organization that developed the seed and this process is under the direct control of the breeder. Lower seed categories, on the other hand, are produced by agricultural organizations under the supervision of the breeder/research institute and the relevant inspecting authority.

The production of soybean seeds is a responsible job, so the seed production technology for this crop must be devised in a way that will minimize production risks, maximize the economic effects, and meet all the necessary legal requirements. High quality seeds are the first prerequisite of high quality seed production, so, in order to fulfil this goal, the seeds are processed, packaged, tested, and, if found to meet the legally prescribed requirements in terms of quality, sold.

Chapter 13

This chapter represents a summary of the present knowledge about the major soybean diseases. Particular attention has been paid to economically important soybean diseases in the Vojvodina Province. Furthermore, the chapter also includes some soybean diseases that are economically important in certain other growing regions in the world, namely diseases that have not yet been found in our country but may appear here as well.

The soybean diseases from the chapter have been generally presented as follows: distribution and economical importance, symptoms, pathogen characteristics, pathogen biology, epidemiology, and control.

The soybean crop is attacked by a number of pathogens (fungi, bacteria, viruses, etc.). The intensity of occurrence and economical importance of soybean diseases varies depending on the climatic conditions, variety, and location.

The most widespread and economically important diseases of soybean in Serbia are downy mildew (caused by *Peronospora manshurica*), bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*), Sclerotinia stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*), stem canker (*Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*), and charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*). In addition to these, there are some soybean diseases that appear in the country only periodically, namely brown spot (*Septoria glycines*), zonal concentric brown spot (*Ascochyta sojaecola*), Phyllosticta leaf spot (*Phyllosticta sojaecola*), anthracnose (*Colletotrichum truncatum* and *C. destructivum*), pod and stem blight (*Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* – *Phomopsis sojae*), Phomopsis seed decay (*Phomopsis longicolla*), brown stem rot (*Phialophora gregata*), Rhizoctonia aerial blight (*Rhizoctonia solani*),

Fusarium blight or wilt, root rot and pod and collar rot (*Fusarium* spp.), Pythium rot (*Pythium* spp.), bacterial pustule (*Xanthomonas campestris* pv. *glycines*) and soybean mosaic (soybean mosaic virus).

Of the diseases that have not been recorded in our country thus far, the following have been described in this chapter: Frogeye leaf spot (*Cercospora sojina*), Cercocpora bligh and purple seed stain (*Cercopora kikuchii*), powdery mildew (*Microsphaera diffusa*), rust (*Phacopsora pachyrhizi*), Phytophthora rot (*Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*), wildfire (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*) and bud blight (tobacco ring spot virus).

Chapter 14

Soybean is in Serbia impacted with about 90 various pests. Most of them are insects (over 83%), till the rest are other animal pests. Phytophagous species take place during whole vegetation, from planting to harvest, injuring all parts of the plant: root system and root nodules, stem, leaves, flowers, pods, and seeds.

Economic importance has following species: Germinated seeds and root system, especially in the beginning of the vegetation are injured by *Elateridae*, *Scarabaeidae*, *Sitona* spp., *Delia platura* **Mg.**, nematodes (*Pratylenchus* spp. and *Meloidogyne* spp.), various birds (*Aves*), etc. On overhead parts of the plant, from the beginning to the end of vegetation, various pests occur, but the most important are the following: *Tanymecus dilaticollis* **Gyll.**, *Sitona* spp., *Aphididae*, *Thysanoptera*, *Heteroptera* (*Lygus* spp.), *Pyrameus - Vanessa cardui* **L.**, *Autographa gamma* **Hb.**, *Mamestra brassicae* **L.**, *Loxostege sticticalis* **L.**, *Etiella zinckenella* **Tr.**, *Helicoverpa armigera* **Hbn.**, *Scotia* spp., *Tetranychus* spp., *Cricetus cricetus* **L.**, *Microtus arvalis* **Pall.**, *Lepus europaeus* **L.**, etc.

Special economic importance, so far, have *Tetranychus atlanticus* **Mc Greg.**, *Pyrameus cardui* **L.**, *Cricetus cricetus* **L.**, *Lepus europaeus* **L.** and other rodents.

Tetranychus atlanticus **Mc Greg.** represents the most important soybean pest. *T. urticae* **Koch.** also occur, but in significantly reduced number. The biggest impacts on soybean occur in years with dry summer (2002, 2003). Yield of the impacted plants could be reduced up to 27%. *Pyrameus cardui* **L.** occasionally could outbreak. The last outbreak of this species was recorded in 2006, when chemical insecticides were used on several hundred hectares. *Cricetus cricetus* **L.** attacks in the beginning of the vegetation (mass occurrence in 2006), destroying the plants in oasis-like parts of the field. Significant injuries could occur in maturation also.

There is no exact data about total losses caused by pests in our country, so far.

CIP - Каталогизacija u publikaciji
Библиотека Матице српске, Нови Сад

633.34

SOJA / [urednici] Jegor Miladinović, Milica Hrustić, Miloš Vidić. - Novi Sad : Institut za ratarstvo i povrtarstvo ; Bečej : Sojaprotein, 2008 (Novi Sad : AMB grafika). - 513 str. : ilustr. ; 29cm

Prema predgovoru, ovo je 2. izd. - Tiraž 1.000. - Bibliografija uz svaki rad. - Summary.

ISBN 978-86-80417-18-9

a) Coja

COBISS.SR-ID 234809351