

---

---

Mirjana Milošević  
Ana Marjanović Jeromela

---

---

---

---

# Biodiverzitet biljaka i njegovo očuvanje

---

---



Школка књига  
Нови Сад

---

---

Novi Sad  
2020.

---

---

Prof. dr Mirjana Milošević  
Dr Ana Marjanović Jeromela

## **BIODIVERZITET BILJAKA I NJEGOVO OČUVANJE**

### ***Recenzenti***

Dr Violeta Anđelković , Institut za kukuruz „Zemun Polje”  
Dr Ankica Kondić Špika, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju  
Dr Dragana Miladinović, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju

### ***Lektura i korektura***

Jasminka Pilipović

### ***Izdaje***

ИГП „ШКОЛСКА КЊИГА” ДОО, Novi Sad  
skolskaknjigans@gmail.com

### ***Za izdavača***

Uroš Milojković

*Peppers i usluga printa*  
Abraka Dabra, Novi Sad  
abraka.dabra.ns@gmail.com

### ***Tiraž***

500 primeraka

ISBN 978-86-7580-567-0



## Sadržaj:

<b>Biodiverzitet i njegovo očuvanje</b> .....	7
Uvod .....	7
Održivi razvoj.....	7
<i>Značaj biodiverziteta</i> .....	13
<i>Oblici biodiverziteta</i> .....	14
<i>Diverzitet ekosistema</i> .....	15
Invazivne biljne vrste.....	17
<i>Biodiverzitet vrsta</i> .....	18
<i>Genetički diverzitet</i> .....	19
Izučavanje genetičkog diverziteta primenom molekularnih metoda .....	22
Oplemenjivački rad i genetički resursi .....	27
Centri porekla biodiverziteta .....	28
<i>Divlji srodnici biljaka</i> .....	34
<i>Populacije</i> .....	35
<i>Merenje biodiverziteta</i> .....	37
Merenje ekološkog diverziteta.....	37
Merenje diverziteta vrsta .....	39
Merenje genetičkog diverziteta .....	40
Ekonomski značaj biodiverziteta.....	44
<i>Značaj biodiverziteta za poljoprivredu</i> .....	49
<i>Socioekonomski značaj biodiverziteta</i> .....	51
<i>Značaj biodiverziteta za čovekovo zdravlje</i> .....	52
Produktivnost biodiverziteta .....	52
<i>Model za merenje produktivnosti biodiverziteta</i> .....	54
<i>Biodiverzitet i evolucionni procesi</i> .....	55
<i>Model za evolucionne promene u biodiverzitetu</i> .....	59
<i>Klimatske promene i biodiverzitet</i> .....	61
Model za klimatske promene.....	64
Gubici biodiverziteta.....	66
<i>Genetička erozija</i> .....	69
<i>Negativan uticaj poljoprivrede na biodiverzitet</i> .....	72
Destrukcija staništa .....	73
<i>Biodiverzitet i patogeni organizmi</i> .....	75
<i>Biodiverzitet i insekti</i> .....	78
Aktivnosti međunarodnih organizacija na očuvanju biodiverziteta .....	81
<i>Konvencija o biološkoj raznovrsnosti</i> .....	82
<i>Međunarodni ugovor o biljnim genetičkim resursima         za hranu i poljoprivredu</i> .....	84
Održivo korišćenje genetičkih resursa .....	85

Prava poljoprivrednika . . . . .	86
Multilateralni sistem . . . . .	88
Globalni informacioni sistem za biljne genetičke resurse . . . . .	92
<i>Svetska organizacija za intelektualnu svojinu</i> . . . . .	92
<i>Međudnos Međunarodnog biodiverziteta i Međunarodne unije</i> <i>za zaštitu novih biljnih sorti vezan za genetičke resurse.</i> . . . . .	94
Biljni genetički resursi i Evropska unija . . . . .	95
<i>Zakonska regulativa</i> . . . . .	95
<i>Evropski programi o genetičkim resursima</i> . . . . .	96
<i>Evropske akcije i strategije o očuvanju biljnih genetičkih resursa.</i> . . . .	98
Biljni genetički resursi i Republika Srbija. . . . .	100
<i>Zakonska regulativa</i> . . . . .	100
<b>Strategije biološke raznovrsnosti</b> . . . . .	102
Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011. do 2018. . . . .	102
Strategija zaštite prirode za period od 2019. do 2025. . . . .	103
<i>Status biljnih genetičkog resursa u Republici Srbiji</i> . . . . .	104
Podrška razvojne mreže jugoistočne Evrope održavanju genetičkih resursa u Republici Srbiji. . . . .	106
Podrška Evropskog kooperativnog programa biljnih genetičkih resursa u Republici Srbiji. . . . .	109
Nacionalni mehanizam za razmenu informacija Republike Srbije . . . .	110
Konzervacija biljnih genetičkih resursa . . . . .	112
<i>Globalna strategija konzervacije biljaka</i> . . . . .	113
<i>Istraživanja vezana za konzervaciju genetičkih resursa</i> . . . . .	116
<i>In situ konzervacija genetičkih resursa.</i> . . . . .	118
Zaštićena područja . . . . .	119
Konzervacija na poljoprivrednom gazdinstvu. . . . .	121
Botaničke bašte . . . . .	123
<i>Ex situ konzervacija genetičkih resursa</i> . . . . .	124
Standardi za <i>ex situ</i> konzervaciju bankama gena . . . . .	125
<b>Banke biljnih gena</b> . . . . .	129
Istorijat banaka biljnih gena. . . . .	129
<i>Vrste banaka biljnih gena</i> . . . . .	129
<i>Uloga i zadaci banke biljnih gena</i> . . . . .	131
Analiza ranjivosti semena u bankama gena. . . . .	132
<i>Banke semena</i> . . . . .	133
Prikupljanje semena . . . . .	136
Postupak sa uzorcima u bankama semena. . . . .	138
Registracija uzoraka . . . . .	139
Prečišćavanje semena . . . . .	141
Inicijalni test klijavosti semena . . . . .	142
Sušenje semena . . . . .	143

Metod čuvanja ultra suvog semena . . . . .	145
Ispitivanje zdravstvenog stanja semena . . . . .	146
Hemijska zaštita semena. . . . .	150
Pakovanje uzoraka semena. . . . .	152
Regeneracija uzoraka . . . . .	153
Uslovi koji dovode do gubitka klijavosti semena . . . . .	156
Starenje semena . . . . .	157
Efekti genotipa na starenje semena . . . . .	159
<i>Banke kultura tkiva</i> . . . . .	159
Totipotencija . . . . .	162
<i>Krio banke</i> . . . . .	162
<i>Banke polena</i> . . . . .	165
<i>DNK banke</i> . . . . .	166
Istraživanje DNK neklijavog semena . . . . .	169
DNK biblioteke . . . . .	169
<i>Budući zadaci banke biljnih gena</i> . . . . .	171
Značajnije banke biljnih gena . . . . .	172
Afrički centar za pirinač . . . . .	174
Međunarodni biodiverzitet . . . . .	174
Međunarodni centar za tropsku poljoprivredu . . . . .	176
Međunarodni centar za unapređenje kukuruza i pšenice . . . . .	176
Međunarodni centar za krompir . . . . .	178
Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim područjima . . . . .	178
Svetski poljoprivredno šumarski centar . . . . .	180
Međunarodni Institut za useve semiaridnih i tropskih područja. . . . .	180
Međunarodni institut za tropsku poljoprivredu . . . . .	181
Međunarodni institut za istraživanja u stočarstvu . . . . .	181
Međunarodni istaraživački institut za pirinač. . . . .	182
<i>Milenijumska banka semena</i> . . . . .	182
<i>Nordijska banka gena</i> . . . . .	183
<i>Unija ruskih naučnih instituta u biljnoj industriji N.I. Vavilov</i> . . . . .	185
<i>Leibniz Institut za biljnu genetiku i istraživanja u biljnoj proizvodnji</i> . . . . .	186
<i>Banka biljnih gena Srbije</i> . . . . .	188
<b>Literatura</b> . . . . .	191



# Biodiverzitet i njegovo očuvanje

*„Zbog predmeta koji zadovoljavaju njegovu trenutnu lakomost, svuda uništava krupne biljke koje čuvaju tlo, što brzo dovodi do neplodnosti tla koje naseljava, prouzrokuje usahnuće izvora, uklanja životinje koje su tu nalazile svoju hranu, i dovodi do toga da su veliki delovi kugle Zemljine, veoma plodni i nekada u svakom pogledu veoma naseljeni, sada goli, neplodni, nenastanjivi, pusti. Reklo bi se da je čovek predodređen da Zemljinu kuglu pošto učini nenastanjivom, sam sebe iskoreni“*

*Žan Batist Lamark (Zoološka filozofija, 1809).*

## Uvod

Ekološka obnova kako u razvijenim, tako i u zemljama u razvoju, primarna je strategija za ublažavanje uticaja klimatskih i ostalih navedenih promena (Gårdmark i sar., 2003; ASLA, online). Zbog potrebe ekološke obnove urađena je naučna studija „Restauracija ekologije“, koja podržava praksu ekološke obnove, a praksa obuhvata obnavljanje i restauraciju oštećenih ili uništenih ekosistema i staništa u okruženju, delovanjem čoveka (Young i sar., 2005).

Danas je na globalnom nivou sagledana potreba očuvanja životnih resursa i ekosistema kroz održivi način upravljanja i proizvodnje, uz upotrebu najmanje štetnih tehnologija (Popović i sar., 2019). Osobine biljnih zajednica nisu samo ključ za održavanje globalnog ekosistema, već su i od presudnog značaja za životnu sredinu i zdravlje ljudi. Biljke su ključne za funkcionisanje globalnog ekosistema jer, pored ostalog, otpuštaju kiseonik u atmosferu i smanjuju atmosfersko zagađivanje (Hogan, 2011).

## Održivi razvoj

Koncept održivog razvoja uveden je s ciljem da se prevaziđu nedostaci pretходnih modela razvoja, pre svega zapostavljanje pitanja zaštite životne sredine. Održivost se javlja ne samo kao suštinski preduslov, već i kao krajnji cilj efikasne organizacije brojnih ljudskih aktivnosti na Zemlji (Vuković i sar., 2012).

Održivi razvoj je bila ključna tema Konferencije o čovekovoj okolini, na inicijativu Međunarodne unije za očuvanje prirode (*The International Union for Conservation of Nature -IUCN*) 1969. Zatim su Ujedinjene nacije u Stokholmu 1972, na Konferenciji o čovekovoj okolini, postavile cilj da se stvori mogućnost za ekonomski rast i nastavak industrijalizacije društvene zajednice, bez šteta

po okruženje (McCormick, 1992). Iz tog razloga je inicirano osnivanje Programa Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (*The United Nations Environment Programme - UNEP*) i usledilo je osnivanje nacionalnih agencija za životnu sredinu u većem broju zemalja. Međunarodna unija za zaštitu prirode, koordiniranom akcijom međunarodnih i nacionalnih tela, 1980. je usvojila Svetsku strategiju očuvanja prirode (*World Conservation Strategy*), a 1983. organizacija Ujedinjenih nacija ustanovila je Svetsku komisiju za životnu sredinu i razvoj (*World Commission on Environment and Development*), kasnije nazvanu Brundtlandska komisija. Brundtlandska komisija smatra ljudsko društvo delom prirode, koje mora da se uklapa u njen noseći kapacitet, a čini sve da ga premaši i na taj način direktno ugrožava zdravlje i opstanak svih živih organizama na planeti Zemlji (WCED, 1987; Holling, 2000; IISD, online, 2009). Održivost se, ipak, tada više koristila u smislu čovekove održivosti na planeti Zemlji pa je to rezultiralo najčešće citiranom definicijom održivosti i održivog razvoja koju je donela Brundtlandska komisija: „Održivi razvoj je razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti, bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolji vlastite potrebe“ (UN, 1987; FAO, online).

Grupa ekonomista okupljena u Svetskoj komisiji za životnu sredinu i razvoj je 1987. uvela u svetsku ekonomiju pojam održivog razvoja. Ovaj novi koncept razvoja ljudskog društva uveden je zbog potrebe da se preispita dosadašnji koncept u ekonomiji (posebno u visokorazvijenim zemljama), koji se zasniva na stalnom povećanju stope rasta i profita. Rast bez granica se pokazao kao veoma nepovoljan za planetu Zemlju u celini, pa i za ljudsko društvo. Posledice takvog ponašanja su katastrofalne, naročito po neobnovljiva prirodna bogatstva, kakva su zemljište, voda i vazduh (Holling, 2000; IISD, online, 2009; Milošević i sar., 2009; Milošević i sar., 2010; Centar za održive zajednice, 2011; Kovačević i Milošević, 2016).

„Ciljevi održivog razvoja, poznati i kao globalni ciljevi, (*Sustainable Development Goals - Agenda 2030*) predstavljaju univerzalni poziv na delovanje radi iskorenjivanja siromaštva, zaštite životne sredine i obezbeđivanja mira i prosperiteta za sve. Ciljevi održivog razvoja stupili su na snagu u januaru 2016. i nastaviće da usmeravaju politiku i sredstva Razvojnog programa Ujedinjenih nacija (*United Nations Development Programme - UNDP*) u narednih 15 godina. Aktivnosti za ostvarivanje ciljeva održivog razvoja odvijaju se u duhu partnerstva i pragmatizma, kako bi se napravili pravi izbori i time obezbedilo održivo poboljšanje života budućih generacija. Ciljevi daju jasne smernice i podciljeve koje bi sve države trebalo da usvoje, u skladu sa svojim prioritetima i globalnim ekološkim izazovima, u celini. Ciljevi održivog razvoja predstavljaju inkluzivnu agendu. Oni se bave osnovnim uzrocima siromaštva i ujedinjuju napore za uvođenje pozitivnih promena koje će se odraziti na našu planetu i njene stanovnike. Podrška Agendi za održiv razvoj do 2030. (*The 2030 Agenda for Sustainable Development*) predstavlja prioritet za UNDP“ (UNDP Srbija; 2020; UN, online, a).



Reč „održavati” potiče od latinske reči *sustinere* (*sus* - odozdo i *tenere* - držati) i podrazumeva dugoročnu podršku ili trajnost. Ukoliko se primeni na poljoprivredu, održivi razvoj opisuje poljoprivredne sisteme koji su „sposobni da održavaju svoju produktivnost i korisnost u društvu u nedogled, i takvi sistemi moraju biti izvor očuvanja resursa, socijalne podrške, komercijalno konkurentni” (Ikerd, 1990; Eko Forum, online).

Održivi razvoj danas je opšteprihvaćena koncepcija razvoja ljudskog društva, zasniva se na razvoju bez rasta, koji će premašiti sposobnost životne sredine i prirode u celini. Održivost znači život u uslovima razumnog komfora unutar prirodnih granica, što znači suživot sa prirodom, ne ostavljajući za sobom velike tragove. Izbegavanjem zagađivanja i degradacije životne sredine obezbeđuju se uslovi za primenu održivog sistema „Zdravlje za sve”. Uvođenjem ekoloških principa u proizvodnju hrane vrši se prelaz iz intenzivne (konvencionalne) poljoprivrede u alternativnu ili održivu, koja je mnogo prihvatljivija za životnu sredinu (Pešić, 2002). Održivost se zasniva na jednostavnom principu: sve što nam je potrebno za naše preživljavanje i dobrobit zavisi, direktno ili indirektno, od našeg prirodnog okruženja.

Ona stvara i održava uslove pod kojima ljudi i priroda postoje u produktivnoj harmoniji i dopuštaju ispunjavanje društvenih, ekonomskih i drugih zahteva sadašnjih i budućih generacija (Earth Policy Institute, 2009; Liam i sar., 2013; EPA, online).

Postoje tri stuba održivog razvoja: ekonomski razvoj, društveni razvoj i ekološki razvoj (Kelly, 2007; UN, 2005; Green, 2018; FAO, online). Ekonomija, društvena zajednica (razvoj) i životna sredina (ekološki razvoj) isprepleteni su, pa poremećaj ravnotežnog stanja među njima predstavlja dobitak u jednom sektoru i gubitak u drugom (sl. 1) (WCED, 1987; Porritt, 2006).



Slika 1. Tri stuba održivosti

Stoga, ciljevi održivosti su sledeći:

*Ekonomska održivost* - Opšta definicija ekonomske održivosti je sposobnost privrede da podrži definisan nivo privredne proizvodnje na neodređeno vreme. U sistemu tržišne ekonomije, svaka proizvodnja, bez obzira koliko je poželjna sa stanovišta očuvanja životne sredine i resursa, mora imati i svoju ekonomsku opravdanost, u suprotnom ona nije održiva (thwink.org., 2014; Löf 2018).

*Socijalna održivost* - Socijalna održivost je „proces uspešnog stvaranja održivih prostora koji promovišu blagostanje, razumevanje šta ljudima treba od mesta u kome žive i rade. Socijalna održivost utiče na kreiranje infrastrukture za podršku društvenom i kulturnom životu, socijalne pogodnosti, kao i prostor za ljude i prostor gde može da se razvije” (Magee i sar., 2012; ADEC Innovations, 2020).

*Održivost životne sredine* - Ekološka održivost predstavlja stopu obnavljanja životnih resursa, kontrolu zagađenja i održavanje neobnovljivih resursa, koji mogu večno trajati, ako pomenuti resursi ne mogu da se održe u nedogled (thwink.org, online; Gillaspy, 2020).

Odnos održivosti i biodiverziteta je ključan za održavanje ekosistema, a prema Organizaciji za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (*Food and Agricultural Organisation of United Nations - FAO*) 40% svetske ekonomije zasniva se na direktnom i indirektnom korišćenju bioloških resursa, biodiverzitetu (UN, 2018; FAO, 2019).

Biodiverzitet je višestruko važan za održivi razvoj, jer pruža kritičnu osnovu za održivi razvoj i ljudske dobrobiti:

- Na najnižem nivou, komponente biodiverziteta čine mnogi prirodni resursi neophodni za razvoj čoveka, uključujući hranu, vlakna, gorivo, lekovito bilje, koji se obezbeđuju kako iz upravljanja poljoprivrednim ekosistemima, tako u manjem obimu upravljajem „prirodnim“ ekosistema.
- Ekosistemi vrsta i genetički diverzitet predviđaju prilagođavanje trenutnim potrebama i prilagodljivost potrebnu da zadovolji buduće potrebe. Otpornost ekosistema zavisi od biodiverziteta.
- Biodiverzitet obezbeđuje duhovne, psihološke i kulturne prednosti za čoveka (FAO, 2018).

## **Biodivezitet**

Biljke i organizmi koji vrše fotosintezu su sistemi koji obezbeđuju život na planeti. Jedinstveni proces fotosinteze rezultira u stvaranju biomase potrebne svim živim oragnizmima. To znači da su biljke srce našeg lanca ishrane. Mile-nijumima je čovečanstvo prolazilo kroz proces odabira populacija da bi stvorilo biljke koje više odgovaraju njegovim potrebama. Takve biljke predstavljaju

pravu riznicu gena koje je potrebno sačuvati. Broj biljnih vrsta koje izumiru se povećava alarmantnom brzinom, jer su ekosistemi u delikatanj ravnoteži i zato seme biljaka održava bliske simbiotičke odnose sa životinjama, predatorima i oprašivačima, a nestanak jednog činioca može da dovede do izumiranja povezanih životinjskih vrsta. Pravo i goruće pitanje je da mnoge biljne vrste još nisu determinisane i katalogizovane, te je njihovo mesto u ekosistemu nepoznato. Ovim nepoznatim vrstama pretil uništavanje, a to znači uništavanje prirodnih staništa. One mogu nestati pre nego što se ukaže prilika da počnu da se razumeju moguće posledice koje proističu od njihovog nestanka. Naporima da se očuva biodiverzitet potrebno je nekoliko linija delovanja, od očuvanja nasleđa semena koje potiče od biljaka tradicionalno gajenih u ljudskoj populaciji, semena koje se koristi u velikom obimu poljoprivredne proizvodnje i dr. (Biology, 2019).

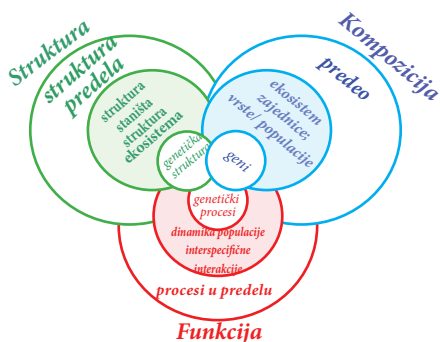
Biljni svet balansira ekosisteme, štiti slivove reka, ublažava eroziju, klimu čini umerenijom, a pruža utočište za mnoge životinjske vrste. Pretnje uništavanju raznovrsnosti biljnih vrsta dolaze iz brojnih razloga, kao što su naglo povećanje ljudske populacije, posebno u tropskim zemljama gde su stope nataliteta najveće, i povećane potrebe za obradivim zemljištem koja dovodi do masovne seče šuma. Potreba za više energije, radi napajanja većih gradova, rezultira izgradnjom brana, a površine koje čine akumulaciju gube ekosistem (ScienceDirect, 2019).

Biodiverzitet ili biološka raznovrsnost ima fundamentalan značaj za funkcionisanje svih prirodnih ekosistema i ekosistema koje su projektovani ljudi, kao i ekosistema koje priroda pruža besplatno ljudskom društvu na korišćenje, a u poslednjih nekoliko decenija porastao je interes za biodiverzitetom iz razloga rastuće zabrinutosti za očuvanje prirode (Wilson, 1992; Levin, 2013; Lloyd, 2014). Bez biološke raznolikosti ne bi postojao život na planeti Zemlji, jer je biološka raznolikost ono što daje čistu vodu, kiseonik, i sve druge za čoveka potrebne stvari, koje završavaju kao deo naše ishrane, odeće i zaklona (sl. 2) (UN, 2018).



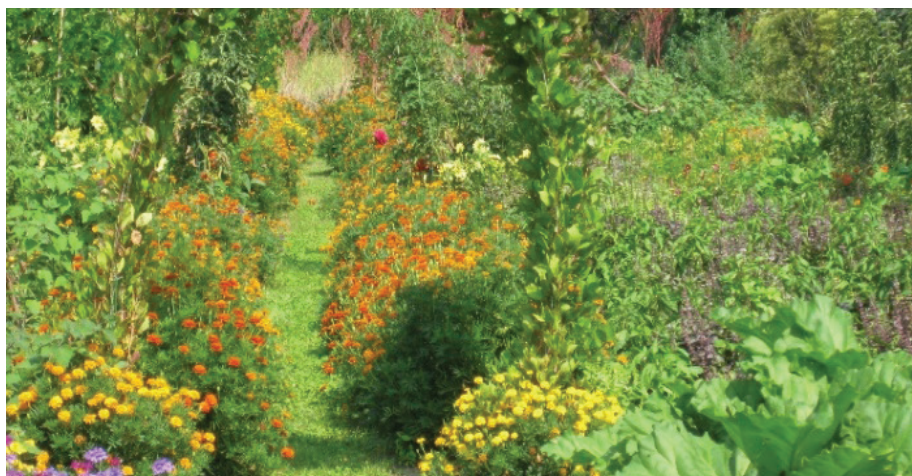
Slika 2. Biodiverzitet povrća i aromatičnog bilja (orig.)

Savremena definicija obuhvata tri aspekta varijacije (razliku u sastavu, strukturi i funkciji) i nekoliko nivoa biološke organizacije (od enzima do biosfere). Ne postoji „pravi” nivo posmatranja biodiverziteta, niti „pravi” aspekti posmatranja. Idealno bi bilo snimanje elementa svih aspekata i svih nivoa, kao i neprimetno kretanje između njih. U praksi, u bilo kojoj situaciji, akcenat se daje nekim nivoima i aspektima biodiverziteta. Istorijski gledano, mnogi ljudi smatraju da „biodiverzitet“ čine samo biljke na nivou vrste, dok su istraživači, vođeni pre svega onim što korisnicima informacija treba, rešenje našli u raspoloživim tehnologijama, a tek onda onim što se desilo u prošlosti (sl. 3) (Noss, 1990; Nigmann i sar., 2007).



**Slika 3.** Šematska vizualizacija glavnih komponenti biodiverziteta (struktura, sastav, funkcija) sa hijerarhijski ugrađenim nivoima za svaki prikazan slučaj (prilagođeno Noss 1990); obojena područja ističu najprihvatljiviji nivo raznovrsnosti vrsta (bogatstvo vrsta), unutar ekosistema i u interakciji sa stanovništvom (Nigmann i sar., 2009). Biljna raznovrsnost podrazumeva genetičku varijaciju unutar vrsta, raznolikost vrsta na nekom

području, kao i variranje tipova staništa unutar predela. Možda je neizbežno što je sveobuhvatna definicija dovela donekle do toga da se upotreba termina biodiverzitet, u ekstremnim slučajevima, odnosi na život ili biologiju same po sebi, međutim, reč biodiverzitet u pravom smislu reči odnosi se na različite vrste živih organizama (Andrén i Kätterer, 2009; Nigmann i sar., 2009; Cleland, 2011).



**Slika 4.** Biobašta kao izvor biljnog diverziteta (orig.)

Varijacije živih organizama u okviru datog staništa ili ekosistema predstavljaju biodiverzitet (sl.4). Koncept se obično primenjuje kod različitosti vrsta, mada se pojam genetičkog biodiverziteta primenjuje na varijacije u genima unutar pojedinih vrsta. Postoji mišljenje da su prašume prostori koji poseduju veliki biodiverzitet, međutim, biomi poput okeana i pašnjaka su skladišta sa još većim varijacijama. Zadržavanje različitog živog sveta je važno u ekosistemima, jer su netaknuti ekosistemi od suštinskog značaja za ljude, uključujući i održavanje raznolike banke hrane, oplodnju, poplave, kontrolu štetočina, razlaganje otpada, resursa energije iz biomase i stabilnosti klime. Biodiverzitet se trenutno nalazi u kritičnoj fazi opstanka, jer je vreme u kome živimo obeleženo velikim gubitkom vrsta koje je izazvao čovek. Ovo je period bez premca u stopi gubitaka vrsta. Iako se ukupan broj vrsta meri u desetinama miliona, većina još uvek nije ni opisana. Izumiranje vrste je skoro uvek vezano s uništavanjem staništa ili zagađenjima koja uzrokuje čovek (Tilman i Lehman, 2001; NCSE, online).

Raznovrsnost biljnog sveta je pojam koji se primenjuje kod organizama koji zauzimaju određeni region, a uključuje sve organizme koji žive u regionu, počevši od mikroskopskih protista<sup>1</sup> do velikih sisara. Region može da bude politička jedinica, kao što je država, geografska karakteristika kao što su planinski venci ili ceo svet (ENCYCLOpedia.com., 2007; Metz i sar., 2007).

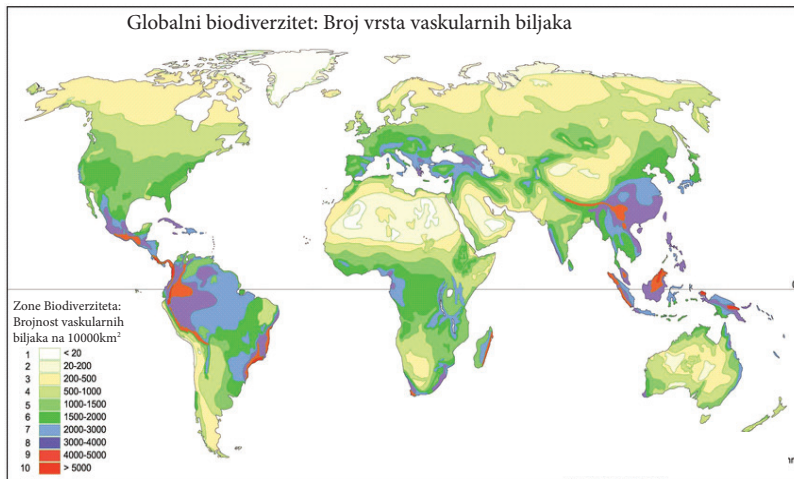
### ***Značaj biodiverziteta***

Raznolikost, kada je biodiverzitet u pitanju, za čoveka je od neprocenjive vrednosti. Zahvaljujući njoj sve vrste, pa i čovek, opstale su uprkos promenama koje su nastajale u toku razvoja civilizacije i nasuprot često destruktivnom odnosu čoveka prema prirodi. Biodiverzitet je evolutivni odgovor na konstantnu promenljivost uslova sredine. Zahvaljujući biodiverzitetu odvija se proces stvaranja organske materije, pri čemu se oslobađa kiseonik i vezuje ugljendioksid, što utiče na ravnotežu osnovnih elemenata koji sačinjavaju vazduh (Green, 2018). Kruženje mineralnih materija u prirodi se ostvaruje zahvaljujući živim organizmima, takođe i ciklus kruženja vode. Organska materija, koju stvore biljne i životinjske vrste je osnova ishrane za čoveka. Zahvaljujući biodiverzitetu odvija se evolucija živih bića i vrši doprinos stvaranju novih vrsta. S obzirom na to da su živi organizmi obnovljiv resurs, biodiverzitet predstavlja jedinu zamenu za niz neobnovljivih izvora energije koji će biti iscrpljeni u budućnosti (Janković i Đorđević, 1981).

---

<sup>1</sup> Protist je bilo koji eukariotski organizam koji ima ćeliju s jedrom, nije životinja, biljka ili gljiva. Protista se sastoji od organizama koji su jednoćelijski ili jednoćelijske kolonije koje ne formiraju tkivo. Protisti ne čine prirodnu grupu, jer nemaju zajedničko poreklo kao alge ili beskičmenjaci. Oni se često grupišu i međusobno se dosta razlikuju u pogledu morfologije, načina života, ishrane i razmnožavanja. Pojedini predstavnici poseduju neke karakteristike biljnih ili životinjskih organizama, ili karakteristike obe ove grupe. Tradicionalno, protistima se nazivaju alge, praživotinje i niže gljive (Whittaker, 1969).

Mutke i Barthlott (2005) globalno su sagledali biodiverzitet vaskularnih biljaka (sl. 5). Kao što se na slici 5 može videti, biodiverzitet varira u zavisnosti od geografskog regiona u kome se nalazi stanište biljaka. Slika jasno ukazuje na veću, odnosno manju brojnost vaskularnih biljaka u svetu, izraženu u broju naseljenosti na 10000 km<sup>2</sup>. Belom bojom označena je najmanja naseljenost, a crvenom najveća. McDonald (2007) je sačinio mapu bogatstva u biljnim vrstama na isti način, po geografskim regionima, u 1032 geografska regiona, u svetu, u tzv. ekoregionima.



**Slika 5.** Mapa bogatstva u vrstama vaskularnih biljaka u svetu (Mutke i Barthlott, 2005)

### ***Oblici biodiverziteta***

Kompleks složenih fizičkih i bioloških uslova okruženja, koji omogućavaju organizmima da evoluiraju i prevazilaze postojeće barijere čine biodiverzitet (Berlocher, 1998; Cleland, 2011; Pimm i sar., 2014).

Postoje tri osnovna oblika biodiverziteta:

1. biodiverzitet ekosistema, koji se odnosi na ukupnu raznovrsnost ekosistema (staništa i životnih zajednica), odnosno biotope i biocenoze,
2. biodiverzitet vrsta, koji predstavlja ukupnu raznovrsnost živih vrsta na planeti Zemlji i
3. genetički diverzitet ili diverzitet u okviru jedne vrste, koji podrazumeva raznovrsnost i ukupan broj gena sadržanih u biljnim, životinjskim vrstama i mikroorganizmima (New Scotia, 2002; Kolektiv autora, 2003).

## *Diverzitet ekosistema*

Diverzitet ekosistema obuhvata ukupnu raznovrsnost staništa („nežive komponente prirode“) i biocenoze („žive komponente prirode“), kao i ekološke procese koji ih povezuju (kruženje materije, proticanje energije, trofički odnosi, sukcesije, itd.) i na osnovu kojih se ostvaruje jedinstvenost i funkcionalnost ekosistema kao elementarne jedinice biosfere. Raznovrsna staništa (vlažna, sušna, sa razvijenom zemljišnom strukturom, kamenita, izložena vetru, na velikim nadmorskim visinama, na slanoj podlozi, itd.) uslovljavaju pojavu najrazličitijih biocenoza, koje obiluju posebnim životnim formama organizama, specifične građe i funkcije, u skladu sa uslovima sredine (Kolektiv autora, 2003).

Nema jednostavnog i jasnog objašnjenja odnosa između raznolikosti ekosistema i ekoloških procesa, kao što su produktivnost, hidrologija, stvaranje zemljišta, kao i između biodiverziteta sa stabilnošću ekosistema, otpornosti na promene i brzine oporavka (Đukanović, 1991). Nema jednostavnog odnosa između promena u ekosistemu i promena u biodiverzitetu i posledica promena i sistemskih procesa (Magurra, 2005). Na primer, gubitak vrste iz određene oblasti ili regiona (lokalno izumiranje ili uništenje) može imati malo ili nimalo uticaja na neto primarnu produktivnost ekosistema, ukoliko konkurenti zauzmu njeno mesto u zajednici. Iz tog razloga je Međunarodna unija za konzervaciju prirode (*The International Union for Conservation of Nature - IUCN*) sačinila Program upravljanja ekosistemima i odredila tri ključna cilja:

- Suva zemljišta - program ima za cilj da se demonstrira značaj ekosistema za poboljšanje životnih uslova i za prilagođavanje klimatskim promenama;
- Klimatske promene - inicijativa za klimatske promene ima za cilj da uključi politiku i praksu u ublažavanje problema gubitaka u biodiverzitetu u adaptaciji na nove klimatske promene, kao i u cilju dalje realizacije strategije upravljanja prirodnim resursima, koji pomažu biodiverzitetu, kao i prilagođavanje mišljenja ljudi na uticaj klimatskih promena. Inicijativa koordinira program rada na klimatskim promenama preko IUCN, regiona, komisija i članova organizacije;
- Smanjenje rizika od katastrofa - program ima za cilj da promovise integraciju upravljanja ekosistemima, sredstvima za život, ranjivost zajednice i adaptacije klimatskim promenama u upravljanju vanrednim situacijama.

Program služi i kao centralna tačka Sekretarijatu IUCN, Komisiji za upravljanje ekosistemom (*Commission on Ecosystem Management - CEM*), mreži više od 800 stručnjaka volontera za upravljanje ekosistemima iz celog sveta. Program za upravljanje ekosistemima radi u tesnoj saradnji s Komisijom za upravljanje ekosistemom (*The Commission on Ecosystem Management - CEM*) da bi se ostvarili ciljevi u poboljšanju sprovođenja istih (IUCN, online).

Reid i Miler (1989) ukazali su na šest opštih pravila dinamike ekosistema koja povezuju ekološke promene, biodiverzitet i procese u ekosistemima:

1. Mešovina vrsta koje čine zajednice i ekosisteme, stalno se menjaju;
2. Specijski diverzitet ili diverzitet vrsta raste povećanjem raznovrsnosti okruženja, ili na mestima izmene okruženja (ispaša, požar i dr.), ali povećanje izmene okruženja ne znači automatski i povećanje broja vrsta;
3. Mesta izmene okruženja utiču ne samo na sastav vrsta u ekosistemu, nego i na razlike među njima;
4. Periodične promene ekosistema igraju značajnu ulogu u kreiranju okruženja za biljke i njegovo dalje obogaćivanje;
5. Izmenjeni deo staništa može uticati pozitivno na bogatstvo vrsta, koje može povećati obim prelaznih zona između staništa, jer prelazne zone pospešuju razvoj vrsta koje se ne javljaju u stalnim staništima. U umerenim zonama, prelazne zone često su bogatije biljnim vrstama od kontinuiranih staništa;
6. Pojedine biljne vrste imaju nesrazmerno velik uticaj na karakteristike ekosistema. Ovo uključuje ključne biljne vrste<sup>2</sup> čiji gubitak može transformisati ili narušiti ekološke procese ili fundamentalno promeniti sastav biljne zajednice.

Prelazna zona (*ecotones*) je oblast, koja deluje kao prelaz ili granica između dva ekosistema, kao što su područja močvare između reke i obale, čistina u šumi ili mnogo veća površina, kao što je prelazak između arktičke tundre i šumskog bioma na severu Sibira (Thorpe, 2014).

Brojni autori ukazali su na to da se raznolikost ekosistema odnosi na staništa, biotičke zajednice i ekološke procese u biosferi, kao i raznolikost unutar ekosistema. Raznolikost postoji na više različitih nivoa:

- funkcionalna raznolikost koja predstavlja relativno obilje funkcionalno različitih vrsta organizama,
- različitost zajednica je veličina, broj i njihov prostorni raspored,
- pejzažna raznovrsnost, koju čini većina ekoloških interakcija u prostorno i vremenski heterogenim sredinama širokog dijapazona rasprostranjenja (Leser i sar., 2001; Nevo, 2001; Hooper i sar., 2006; Hooper i sar., 2012; Shrestha i sar., 2013; Lefcheck, 2014; Pocheville, 2015).

Način na koji se ponašaju vrste, kako se hrane i koriste prirodni resursi u ekosistemu je poznat kao funkcionalni biodiverzitet ili funkcionalna različitost.

---

<sup>2</sup>Ključne biljne vrste (*keystone species*) mogu se definisati kao biljne vrste koje imaju snažnu interakciju vrsta čije je dejstvo, odozgo na dole, na diverzitet vrsta i konkurenciju veliko u odnosu na dominaciju njene biomase u okviru funkcionalne grupe (Davic, 2003).



Uopšteno gledano, pretpostavlja se da ekosistemi bogati raznim vrstama imaju visoku funkcionalnu raznovrsnost zbog različitih zahteva biljaka. Razumevanje funkcionalne raznolikosti ekosistema može biti korisno za ekologe koji pokušavaju da očuvaju ili obnove ekosisteme koji su oštećeni, jer znajući ponašanje i ulogu vrsta, može se ukazati na nedostatke u jednom ciklusu ishrane ili koje vrste nedostaju u pojedinim ekološkim nišama (Gaston, 2000; Miller i Spoolman, 2012). U ekologiji, niša je termin sa različitim značenjima, saglasno ponašanju vrsta koje žive pod posebnim uslovima sredine. Ukratko, ekološka niša je poseban oblik preživljavanja organizma ili vrste na posebnom mestu u opštoj ekonomiji prirode i mrežama ishrane. Kada se sagleda ekološka niša određene vrste, dobija se slika o vremenu, mestu i načinu ostvarivanja životnih aktivnosti te vrste (Pocheville, 2015).

Raznolikost zajednica je raznovrsnost i varijabilnost među živim organizmima i ekološkim kompleksima u kojima se oni pojavljuju. Raznolikost se može definisati kao broj različitih jedinki i njihove relativne frekvencije. Za biološku raznolikost, ove jedinke su organizovane na mnogim nivoima, počev od kompletnih ekosistema do hemijske strukture koje imaju molekularnu osnovu nasleđivanja. Prema tome, izraz obuhvata različite ekosisteme, vrste, gene i njihovo relativno izobilje (Shrestha i sar., 2013).

Pojam pejzažog ekosistema označava viši rang u okviru hijerarhije ekosistema, koji se fokusira na strukturne, funkcionalne i istorijske osobenosti određenog lokaliteta, dok stvarni pejzažni ekosistem ima predstavnika na tom prostoru. Što se tiče različitosti, ekosistemi se odlikuju posebnim biodiverzitetom i geodiverzitetom. Shodno tome, pejzažni ekosistemi imaju karakterističnu raznolikost života, abiotičkih elemenata i sistema. Priroda i kultura su specifično međusobno povezane i međusobno zavisne od takvih pejzažnih ekosistema (Leser i sar., 2001).

## **Invazivne biljne vrste**

Invazivne biljne vrste postale su značajne i privukle interes ekologa, biologa konzervatora i onih koji upravljaju prirodnim resursima, zbog njihovog razornog uticaja na biodiverzitet i funkcionisanje ekosistema. Uticaj invazivnih vrsta na prirodu može se nazvati katastrofalnim, jer na kraju dovodi u pitanje integritet životne sredine i najviše ugrožava bezbednost ishrane čovečanstva. Invazivne vrste biljaka su egzotične, nisu autohtone vrste, to su vrste koje su evoluirale na nekom drugom mestu i namerno ili slučajno uvedene izvan njihovih prirodnih adaptivnih okvira (Ehrenfeld, 2010).

Nizak procenat invazivnih biljaka ima snažan reproduktivni i proliferativni potencijal. Zbog brzog porasta, one su iznad prirodne biote, u smislu prekrivanja staništa, i eksploatacije vode i hranljivih resursa. Invazivne vrste su prepoznate kao jedan od najozbiljnijih globalnih problema koji utiču na strukturu, sastav i funkcije prirodnih i poluprirodnih ekosistema (Moone i Hobbs, 2000).

Invazivne biljne vrste ugrožavaju integritet ekosistema širom sveta. One utiču ne samo na raznolikost vrsta domaćih ekosistema, nego i ugrožavaju njihov biološki integritet. Pored brze kolonizuje područja, zamenjujući izvornu vegetaciju izazivaju niz zdravstvenih problema kod ljudi, degradaciju životne sredine, uključujući pretnju turističkim aktivnostima. Isto tako, nastale promene dovode do nestašice stočne hrane, pored toga što su neprijatne i toksične za stoku, a kao primer može se navesti ambrozija (*Ambrosia atremisifolia*) (sl. 6) (Kumar i Prasad, 2014).



**Slika 6.** Ambrozija je jedna od brojnih invazivnih vrsta (PictureThis, online)

### ***Biodiverzitet vrsta***

Biodiverzitet vrsta odnosi se na različite vrste živih organizama na planeti Zemlji, obuhvata ukupan broj organskih vrsta u svim ekosistemima, od prapočetaka nastanka života, i uključuje mnoge vrste ptica, insekte, biljke, bakterije, gljive, sisare i dr. Mnoge različite vrste često žive u zajednicama i zavise jedne od drugih da bi zadovoljile svoje potrebe. Vrsta se može definisati kao grupa ili populacija srodnih organizama koji se razmnožavaju ukrštanjem u okviru grupe. Članovi jedne specifične vrste poseduju zajedničke karakteristike koje ih razlikuju od drugih vrsta i ovo ostaje konstanta bez obzira na geografsku lokaciju (Wilson, 1988; Dixon i sar., 1993; Tuomisto, 2010). Iako ova definicija funkcioniše dobro za mnoge biljne i životinjske vrste, mnogo je teže razgraničiti vrste u populacijama gde egzistira hibridizacija ili samooplodnja ili partenogeneza. Proizvoljne podele mora biti i ovo je oblast u kojoj se naučnici često ne slažu (Magurran, 2004).

Novе vrste mogu nastati kroz proces poliploidije, što znači umnožavanje broja hromozoma, ili češće kao rezultat geografske specijalizacije.

To je proces kojim se izolovane populacije razilaze tokom evolucije kao rezultat izlaganja različitim uslovima sredine. Tokom dugog vremenskog perioda, razlike između populacija mogu postati dovoljno velike da se smanji ukrštanje u srodstvu (*inbreeding*) i omogući da eventualno nove populacije koegzistiraju kao novoformirane posebne vrste. Unutar hijerarhijskog opadajućeg sistema klasifikacije naučnici koriste sledeći sistem za klasifikaciju živih organizama: kraljevstvo, odeljak, klasa, red, familija, rod i vrsta (Chase i Reveal, 2009).

Koncept različitosti vrsta obuhvata dve komponente: bogatstvo vrsta i ujednačenost vrsta. Bogatstvo vrsta je broj vrsta po jedinici površine (geobotanički opis). Ujednačenost je distribucija vrsta u zajednici. Postoji pozitivna korelacija između ovih indeksa, međutim, veliko bogatstvo vrsta ne prati nužno visok stepen ujednačenosti. Nemoguće je porediti raznolikost zajednica formiranih biljaka različitih veličina (tropska prašuma i livadska stepa). Visok diverzitet vrsta je svojstven biljnim zajednicama sa umerenom produktivnošću i umerenog stepena poremećaja, i nije vezan za njihovu stabilnost (Chao, 2005; Vasilevich, 2009).

### **Genetički diverzitet**

Genetička raznolikost odnosi se na varijacije na nivou pojedinačnih gena (polimorfizam) i obezbeđuje populacijama mehanizam da se prilagode stalno promenljivom okruženju. Što više varijacija, to postoji veća verovatnoća da neka populacija ima alelne<sup>3</sup> varijante koje su prikladne za novu sredinu i da će proizvoditi potomstvo koje će se reprodukovati i nastaviti da preživljava u narednim generacijama (NBII, 2011). Genetička različitost je ukupan broj genetičkih karakteristika u genetičkom sastavu vrste. Ona se razlikuje od genetičke varijabilnosti, koja opisuje tendenciju variranja genetičkih osobina (Nevo, 2001).

Zbir genetičkih informacija sadržanih u genima pojedinih biljaka čine genetičku različitost. Svaka vrsta je nosilac velike količine genetičkih informacija. Broj gena kreće se u rasponu od oko 1000 kod bakterija, do 400000 ili više kod mnogih cvetnica. Genetička raznolikost se odnosi na varijacije između jedinki iste vrste, gde se osobine prenose sa roditelja na potomke. Genetički diverzitet podrazumeva varijabilnost živih vrsta na planeti Zemlji i genetičku informaciju o svim vrstama biljaka, gljiva i mikroorganizama koje, svaka za sebe, imaju spe-

---

<sup>3</sup> Alel (*alelogen*, *alelomorf*) jedan je od dva ili više oblika DNK sekvence pojedinačnog gena. Reč dolazi iz grčkog jezika *allelos*, što znači „uzajaman, obostran“. Svaki gen može imati različite alele. Ponekad zbog različitih DNK sekvenci (alela) mogu nastati različite osobine, kao što je boja. Nekada će, opet, različite DNK sekvence dati isti rezultat u ispoljavanju (jednog) gena. Populacija ili vrsta organizama obično uključuje više alela na svakom lokusu, među različitim jedinkama. Alelska varijacija na lokusu može se izmeriti po broju prisutnih alela (*polimorfizam*) ili razmeri heterozigota (*heterozigotnost*) u populaciji (Malats i Calafell, 2015).

cifičnu genetičku kombinaciju stvorenu evolucijom koja se ne može ponoviti u drugim vrstama. Podrazumeva raznovrsnost i ukupan broj gena sadržanih u biljnim vrstama i mikroorganizmima (Frankham, 2001; Definition, 2019).

Lankau je krajem 2007. konstatovao da su biodiverzitet i genetički diverzitet zavisni jedan od drugog i da je diverzitet unutar vrsta neophodan da bi se održavao diverzitet između vrsta i suprotno. Lankau (2005) je rekao: „Ako se samo jedna vrsta ukloni iz lanca, ceo lanac se prekida i u zajednici postaje dominantna jedna vrsta”.

Ako su geni osnovna jedinica prirodne selekcije, prema Wilson (1992), pravi biodiverzitet je ustvari genetički diverzitet. Za genetičare biodiverzitet je diverzitet gena, istraživali su proces mutacija, izmene gena, dinamiku genoma, dok nisu došli do nivoa dezoksiribonukleinske kiseline, DNK (*Deoxyribonucleic Acid - DNA*). Polazeći od toga i prethodno pomenutih definicija, Wilcox (1984) navodi da su „geni ultimativan izvor biološke organizacije na svim nivoima biološkog sistema”.

Genetička raznolikost se odnosi na intraspecifičnu raznovrsnost i često se meri u smislu ukupnog sadržaja DNK, veličine genoma<sup>4</sup> u pogledu broja baznih parova, broju gena, a neki i u broju hromozoma, njihovoj veličini i morfologiji. Istraživanja genetičkog diverziteta urađena su ne samo na divljim biljnim vrstama, već i na taksonima koji su pripitomljeni ili koji se uzgajaju, a više pažnje, u poslednje vreme, posvećuje se starijim grupama taksona, posebno poljoprivrednih i hortikulturnih biljaka, jer poljoprivreda doprinosi velikom smanjenju raznolikosti gajenih biljaka (Pullaiah i sar., 2015).

Istraživanja u okviru populacione genetike, u vezi sa genetičkim diverzitetom, obuhvataju nekoliko hipoteza i teorija: „Neutralna teorija“ evolucije obrazlaže da je različitost posledica akumulacije neutralnih zamena, izmena alela. „Diverzifikaciona teorija“ zagovara hipotezu da sve izmene neke vrste, u različitim okruženjima, selektuju različite alele na određenom lokusu. To se može desiti, na primer, ako vrsta ima veliki raspon u odnosu na mobilnost jedinki unutar nje. „Frekventno zavisni izbor“ je hipoteza da aleli sve češće postaju ugroženi, a to se dešava u interakcijama domaćin - patogen, gde visoka frekvencija u odbrani alela između domaćina znači da je veća verovatnoća da će se patogen širiti ako je u stanju da prevaziđe taj alel (Nevo, 2001).

---

<sup>4</sup> U biologiji, genom nekog organizma je ukupni genetički materijal istog, tj. svi njegovi nasledni podaci kodirani su u DNK (kod nekih virusa u RNK). Time su obuhvaćeni kako geni, tako i nekodirajuće sekvence DNK. Izraz je 1920. sačinio profesor botanike Hans Winkler, kao složenicu reči *gen* i hromozom. Organizmi često imaju čitav set hromozoma, prisutan u dve kopije (*diploidi*), što uključuje većinu životinja i čoveka. Kod mnogih biljaka i nekih životinja, set hromozoma prisutan je u više kopija (poliploidi: triploidi, tetraploidi,...). U diploidnom organizmu, koji se razmnožava polnim putem, polna ćelija (gameta) ima polovinu hromozoma normalne telesne ćelije; polna ćelija je haploidna, a genom je definisan kao skup svih hromozoma u polnoj ćeliji. Neki diploidni organizmi, kao što su kvasac ili niže biljke, mogu provesti znatan deo životnog ciklusa kao haploidi (v. gametofit) (Dumanović i sar., 1985; Wikipedia, online).

Genetički diverzitet zavisi od biljaka, odnosno od biljnog genoma, koji je najkompleksniji živi sistem. Genetičke, nasledne informacije, koje određuju osobine i funkcionisanje biljaka, organizovane su u tri genoma:

- nukleusni;
- plastidni i
- mitohondrijalni.

Nukleusni genom lociran je u ćelijskom jedru i podeljen je na hromosome, kombinacije gena, koje se zajedno dupliciraju i pravilno raspodeljuju na ćerke ćelije tokom mitoze. Haploidni ( $n$ ) broj hromozoma (jedna garnitura hromozoma koja sadrži komplet svih gena karakterističnih za vrstu) veoma varira kod biljnih vrsta. Većina biljnih vrsta ima diploidni broj hromozoma ( $2n$ ), tj. dve garniture hromozoma (jednu poreklom od oca, a drugu od majke), ali je kod biljaka čest slučaj pojave poliploidije, odnosno, prisustvo više garnitura hromozoma (Dragičević i Janošević, 2013).

Plastidni i mitohondrijalni genomi locirani su u odgovarajućim organelama (plastidima, odnosno mitohondrijama), nisu podeljeni u hromosome, imaju osobine bakterijskih genoma i reflektuju svoje endosimbiotsko poreklo (Dragičević i Janošević, 2013).

Efikasno ustanovljavanje genetičkog diverziteta, podrazumeva tačno definisanje biljne vrste koja se želi sačuvati, njena lokacija, identifikovanje strategije koja može da pomogne da se vrsta sačuva i proveravanje, s vremena na vreme, da li strategija funkcioniše. Prvi od ovih koraka, definisanje toga koja biljna vrsta želi da se sačuva je komplikovan zbog izuzetne raznovrstnosti flore, koja je proizvod genetičkog diverziteta (Pullin, 2002). Sa stanovišta ishrane stanovništva, prednost sigurno da imaju one koje su jestive.

Mali je broj biljnih vrsta koje se koriste kao hrana, a da je diverzitet među njima veliki. Kao primer velikog broja varijeteta u okviru jedne biljne vrste može se navesti kupus (*Brassica oleracea*) (kelj, karfiol, kupus, prokelj, keleraba, brokoli, kineski kupus i dr.) (sl. 7), kod kojih genetičke varijacije postoje unutar pomenutih biljnih vrsta, ali i u okviru različitih sorti (Mikić i sar., 2012; Marjanović-Jeromela i sar., 2018).



Slika 7. Diverzitet varijeteta u okviru vrste *Brassica oleracea* (orig.)

Gajene biljne vrste uslovno mogu biti podeljene na „savremene sorte” i „stare sorte”. „Savremene sorte“ su proizvod planskog oplemenjivanja na naučnoj osnovi. Sprovode ga državni i privatni istraživački instituti. Novostvorene sorte imaju visoku uniformnost i do 99,9%, jer je to uslov u procesu priznavanja i zaštite sorti u većini nacionalnih regulativa. Posebno su zahtevi za genetičkom uniformnošću izraženi kod međunarodnih standarda koje su propisale Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj, Šema za seme (*Organization for Economic Co-operation and Development* )

- *OECD Seed Scheme* (OECD, 2018) i Međunarodna organizacija za zaštitu novih biljnih sorti (*International Union for Protection of New Varieties of Plants*)
- *UPOV*, a u pitanju su uglavnom hibridne sorte, sintetičke linije. Danas je teško naći široku genetičku divergentnost u Evropi, onakvu kakva je postojala pre sto godina. Zahtevi za standardizacijom, koja traži primenu savremenih metoda oplemenjivanja, onemogućavaju gajenje mnogih sorti, i na taj način smanjuje se genetička udaljenost između njih (Vellve, 1993).

„Stare sorte“ su poznate kao populacije ili tradicionalne sorte. Rezultat su „oplemenjivanja“ na poljoprivrednim posedima, koje su vršili sami poljoprivredni proizvođači, uglavnom odabirajući biljke većeg prinosa i ostavljanjem njihovog semena. Proces odabira, a samim tim i izmena genetičkog diverziteta, trajao je generacijama. Sorte su stvarane sa težnjom da budu fenotipski uniformne, a da sadrže visok nivo genetičkog diverziteta. Često postoji problem da se ove sorte definišu, jer nisu stvarane klasičnim metodama oplemenjivanja, niti ispunjavaju zakonom propisane norme, ali se zato mogu prepoznati po morfološkim karakteristikama. Poljoprivredni proizvođači im daju nazive, koji ne moraju biti unikatni, kako se to zahteva kod zvaničnih biljnih kataloga. One su veoma dobro adaptirane na lokalne uslove gajenja, zemljište, vreme setve, vreme zrenja, zahteve za hranivom i dr.

Populacije su, zbog genetičkog diverziteta koji poseduju, često predmet konzervacije. Značajne varijacije između „starih sorti“ ili populacija su posebno velike kod stranooplodnih biljaka (kukuruz i proso). Kod samooplodnih biljnih vrsta (pšenica, ječam) ili vrsta koje se razmnožavaju vegetativno (krompir) manja je individualna varijabilnost, ali je zato broj sorti koje su stvorene značajno veći (Pimbert i Pretty, 1995).

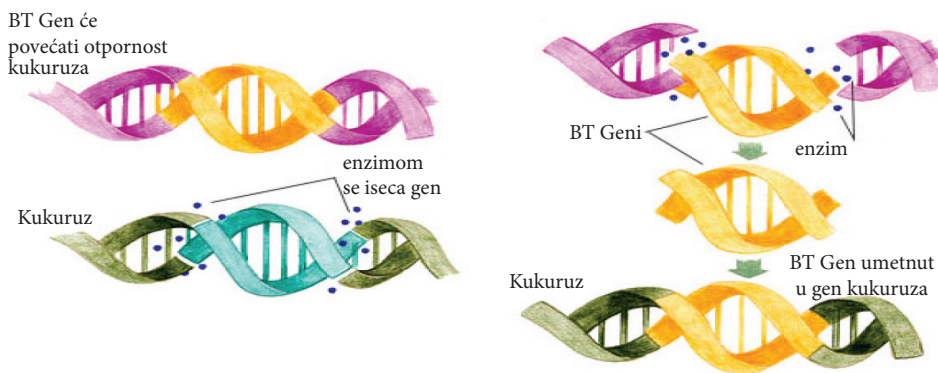
### **Izučavanje genetičkog diverziteta primenom molekularnih metoda**

Poboljšanje osobina biljaka moguće je izvesti boljim razumevanjem njihove molekularne osnove i procesa kojim se dešavaju, kao i putem identifikacije gena, njihove karakterizacije za važna agronomska svojstva. Tokom prošlih

dvadesetak godina učinjen je značajan napredak u molekularnom mapiranju biljnog genoma. Ispitivanje genetičkog diverziteta zasnovano je danas na ispitivanju hromozomskih lokacija gena, gena za povećanje prinosa, kao i drugih kompleksnih karakteristika važnih za poljoprivredu (Radinović i sar., 2017).

Poznavanje strukture, organizacije i ispoljavanje osobina biljnog genoma postignuto je upotrebom tehnologije rekombinantne DNK. Ova tehnologija omogućila je izolaciju i karakterizaciju specifičnih delova DNK kloniranjem sekvenci DNK u ćelijama bakterija u kojima mogu biti umnoženi do potrebne količine, a sa kojima se može vršiti željena analiza (Kung i Arntzen, 1989). Osnovne komponente metoda su DNK i vektori za kloniranje (molekuli DNK koji imaju sposobnost umnožavanja, kao što su na primer plazmidi bakterija). Jedna od češće upotrebljivanih bakterija za ovu namenu je *Agrobacterium tumefaciens*. Osnovne tehnike obuhvataju izolaciju, sečenje i združivanje molekula DNK kao i transformaciju (unošenje hibridnog molekula DNK u ćeliju primaoca) (Palmer, 2015).

Razvijeno je i praktično se koristi nekoliko glavnih tipova DNK markera: Polimorfizam dužine restrikcionih fragmenata (Restriction Fragment Length Polymorphisms - RFLP). Randomizirano umnožavanje polimorfizma DNK (Random Amplified Polymorphic DNA - RAPD), Ponavljanje pojedinačnih sekvenci (Simple Sequence Repeats - SSR), Polimorfizam dužine amplifikovanih fragmenata (Amplified Fragment Length Polymorphisms - AFLP), Polimorfizam pojedinačnih nukleotida (Single Nucleotide Polymorphisms - SNP) i Insercija/brisanje (Insertions/Deletions -In/Del). Sledeća generacija mapa biće bazirana na pojedinačnim proteinskim sekvencama (Single Protein Sequences - SPS). Kompletno mapiranje gena izvršeno je kod *Arabidopsis thaliana* 2000, kod pirinča je završeno 2009, a kod kukuruza rad na mapiranju dobro napreduje. Mapiranje gena pomaže u razumevanju strukture, funkcije i evolucije biljnog genoma. Ono može biti važno oruđe za unapređenje u oblasti oplemenjivanja jer se mogu locirati geni za kvalitativna i kvantitativna svojstva, obezbeđujući osnovu za kloniranje gena, i na kraju za genetičke modifikacije biljnog genoma (sl. 8) (Griffiths, 2000).



**Slika 8.** Proces dobijanja Bt kukuruza otpornog na kukuruzni plamenac primenom biotehnologije (Vox contribute, online)

Ispitivanje genoma omogućava konačno sagledavanje genetičkog potencijala kako gajenih biljaka, tako i njihovih divljih srodnika, kako bi bili eventualno iskorišćeni za istraživanja, stvaranje novih biljnih sorti ili gajenje. Prošlo je dvadeset godina od kada je objavljena prva sekvencija genoma pirinča (sekvencioniranje završeno 2000). Od tada se broj poznatih sekvenci naglo povećao i one postaju sve više dostupne istraživačima, čemu je doprinela napredna tehnologija kako u pogledu troškova, tako i brzine ispitivanja. Iako se mnogi od objavljenih genoma smatraju nepotpunim, ipak su postali vredan instrument koji pomaže da se shvate važne osobine pojedinih biljnih vrsta, kao što su sazrevanje plodova, vreme cvetanja biljaka i njihova eventualna adaptacija, osobine semena i dr. (Bolger i sar., 2014).

Sekvencioniranje gena obezbeđuje ispitivanje složenosti genoma, daje sveobuhvatan uvid u gene za buduća istraživanja kod biljaka, ali to isto može da se vrši i kod biljnih vrsta koje se sada ne gaje, ali su se gajile u prošlosti. Sekvencioniranje gena otvara nove perspektive za ustanovljavanje porekla sorti i može da objasni razlike između njih. Sa gledišta očuvanja genetičkog diverziteta, posebno je važno izvršiti sekvencioniranje i pozicioniranje starih, autohtonih sorti. Organizacija za hranu i poljoprivredu pokrenula je inicijativu za procenjivanje razvoja biljaka kombinacijom molekularnih i morfoloških metoda, čiji rezultat je povećanje baze genofonda. Ključni činilac za pokretanje nove inicijative je pristupačnost uzorku sa odgovarajućim taksonom. Važno je da je molekularna analiza primenjena za isti ili sličan takson kao onaj upotrebljen u morfološkim analizama, kako bi se moglo izvršiti upoređivanje (Behjati i Tarpey, 2013).

Za ispitivanje hromozomskih lokacija gena koriste se posebne mape vezanih gena, tzv. „linkidž mape“<sup>5</sup> ili mape povezanosti. Pomenute mape daju frekvenciju rekombinacija (frekvencija rekombinacije je frekvencija broja spajanja lokusa na hromozomima ili genima tokom mejoze) između gena na hromozomima i na taj način čine mogućim ispitivanje lokacija gena koji određuju karakteristike biljaka važnih za poljoprivredu.

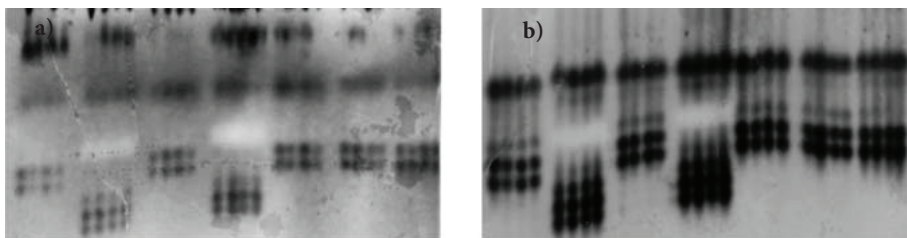
Karakterizacija germplazme znači i upotrebu DNK „fingerprinting“ (profilisanje) i koristi se za precizno ustanovljavanje, identifikaciju i kvantitativno određivanje genetičkog diverziteta. Ova ispitivanja su važna zbog opadanja genetičkog diverziteta, kao odgovor na klimatske promene, promena kod populacija patogena ili poljoprivredne prakse (Nikolić i sar., 2010; Marjanović-Jeromela i sar., 2009; Šurlan-Momirović, 2010). U svrhu kolekcionisanja u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu izvršena je karakterizacija sedam populacija pasulja poreklom iz Stepanovićeve. Primenjena je metoda proteinskih

---

<sup>5</sup> „linkidž mapa“ ili mapa povezanosti, poznata i kao genetička mapa, za biljne vrste ili populacije pokazuje poziciju poznatih gena ili genetičkih markera u odnosu na druge u pogledu frekvencije rekombinacija, a ne specifičnog fizičkog rastojanja duž svakog hromozoma (MedicineNet.com, online). Mape povezanosti ili mape vezanih gena urađene su na osnovu DNK markera za veliki broj biljnih vrsta i one pomažu u savlađivanju različitih istraživačkih zadataka (Griffiths, 2000).



markera sa dva enzimska sistema i to malik enzim (sl. 9a) i malat dehidrogenaza (sl. 9b), jer je varijabilnost na nivou proteina dobro dokumentovana kod pasulja (*Phaseolus vulgaris* L.) (Koenig, Gepts, 1989). Primenjena je metoda 1D-SDS PAGE elektroforeza. Kao što zimogram pokazuje, razlike između genotipova su jasno vidljive, te je njihova inventarizacija lako izvodljiva (Nikolić i sar. 2007).



**Slika 9.** Zimogram genotipova pasulja iz Stepanovićeve: sa leva na desno C-20, Aster, Ludogorje, Jovandeka, Prelom, Medijana, Greenish-yellow a) malik enzim (MA), b) malat dehidrogenaza (MDH)

U ispitivanjima 105 sorti argentinske pšenice (*Triticum aestivum* L.), gajenih od 1932. do 1995, izvršena je karakterizacija uzoraka upotrebom metode ponavljanja pojedinačnih sekvenci (Simple Sequence Repeat - SSR) i metode polimorfizma dužine amplifikovanih fragmenata (Amplified Fragment Length Polymorphism - AFLP). Podaci molekularnih ispitivanja korišćeni su da se ustanovi genetički diverzitet sorti, koje su korišćene u oplemenjivačkim programima, kao i da se dokaže da se vremenom izgubio deo genetičkog diverziteta, u odnosu na onaj koji se ranije koristio u oplemenjivačkim programima (genetička erozija). Ustanovljene su razlike u dobijenim rezultatima kod obe primenjene tehnike, između oplemenjivačkih programa sa velikim razlikama u broju primenjenih sorti. Nisu pronađene razlike u genetičkom diverzitetu između sorti stvorenih šezdesetih godina i onih stvaranih tri decenije kasnije. Svaki reprezentativan uzorak je sadržao kompletan diverzitet argentinske germplazme (Manifesto i sar., 2001; Salem Ahsyee, 2013; Nybom i sar., 2014).

Uspešnost gajenja krompira i paradajza uslovljena je mogućnošću kontrole patogena *Phytophthora infestans*, koja prouzrokuje plamenjaču. Iz tog razloga se obavljaju brojna istraživanja na različitom nivou, s ciljem da se dugoročno ostvari kontrola bolesti. Razumevanje mehanizma delovanja patogena i njegovog razvoja jedan je od preduslova za dugotrajno rešenje problema. Urađeni su brojni genotipski i fenotipski testovi, ali su oni bili ograničenih mogućnosti, do momenta uvođenja novih metoda. Značajan napredak u izučavanju genoma *P. infestans* ostvaren je primenom kodominantnih biomolekularnih markera. Njihovom upotrebom moguće je izučiti populaciju *P. infestans* i odrediti njenu

biologiju, epidemiologiju, ekologiju, genetiku i evoluciju (Cooke i Lees, 2004). Grahorica (*Vicia sativa*) je klasičan primer kompleksa dobro razdvojenih taksona i izvedenih formi, i predstavlja različit stepen filogenetičke divergentnosti (sl. 10) (Hanelt i Mettin, 1989). Ispitivanjima na nivou DNK njihova je divergentnost još više izražena, što se može ustanoviti primenom biotehnoloških metoda kao što su randomizirano umnožavanje polimorfizma DNK (*Random Amplification of Polymorphic DNA - RAPD*) i polimorfizama dužine amplifikovanih fragmenata (*Amplified Fragment Length Polymorphism - AFLP*) u odnosu na morfološke razlike (Potokina i sar., 2000). Ustanovljeno je da postoji različitost intraspecies članova grupe *Vicia sativa* L. *sensu stricto*, obične grahorice, ekonomski važne krmne biljke, ako se njen diverzitet uporedi sa bliskim srodnicima, ali filogenetski odvojenog taksona skupa *Vicia sativa*. Upotrebom AFLP za filogenetsko razdvajanje DNK „finger printinga“ ispitano je kod 673 uzorka *V. sativa* iz Vavilov Instituta (Sankt Petersburg) i 450 uzoraka iz Instituta za izučavanje biljnih genetičkih resursa (Gatersleben). Ova istraživanja su prva dokazala intraspecies različitost *Vicia sativa* čuvanih *ex situ* (Potokina i sar., 2000).



**Slika 10.** Diverzitet *Vicia* spp. (foto: Karagić)

Potencijalno najinteresantnije novije tehnologije za genetičke analize su oligonukleotidni čipovi, kapilarna elektroforeza i matriks laser desorpciona jonizacija. U svakom slučaju će biti interesantno posmatrati uticaj tih novih tehnologija za razumevanje organizacije biljnog genoma. Napredak u tehnologijama istraživanja genoma dovodi do dramatičnih promena u istraživanju biologije biljaka. Biolozi sada mogu lako da pristupe velikoj količini podataka o genomima i proučavaju genetske varijacije na molekularnom nivou. Stoga je neophodno potpuno razumevanje i dobra manipulacija bioinformatičkim<sup>6</sup> metodama za upravljanje i analiziranje podataka koji su od suštinskog značaja u tekućim istraživanjima genoma biljke.

<sup>6</sup> Bioinformatika (grč. *bios* - život; engl. *informatics*) interdisciplinarna je oblast, koja razvija metode i alate za razumevanje bioloških podataka. Kao interdisciplinarno polje nauke, bioinformatika kombinuje informacione tehnologije, statistiku, matematiku i inženjerstvo, kako bi analizirala i interpretirala biološke podatke. Bioinformatika se koristi u analizama simulacija bioloških pojava, koristeći matematičke i statističke tehnike (Hogeweg, 2011).

U međuvremenu, analitičke metode zasnovane na bioinformatičari su veoma dobro razvijene u mnogim aspektima istraživanja biljnog genoma, uključujući komparativne genomske analize, filogenomiku i evolucione analize, i strukturu širine genoma na nivou organizma. Međutim, stalno unapređenje računarske infrastrukture, kao što su visok kapacitet skladištenja podataka i velike mogućnosti obavljanja softverskih analiza, pravi su izazov za istraživanje biljnog genoma. Mnoge baze podataka o biljnom genomu uspostavljene su i nastavljaju da se šire (Ong i sar., 2016).

## Oplemenjivački rad i genetički resursi

Razlog za održavanje prirodnog ekosistema i tradicionalnog sistema na poljoprivrednim dobrima je taj što biljke iz prirodnih staništa mogu da sadrže veliki diverzitet gena i iz njih mogu da se razviju važne genetičke osobine koje se ugrađuju u nove biljne sorte, koje čine intelektualno dobro (Marjanović-Jeromela i sar., 2011; Milošević i sar., 2012).

Oplemenjivači raspolažu veoma efikasnim metodama i opremom, ali se ne može reći da raspolažu dovoljnim informacijama o genetičkoj varijabilnosti unutar vrsta, posebno u Srbiji, niti da su iste dovoljno iskorišćene (Penčić i sar., 1997; Marjanović-Jeromela i sar., 2011a).

Interes za nove selekzione pristupe javio se sa ciljem proširenja genetičke osnove sorti, samim tim i varijabilnosti, a to su:

- značajno proširenje genetičke baze razvijene u selekcionim programima (sl. 11);
- smanjenje genetičke erozije primenom populacionog pristupa u selekciji;
- povećanje učestalosti gena, sa minimalnim gubitkom genetičke varijabilnosti preko povratne selekcije i
- primenom metoda biotehnologije (Rashid i sar., 2017).



**Slika 11.** Kolekcija genotipova pšenice u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu ukazuje na mogućnost proširenje genetičke baze u svrhu oplemenjivanja (foto: Denčić)

Oplemenjivačkim radom može se obogaćivati ili osiromašiti genetička varijabilnost. Genetička varijabilnost suncokreta (*Helianthus annuus*) je dosta uska, a posebno u pogledu gena koji uslovljavaju otpornost prema bolestima. Divergentnost se može delimično povećati korišćenjem divljih vrsta putem interspecijes hibridizacije. Povećanje genetičke varijabilnosti postiže se daljim korišćenjem divljih vrsta. Rod *Helianthus* ima 51 vrsta i 19 podvrsta sa 14 jednogodišnjih i 37 višegodišnjih vrsta i bogatu varijabilnost unutar svake vrste, odnosno podvrste. Ova varijabilnost pruža veliku mogućnost za povećanje genetičke varijabilnosti u narednom periodu. Interspecies hibridizacija je često otežana usled različitog broja hromozoma i ploidnosti (2n, 4n, 6n) kod divljih vrsta i prisustva inkompatibilnosti. Iz ovih razloga prevazilaženje problema može se postići primenom novih metoda biotehnologije (Škorić i Kovačev, 1995).

U cilju dobijanja informacija o genetičkoj varijabilnosti danas se koriste metode determinacije, kao što je metod randomiziranog umnožavanja polimorfizma DNK (RAPD). Ovaj metod je korišćen za inter i intraspecies razvrstavanje roda *Helianthus*. Oko 35 vrsta i podvrsta roda *Helianthus* su izučavane, kao i 30 inbred linija *H. annuus* i dva uzorka srodnika, i to *Tithonia speciosa* i *Simsia foetida*. Sačinjen je fenogram preko koga su određeni genetički odnosi gajenog suncokreta i divljih vrsta. Analiza je pokazala da postoji relativno mala genetička udaljenost između *H. annuus*, *H. laetiflorus*, *H. salicifolius*, *H. bolanderi*, *H. petiolaris* i *H. tuberosus* što ukazuje da ti divlji srodnici mogu biti izvor korisnih gena za *H. annuus*. Randomiziranim umnožavanjem polimorfizma DNK klasifikovane su i identifikovane vrste najbliže *H. annuus* koje mogu biti korišćene za poboljšanje svojstava gajenog suncokreta (Sivolap i Solodenko, 2006).

U praktične svrhe geni se koriste za lakšu selekciju modifikovanih ćelija i njihovu identifikaciju. Novi geni su uključeni u genom i prenose se na potomstvo. Proizvodi genetičkih modifikacija se nazivaju genetički modifikovani organizmi (*Genetically Modified Organisms - GMO*), a u Kartagena protokolu o biološkoj raznovrsnosti i Konvenciji o biološkoj raznovrsnosti nazivaju se živi modifikovani organizmi (*Living Modified Organisms - LMO*) (Key i sar., 2008). Svaka država je nacionalnim zakonodavstvom regulisala gajenje i upotrebu GMO. Mađarska je Ustavom zabranila gajenje GMO, dok je u Španiji ono potpuno liberalizovano.

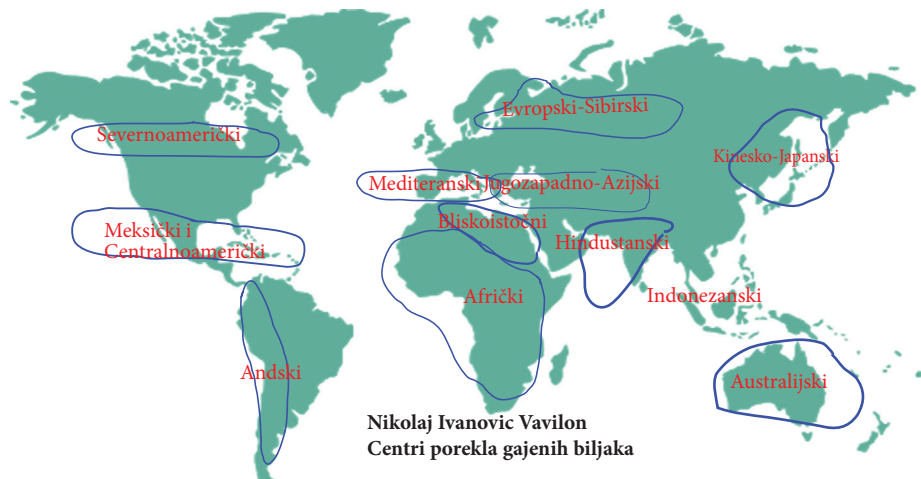
## Centri porekla biodiverziteta

Centri porekla biodiverziteta su geografski određene površine gde su se prvi put pojavile grupe organizama, divljih i/ili odomaćenih, i prvi put razvili osobine koje ih razlikuju. Centre porekla prvi je identifikovao Vavilov 1924 (ITPGR, 2009).

Znanje o poreklu biljnih vrsta je od vitalnog značaja, kako bi se izbegla genetička erozija, nestajanje genetičkog materijala usled gubitka ekotipova i populacija, gubitka staništa (kao što su prašume), povećane urbanizacije i dr. Poreklo biljnih vrsta je danas osnova za unapređivanje procesa oplemenjivanja u cilju iznalaženja divljih srodnika i upotrebe njihovih gena u smislu poboljšanja postojećih sorti, a posebno je taj proces važan kod unošenja novih gena otpornosti na bolesti (pogotovo dominantnih gena) (Janick, 2007). Koncept centara porekla nastao zbog potrebe za novim genetičkim materijalom, koji bi se koristio u izboru i unapređenju sorti gajenih biljaka.

Određene informacije o nastanku gajenih biljaka mogu se naći već u delima antičkih pisaca. Međutim, prve detaljne studije o istoriji i geografiji gajenih biljaka date su nakon objavljivanja studije de Candolle 1882: „Poreklo biljnih vrsta” (*Origine de plantes cultivees*) objavljene u Parizu, a kao izdavač pojavio se Germer Baillièere (de Candolle, 1882). Kasnije su objavljene brojne studije o istoriji porekla gajenih biljaka (Komarov, 1931; Bakhteev 1960; Zhukovsky 1971; Harris 1996; Harlan 1997). Međutim, najveći doprinos razjašnjavaњу ovih problema pripada N.I. Vavilovu i njegovim sledbenicima (Sinskaia, Bakhteev i drugima). Vavilov i saradnici Instituta za biljne genetičke resurse sproveli su studiju na terenu tokom dvadesetih i tridesetih godina prošlog veka i radili na identifikaciji divljih srodnika gajenih biljaka i centara njihove specifične i unutar specifične različitosti.

Centri porekla Vavilova predstavljaju regione u kojima se može naći velika raznolikost divljih srodnika, koji predstavljaju izvorne rođake domaćih biljnih vrsta, kao što je to prikazano na slici 12 (Vavilov, 1926).



**Slika 12.** Centri porekla za pojedine biljne vrste (Geoscience, online)

U tekstu koji sledi navedeno je poreklo samo nekih od važnijih biljnih vrsta po regionima, odnosno njihovim centrima porekla:

- 1. Kinesko - Japanski centar (6000 BP)** (*BP - Before the Present, ranije prisutne, mereno u milionima godina*): heljda *Fagopyrum esculentum*, proso *Panicum* spp., soja *Glycine max*, leguminoze, citrusi.
- 2. Indonezija (12000 BP)**: banana *Musa* spp., hlebno drvo *Artocarpus communis*, karanfilic *Caryophyllus aromaticus*, biber *Piper nigrum*, kokos *Cocos nucifera*, Jam *Dioscorea* spp., pirinač *Oryza* spp., šećerna trska *Saccharum officinarum*
- 3. Hindustan (Indija, Pakistan) (4000 BP)**: Pamuk *Gossypium arboretum*, Bambus *Bambusa* spp., mango *Mangifera indica*, taro *Colocasia antiquorum*, krastavac *Cucumis sativa*, banana *Musa* spp., pirinač *Oryza sativa*, mungo pasulj *Vigna mungo*, biber *Piper* spp., sezam *Sesamum indicum*, konoplja *Cannabis indica*, hibiskus *Hibiscus cannabicus*, kartamus *Carthamus tinctorius*
- 4. Jugozapadna Azija (7000 BP)**: Pistači *Pistacia vera*, kajsija *Prunus armeniaca*, badem *Amygdalus communis*, luk *Allium cepa*, beli luk *Allium sativum*, mrkva *Daucus carota*, grahorica *Lathyrus sativus*, lan *Linum usitatissimum*, grašak *Pisium sativum*, spanać *Spinacea oleraceae*, bob *Vicia faba*
- 5. Bliski istok (11000 BP)**: Pšenica *Triticum* spp., raž *Secale* spp., kupus *Brassica oleracea*, smokva *Ficus carica*, ječam *Hordeum vulgare*, sočivo *Lens esculenta*, lucerka *Medicago sativa*, nar *Punica granatum*, grahorica *Vicia sativa*, grožđe *Vitis vinifera*
- 6. Mediteran (7500 BP)**: Masline *Olea europea*, ovas *Avena* spp., repa *Beta vulgaris*, hmelj *Humulus lupulus*, detelina *Trifolium* spp., grožđe *Vitis vinifera*
- 7. Afrika (6000 BP)**: kafa *Coffea* spp., dinja *Cucumis* spp., pamuk *Gossypium* spp., abisinijska banana *Ensete ventricosum*, pirinač *Oryza* spp., proso *Pennisetum* spp., datula *Phoenix* spp., ricinus *Ricinus communis*, susam *Sesamum indicum*, sirak *Sorghum bicolor*
- 8. Andi (8000 BP)**: Ukrasna detelina *Oxalis tuberosa*, krompir *Solanum* spp., papaja *Carica* spp., amarantus *Amaranthus* spp., ananas *Ananas comosus*, kikiriki *Arachis hypogaea*, čili paprika *Capsicum* spp., kinoa *Chenopodium quinoa*, pamuk *Gossypium barbadense*, hevea *Hevea brasiliensis*, paradajz *Solanum* spp., manioka *Manihot esculenta*, duvan *Nicotiana tabacum*
- 9. Meksiko i centralna Amerika (9000 BP)**: kukuruz *Zea mays*, agava *Agave* spp., indijski orah *Anacardium occidentale*, čili paprika *Capsicum* spp., bundeve, tikve *Cucurbita* spp., pamuk *Gossypium* spp., slatki krompir *Ipomoea batatas*, pasulj *Phaseolus* spp., kakao *Theobroma cacao*

- 10. Australija:** duvan *Nicotiana debbneyi*, duvan *Nicotiana goodspeedii*, eukaliptus *Eucalyptus* spp.
- 11. Evropsko Sibirski:** kelj *Brassica oleracea*, cikorija *Chicorium* spp., digitalis *Digitaria sanguinalis*, jagoda *Fragaria* spp., salata *Lactuca sativa*, hmelj *Humulus lupulus*, lucerka *Medicago* spp., ribizla *Ribes* spp., malina *Rubus* spp., detelina *Trifolium* spp.
- 12. Severna Amerika:** jagoda *Fragaria virginiana*, suncokret *Helianthus* spp., šljiva plum *Prunus* spp., ribizla *Rubus* spp., kupina *Vaccinium* spp., grožđe *Vitis* spp. (Vavilov, 1926).

Kasnije su ove centre porekla dopunili Schery (1972), Janik (2002) i Gross i Zhao (2014), i sačinili tabelu svetskih nešto drugačijom podelom, pa je od 12 nastalo 8 centara porekla gajenih biljaka i nekoliko podcentara (tab. 1).

**Tabela 1.** Svetski centri porekla gajenih biljaka (Vavilov, 1926; Schery, 1972; Janik 2002, Gross i Zhao, 2014)

Centri	Biljke
	<b>Uključujući južne delove Meksika i Gvatemale, Hondurasa i Kostarike</b>
<b>1. Južno-meksički i centralno-američki centar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Žita i leguminoze:</b> kukuruz, pasulj, lima pasulj, oštroolisni pasulj, kanavalia, amarant (štir)</li> <li>– <b>Cucurbitaceae:</b> smokvolisna tikva, zimska tikva čajota</li> <li>– <b>Biljke za vlakno:</b> pamuk, <i>Gossypium purpurascens</i>, henekven (sisal)</li> <li>– <b>Ostale biljke:</b> slatki krompir, korenaste skrobne biljke, biber, papaja, gava, indijski orah, divlja crna trešnja, trešnjoliki paradajz, kakao.</li> </ul>
	<b>Za 62 biljke postoje tri podcentra</b>
	2) Peruvijanski, Ekvadorski, Bolivijanski centar:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Korenaste biljke:</b> krompir sa Anda, ostale endemske vrste gajenog krompira; četrnaest i više vrsta kod kojih hromozomi variraju od 24 do 60, jestivi dragoljub</li> <li>– <b>Žita i leguminoze:</b> skrobni kukuruz, lima pasulj, pasulj</li> <li>– <b>Korenaste biljke:</b> jestiva kana, krompir</li> </ul>
<b>2. Južno-američki centar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Povrće:</b> pepino, paradajz, fizalis, bundeva, biber</li> <li>– <b>Biljke za vlakno:</b> egipatski pamuk</li> <li>– <b>Voće i ostale biljke:</b> kakao, hristov venac, guava, kinin, duvan, čerimoi, koka</li> </ul>
	2A) Čiloe centar (ostrvo blizu obale jugu Čilea)
	– krompir (48 hromozoma), čileanska jagoda
	2B) Brazilsko - paragvajski centar
	– manioka, kikiriki, kaučukovo drvo, ananas, brazilski orah, indijski orah, paragvajski čaj, marakuja

Centri	Biljke
<p><b>3. Mediteranski centar</b></p>	<p><b>Uključuje granice Sredozemnog mora. 84 navedene biljke</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Žita i leguminoze:</b> tvrda pšenica, dvozrna pšenica, poljska pšenica, spelta, mediteranski ovas, morski ovas, sastrica, grašak, lupina,</li> <li>- <b>Krmne biljke:</b> egipatska detelina, bela detelina, crvena detelina, <i>Ornithopus</i></li> <li>- <b>Uljane biljke i biljke za vlakno:</b> lan, uljana repica, crna slačica, maslina</li> <li>- <b>Povrće:</b> cvekla, kupus, salata, asparagus, celer, cikorija, rabarbara, repa, paštrnak</li> <li>- <b>Etarsko ulje i začinske biljke:</b> kim, anis, pepermint, majčina dušica, žalfija, hmelj.</li> </ul>
<p><b>4. Srednji istok</b></p>	<p><b>Uključuje unutrašnjost Male Azije, Zakavkazje, Iran, i visoravni Turkmenistana, 83 vrste</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Žita i leguminoze:</b> jednozrna pšenica, tvrda pšenica, mediteranska pšenica (<i>Triticum turgidum</i>), pšenica, kamut, persijska pšenica, dvoredi ječam, raž, mediteranski ovas, ovas, lupina</li> <li>- <b>Krmno bilje:</b> lucerka, persijska detelina, piskavica, grahorica, dlakava grahorica</li> <li>- <b>Voće:</b> smokva, nar, kruška, jabuka, dunja, trešnja, glog.</li> </ul>
<p><b>5. Etiopija</b></p>	<p><b>Uključuje Etiopiju, Eritreju i deo Somalije, 38 vrsta; bogata pšenicom i ječmom.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Žita i leguminoze:</b> Abisinska tvrda pšenica, <i>Triticum turgidum</i>, dvozrna pšenica, poljska pšenica, ječam, sirak za zrno, biserni proso, afrički proso, kravlji grašak, lan, tef</li> <li>- <b>Ostale biljke:</b> susam, ricinus, kres salata, kafa, bamija, smirna, indigo, enset.</li> </ul>
<p><b>6. Centralno-azijski centar</b></p>	<p><b>Uključuje severozapadnu Indiju (Pendžab, zapadne Frontier Provincije i Kašmir), Avganistan, Tadžikistan, Uzbekistan, i zapadne Tien-Šan, 43 biljke.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Žita i leguminoze:</b> pšenica, patuljasta pšenica, meka pšenica, grašak, sočivo, bob, leblebija, mungo pasulj, slačica, susam, lan</li> <li>- <b>Biljke za vlakno:</b> konoplja, lan</li> <li>- <b>Povrće:</b> luk, beli luk, spanać, mrkva</li> <li>- <b>Voće:</b> pistaći, kruška, badem, jabuka, grožđe.</li> </ul>



Centri	Biljke
	<p><b>Dva podcentra</b></p> <p>7) Indo-Mijanmar: Glavni centar (Indija): Uključuje Asam, Bangladeš i Burmu, ali ne severozapadnu Indiju, Pendžab, niti severozapadnu granicu provincije, 117 biljaka.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Žita i leguminoze:</b> leblebija, golubiji grašak, mungo pasulj, vigna (<i>Vigna umbellate</i>), kravliji grašak</li> <li>- <b>Povrće i krtolaste biljke:</b> plavi patlidžan, krastavac, rotkva, taro, jam</li> <li>- <b>Voće:</b> mango, tangerine, limun, tamarind</li> </ul>
7. Indijski centar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Biljke za šećer, ulje i vlakno:</b> šećerna trska, kokosova palma, susam, šafranika, kapok, orijentalni pamuk, klotalarija, kenafa</li> <li>- <b>Začini, stimulasi, boje i ostalo:</b> konoplja, crni biber, gumarabika, sandalovo drvo, indigo, cimet, kroton, kurkuma</li> <li>- 7A) Siam-Malaja-Java: Statt indo-Malajski centar: Sadrži Indokineski i Malajski arhipelag, 55 biljaka.</li> <li>- <b>Žita i leguminoze:</b> Jovove suze, ljubičasti pasulj</li> <li>- <b>Voće:</b> pomelo, banana, hlebovac, mangostin, banana</li> <li>- <b>Biljke za šećer, ulje i vlakno:</b> <i>Aleurites moluccanus</i>, kokosova palma, šećerna trska, karanfilić, oraščić, crni biber, manila, konoplja.</li> </ul>
	<p><b>Ukupno 136 endemske biljke su u najvećem nezavisnom centru</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Žita i leguminoze:</b> pirinač, sirak za metle, italijanski proso, japanski proso, sirak, heljda, ječam, soja, azuki pasulj, ljubičasti pasulj</li> <li>- <b>Korenaste, krtolaste biljke i povrće:</b> kineski jam, rotkva, kineski kupus, luk, krastavac</li> <li>- <b>Voće i orasi:</b> kruška, kineska jabuka, breskva, kajsija, trešnja, orah, liči, pomorandža</li> <li>- <b>Šećer, lekovito bilje i biljke za vlakno:</b> šećerna trska, opijumski mak, ženšen, konoplja.</li> </ul>
8. Kineski centar	

Istorija izmene genetičkih resursa dovela je do stvaranja važnih sekundarnih centara diverziteta za pojedine biljne vrste. Na primer, povećan diverzitet kod pasulja i kukuruza u Africi, nastao je od vremena od kada su uvezeni iz Latinske Amerike, što je prikazano u tabeli 1. Kao što se iz priložene tabele još može videti, neke biljne vrste imaju više centara porekla, kao što je detelina, malina, pšenica i dr. Suncokret, egzotičnu biljnu vrstu iz severne Amerike, španski istraživači preneli su u Evropu oko 1500. godine. Prvo je raširen u zapadnoj Evropi, uglavnom kao ukrasna biljka, ali i za medicinske namene. Englezi su 1716. prvi patentirali ceđenje ulja iz semena suncokreta. Danas se u Evropi gaji i koristi za tu namenu (Schneider, 1997).

Centri porekla i mesta gde su gajenje biljaka odomaćene nisu uvek isti i nisu sinonimi za centre diverziteta. Pojedine biljne vrste mogu imati poreklo koje nije vezano ni za centar porekla, ni centar diverziteta.

U mnogim slučajevima centre porekla je teško definisati. Različite sorte jedne biljne vrste mogu biti odomaćene na različitim lokalitetima. Pasulj je, recimo, odomaćen u srednjoj Americi i Severnoj Americi, Evropi, i u našoj zemlji.

Vavilov, koji je u osnovi bio genetičar i oplemenjivač biljaka, prvi je konstatovao da diverzitet odomaćenih sotri nije jednako raspoređen širom sveta i približio je probleme gajenih biljnih vrsta u smislu raznolikosti unutar i između njih, koji su mogli biti upotrebljeni u praktične svrhe. Ako se posmatra flora na globalnom nivou, čak i brzo istraživanje pokazuje da postoje mnoge biljne vrste, koje imaju malo veze sa poreklom gajenih biljnih vrsta. Vavilov je želeo da nađe određene regione u svetu, centralna područja za određene biljne vrste, koja imaju iste geografske karakteristike i istoriju i u kojima postoji razvijena poljoprivredna praksa (Hawkes, 1970).

Biljne vrste kao što su raž i ovas, poreklom sa Bliskog Istoka i Mediterana su introdukovane u severnu Evropu kao korov u usevima pšenice, gde su odomaćene i počele su da se gaje posle određenog vremenskog perioda. Industrija hibridnog kukuruza počiva na materijalu koji su posedovali poljoprivrednici u SAD još u osamnaestom i ranom devetnaestom veku. Centar porekla kukuruza (*Zea mays* L.) je Meksiko. Smatra se da je nastao ukrštanjem *Z. diploperennis* i divljeg srodnika *Tripsacum dactyloides*. Jedan od divljih srodnika *Zea* je teozinta, velika grupa trava, koja potiče iz Meksika i još raste kao divlja forma u oblastima Siera Madre. Danas se, na osnovu kompatibilnosti za hibridizaciju i na osnovu rezultata citogenetičkih studija, smatra da pripada rodu *Zea*. Teozinte su važan izvor poželjnih osobina za unapređenje oplemenjivanja kukuruza. Iako divlji srodnici kukuruza nemaju posebnu ekonomsku vrednost, kukuruz koji je nastao od njih je jedna od ekonomski najznačajnijih biljnih vrsta. Danas se kukuruz gaji u svim delovima sveta, gde to klimatski uslovi dopuštaju, jer daje najveći prinos po jedinici površine od svih gajenih biljaka koje se koriste u ishrani (Pallwal i sar., 2000; Campbell, online).

### ***Divlji srodnici biljaka***

Divlji srodnici gajenih biljaka (*Crop Wild Relative - CWR*) samonikle su biljke, tesno povezane sa gajenim biljkama, čije se geografsko poreklo može pratiti po regionima, poznatim kao Vavilovi centri porekla. To može biti divlji predak gajene biljke ili neki drugi usko povezani takson. U prirodi, divlji srodnici gajenih biljaka razvijaju osobine kao što su tolerancija prema suši ili otpornost prema štetočinama. Oplemenjivači ih koriste u procesu stvaranja novih biljnih sorti, da bi poboljšali prinos i hranljivu vrednost useva, još od samog početka nastanka poljoprivrede. Poljoprivrednici ih često seju pored gajenih useva da bi došlo do prirodnog ukrštanja i da bi neke pozitivne osobine divljih srodnika

bile ugrađene u gajene biljke (Biodiversity International, online). Poljoprivrednici su koristili tradicionalni način gajenja biljaka milenijumima. Divlji kukuruz (*Zea mexicana*) gajen je zajedno s kukuruzom (*Zea mays*) da promoviše prirodno ukrštanje i poboljšanje prinosa. U skorije vreme, selekcioneri iskorišćavaju gene divljih srodnika za poboljšanje širokog spektra useva poput pirinča (*Oryza sativa*), paradajza (*Solanum lycopersicum*) i zrnenih mahunarki. Pored koristi koje poljoprivreda ima od ukrštanja i transfera poželjih gena u nove sorte, divlji srodnici mogu biti i izvor hrane.

Divlji srodnici doprineli su unošenju mnogih korisnih gena u gajene biljke, a moderne sorte većine važnijih biljnih vrsta sada sadrže gene njihovih divljih srodnika. Dakle, divlji srodnici su divlje biljke koje doprinose da gajene biljne vrste budu bolje, kvalitetnije, prinosnije, a na koje se mogu preneti željene osobine oplemenjivača, uljučujući biljke namenjene za ishranu ljudi, životinja, krmno bilje, lekovito bilje, začinske biljke, ukrasne, kao i biljke koje se koriste za industrijsku preradu, kao što su ulja i vlakno (Maxted i sar., 2006).

Divlji srodnici biljnih vrsta predstavljaju sve važniji resurs za unapređenje poljoprivredne proizvodnje i održavanje održivih agroekosistema (Biodiversity International, 2006; FAO, 1998; FAO, 2008). Klimatske promene dovode do veće nestabilnosti ekosistema. Iz tog razloga divlji srodnici će verovatno biti ključni resurs u obezbeđivanju čovečanstva hranom za novi milenijum (Maxted i sar., 2008).

Međunarodni biodiverzitet (*Biodiversity International*) kao organizacija podržava i omogućava efikasnu i delotvornu *in situ* zaštitu na lokalnom, nacionalnom i globalnom nivou, kao i ciljanu strategiju korišćenja divljih srodnika. Strategija ima za cilj da na prioritetnim lokacijama, kroz učešće i jačanje lokalnih institucija i aktera, razvija sledeće tri oblasti:

- određivanje statusa očuvanja divljih srodnika biljaka,
- određivanje pretnje upravljanja pristupu i čuvanju površina pod divljim srodnicima na prioritetnim lokacijama na najisplativiji način i
- razvoj dugoročnih indikatora i nivoa praga rizika koji lokalna ljudska populacija može da koristi za sopstvene potrebe (Biodiversity International, online).

## **Populacija**

Populacija je pripitomljena, lokalno adaptirana, tradicionalna biljna sorta, koja se razvila tokom vremena kroz prilagođavanja svom prirodnom i kulturnom okruženju, poljoprivredi i zbog izolacije od drugih populacija te vrste (Sponenberg, 2000). Nisu sve populacije izvedene iz drevnih vrsta i u velikoj meri neizmenjene interesima ljudi. Sorte dobijene u procesu oplemenjivanja mogu ponovo postati nove populacije kroz neadekvatan način umnožavanja.

Većina genetičkog diverziteta kod biljaka leži u populacijama i drugim tradicionalnim sortama koje su rezervoar genetičkih resursa (sl. 13) (Jones i sar., 2008; Breton Olson i sar., 2012).



**Slika 13.** Kolaž koji ukazuje na varijacije u veličini, boji i obliku plodova paradajza (Slika levo: populacija paradajza za punjenje; ostale slike: razne populacije paradajza iz Vojvodine (foto: Sabadoš)

Opstanak populacija u prirodnim zajednicama zavisi od raznovrsnosti osobina populacija, koja ima suštinski značaj jer se okruženje biljnih zajednica menja u funkciji vremena, a neke od biljaka iz populacije zadržavaju karakteristike koje odgovaraju novom okruženju. Izmenjene jedinke češće preživljavaju od onih od kojih su nastale i daju potomstvo koje je prilagođeno novom životnom okruženju. Rezultat uticaja spoljašnje sredine i okruženja može dovesti do toga da se čitava populacija može promeniti i taj proces promene naziva se adaptacija ili prilagođavanje (Pullaiah i sar., 2015).

Turelli (2001), Martin i McKai (2004) i Kelly i Ermisse (2007), tvrdili su da je genetička raznolikost između populacija u pozitivnoj korelaciji sa stopama diverziteta, jer veća genetička različitost podrazumeva veću evolutivnu nezavisnost, što može povećati mogućnosti da evolutivni procesi dovedu do specijacije (Martin i McKay, 2004). Gubitak biodiverziteta izaziva narušavanje biljnih populacija, uglavnom zbog potrebe ljudi da biljne populacije koriste kao hranu i gorivo, ili kroz konverziju ekosistema u površine za proizvodnju hrane, kao i demografskih činilaca.

Opšte karakteristike populacija uključuju:

- da je populacija morfološki prepoznatljiva (da ima posebne karakteristike ili svojstva) i bez obzira na promene ostaje ista,
- da je populacija genetički prilagođena i u stanju da izdrži uslove lokalne sredine, uključujući klimatske promene, bolesti i štetočine, čak i promenu poljoprivredne prakse,
- da populacija nije proizvod formalnih (državnih, organizacionih ili privatnih) oplemenjivačkih programa i da ne postoji sistematski izbor, razvoj i poboljšanje od strane oplemenjivača,
- da populacija ima istorijsko poreklo u određenom geografskom području, a obično ima svoj lokalni naziv i često se klasifikuje prema nameni,

- da populacija pokazuje visoku stabilnost prinosa čak i pod nepovoljnim uslovima, ali su prinosi prosečni, čak i pri kontrolisanim uslovima i
- da i na nivou genetičkog testiranja njeno nasleđe pokazuje stepen integriteta, ali da i dalje postoji genetička heterogenost (npr. genetička raznovrsnost) (Zeven, 1998; Jones i sar., 2008; Bretoni sar., 2012).

### ***Merenje biodiverziteta***

Razumevanje globalne raspodele biodiverziteta jedan je od najznačajnijih ciljeva za ekologe i biogeografe. Osim čisto naučnih ciljeva i zadovoljavanja radoznalosti, to shvatanje ima suštinski značaj za čovečanstvo, kao što je širenje invazivnih vrsta, kontrola bolesti i njihovih vektora i mogućih posledica globalnih klimatskih promena na održavanje biodiverziteta (Gaston, 2000). U razumevanju funkcionisanja biodiverziteta, tropska područja imaju značajnu ulogu, jer se u tropskim područjima dešava visoka stopa degradacije staništa i dolazi do gubitaka u biodiverzitetu (Rahbek, 1995; Hillebrand, 2004; McCain C., 2005; Sahney i Benton, 2008).

Merenje biodiverziteta služi i tome da se istakne dalji obim tumačenja, kao i značaj postavljanja biodiverziteta na različite hijerarhijske nivoe od strane naučnika iz različitih disciplina i donosioca odluka o daljim postupcima u vezi sa biodiverzitetom. Reid i saradnici (1992) i Stohlgren (2006) komentarisali su da do danas nije postignut jasan konsenzus o tome kako treba da se meri biodiverzitet, jer je debata o merenju biodiverziteta obimno istraživana pedesetih godina prošlog veka. Nedostatak konsenzusa o načinu merenja biodiverziteta ima važne implikacije za ekonomiju očuvanja biodiverziteta. Na svom najosnovnijem nivou, bilo koja mera isplativosti, koja se koristi za usmeravanje ulaganja u očuvanje, mora imati neki indeks ili skup indeksa promena u biodiverzitetu.

### **Merenje ekološkog diverziteta**

Postoji niz različitih pristupa merenju raznovrsnosti ekosistema, s obzirom na njegovu složenost, bilo da se meri na nivou zajednice ili na nivou ekosistema. Reid i saradnici (1992) objasnili su da bilo koja osobina zajednice može biti komponenta biodiverziteta i može da zaslužuje praćenje za određene ciljeve.

Postoji nekoliko generičkih mera različitosti na nivou zajednice. One uključuju biogeografski domen ili domen pokrajine, na osnovu distribucije vrsta i ekoregiona, ili eko zone, na osnovu fizičkih atributa kao što su zemljišta i klima. Ove definicije mogu da se razlikuju prema izabranoj skali i svrsi istraživanja. Na primer, svet je podeljen na biogeografske regione ili na više manjih područja koja mogu biti korišćena za kreiranje politike merenja biodiverziteta.

Najveći broj merenja ekološkog biodiverziteta se oslanja na određena mesta koja se nazivaju žarišta ili „hot spot“, koje se zasniva na broju nađenih endem-

skih vrsta. Termin „žarište“ se pominje u poslednje tri decenije u očuvanju biodiverziteta, otprilike sa istim periodom aktivnog korišćenja reči „biodiverzitet“. Značenje i poimanje žarišta može se koristiti u tri različita, više ili manje, nezavisna koncepta:

- koncept endemizma - koncept sa fokusom na pojedinačne endemične vrste,
- koncept biološke raznovrsnosti - broj vrsta po jedinici površine i
- koncept ranjivosti, koji naznačava mogućnost skorog gubitka biljnih vrsta i traži hitnu akciju za njegovo očuvanje (Dyke, 2014).

Myers i saradnici (2000) ispitivali su žarišta na endemskim vrstama i podaci su skoro zanemarljivi, i to iz dva razloga: jedan je nedostatak novije dokumentacije, a drugi, što je još važnije, podaci o endemskim vrstama gotovo uvek se odnose na pojedine zemlje ili delove zemalja, dok se 12 žarišta prostire na dve ili više zemalja, a šest na četiri ili više zemalja. Podaci o brojnosti vrsta su druga odrednica statusa žarišta i primenjuje se samo nakon što je područje ispunilo kriterijume vezane za stepen opasnosti, koji se ogleda u gubitku staništa.

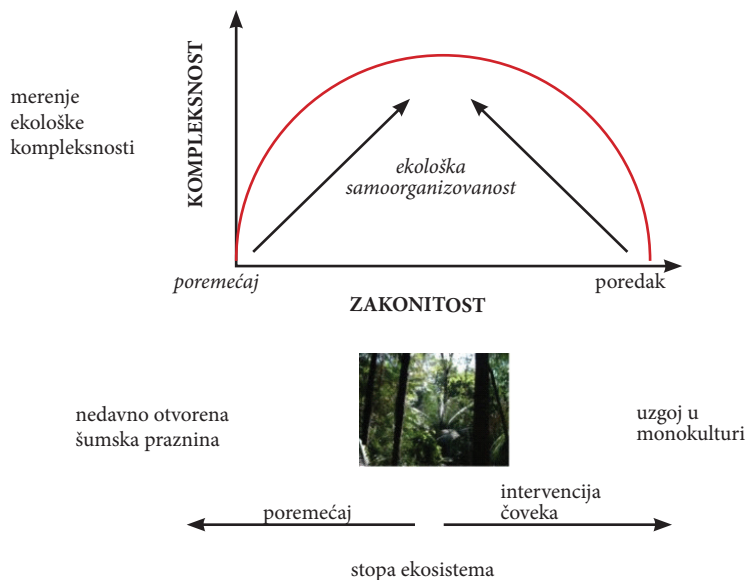


**Slika 14.** Žarišta biodiverziteta u svetu; žarišta zauzimaju 3-30% crvenim obeleženih površina (Meyer i sar., 2000)

Da bi neki region imao status žarišta, trebalo bi da izgubi 70% ili više svoje primarne vegetacije, a to je oblik staništa koje obično ima najviše vrsta, posebno endemiti; jedanaest žarišta su već izgubili najmanje 90% biljnih vrsta, a tri su izgubila 95% (sl. 14).

Ekosistem teži većoj složenosti preko procesa samoorganizovanja, koje dovodi ekosistem u dve krajnosti, i to u sistem reda i sistem nereda, odnosno u stanje maksimalne kompleksnosti. Stanje maksimalne kompleksnosti je specifično i ograničeno je na preovladavanje fizičkih i ekoloških uslova. Događaji koji dovode do prirodnih poremećaja u ekosistemu obično dovode do većih

poremećaja, dok ljudska intervencija, u vidu ulazne energije, može da dovede ekosistem u stanje većeg reda nego što bi se to prirodno desilo (Cleland, 2011). Kao analogija uređenog ekosistema može se uzeti polje kukuruza koje se gaji u monokulturi, jer su biljke kukuruza zasejane u pravilne redove. Kao primer za poremećeni ekosistem može se uzeti primer kada seme slučajno padne na skoro ogoljeno mesto u šumi i samo počne da klija. Prašuma je verovatno najbolji primer najkompleksnijih ekosistema na planeti Zemlji (sl. 15) (Parrott, 2010).



**Slika 15.** Kompleksnost ekosistema kao ekološki indikator (Parrott, 2010)

### Merenje diverziteta vrsta

Bogatstvo diverziteta vrsta predstavlja broj vrsta unutar regiona ili datom području i često se koristi kao sinonim za diverzitet vrsta. Međutim, tehnički, raznolikost vrsta obuhvata broj vrsta ali ne i njihovu količinu. U svojoj idealnoj formi, diverzitet vrsta bi se sastojao od kompletnog kataloga svih vrsta koje se javljaju u oblasti koja se razmatra, ali to obično nije moguće, osim ako se radi o veoma malom prostoru. Diverzitet vrsta u praksi meri se na osnovu uzetog uzorka (Peet, 1974; Priyadarshi, online) i na osnovu brojnosti vrsta u uzetom uzorku vrši se katalogizacija. Takvi uzorci sadrže sve organizme, opisane do vrste i pronađene u određenom području. Na osnovu uzetih uzoraka može da se izračuna indeks bogatstva vrsta (Peet, 2003).

Merenja biodiverziteta vrsta mogu se izvršiti primenom indeksa diverziteta vrsta (S), koji predstavlja broj različitih vrsta u datoj oblasti. Ova mera zavisi od veličine uzorka i truda koji uloži ocenjivač. Clifford i Stephenson (1975) sačinili su formulu za merenje biodiverziteta vrsta, a dve godine kasnije to je učinio i Whittaker (1977).

1. Margalef-ov indeks raznolikost (Clifford i Stephenson, 1975):

$$D_{Mg} = (S-1) / \ln N$$

2. Menhinick-ov indeks raznolikost (Whittaker, 1977)

$$D_{Mg} = S / \sqrt{N}$$

gde je N = ukupan broj jedinki u uzorku, a S = broj zabeleženih vrsta.

Oba merenja i dalje u najvećoj meri zavise od uzorkovanja, jer oba pokazatelja koja čine formulu za izračunavanje diverziteta vrsta, ukupan broj jedinki u uzorku i broj zabeleženih vrsta, zavise od uzetog uzorka na osnovu koga se vrši izračunavanje.

Za merenje diverziteta vrsta mogu da se koriste i neke druge mere, kao što je gustina vrsta u datom uzorku, parceli ili numeričkim brojanjem vrsta, a bogatstvo vrsta može biti definisano kao broj vrsta po jedinici površine ili određenog broja jedinki ili biomase (Williams i sar., 1991).

## Merenje genetičkog diverziteta

Vrednost genetičkih resursa je u tome što omogućavaju biljkama da se podvrgnu prirodnim evolutivnim procesima, što zauzvrat stvara veće genetičke varijacije neophodne biljkama za prilagođavanje na promene, održavanjem sociološke i kulturne tradicije, lokalnog identiteta i tradicionalnog znanja (Hajjar i Hodgkin 2007; Bellon, 2009; FAO, 2015).

Merenje genetičke raznolikosti može se vršiti na više načina, a najčešće se koriste merenja na osnovu genotipa i merenja genoma.

Merenje se oslanja na genotipsko bogatstvo i ono se češće koristi u ekološkim studijama, jer se pretpostavlja da rast broja genotipova dovodi do rasta diverziteta i povećavanja genomske raznovrsnosti (broja genetičkih polimorfizama i/ili genomske različitosti među jedinkama) (Avolio, 2012).

Većina analiza genetičke raznolikosti uključuje sledeće korake:

1. Opis raznovrsnosti - to može biti opis u okviru populacije ili između populacija; može se proširiti i na veće jedinice kao što su oblasti i regioni;
2. Izračunavanje odnosa između jedinica analiziranih u jednom koraku - ovo podrazumeva izračunavanje rastojanja (geometrijski ili genetički) između svih parova subjekata u studiji;
3. Izražavanje ovih odnosa - metodom kojom istraživač raspolaže (Kloda i sar., 2008).



Genetički diverzitet može se meriti preko tri pokazatelja:

- Taksonomska različitost: taksonomska različitost predstavlja pokušaj da se organizmi klasifikuju na osnovu ukupne sličnosti, obično u morfologiji ili drugim posmatranim osobinama, bez obzira na njihovu filogenezu ili evolutivni odnos. Taksonomska različitost obično se bavi merenjem varijanse posebnih osobina, a često obuhvata lako merljive morfološke i fiziološke osobine. Taksonomske osobine mogu se jednostavno meriti, a njihova ekološka ili praktična korist je ili očigledna ili se može lako zaključiti. Međutim, njihovu genetičku osnovu je često teško proceniti i standardizovana poređenja su teška kada se populacije ili taksoni mere za kvalitativno različite osobine (Pearce i Moran, 1994).
- Alelni diverzitet: Isti gen može postojati u velikom broju varijanti, a ove varijante nazivaju se aleli. Merenje alelne različitosti zahteva poznavanje alelnog sastava na individualnim lokusima. Ove informacije se obično dobijaju korišćenjem metode proteinske elektroforeze, koja analizira migraciju enzima pod uticajem električnog polja. Detektovanje alelnih varijacija elektroforezom ima prednost jer precizno kvantitativno obezbeđuje komparativne mere genetičke varijacije. Nedostatak je da se ne mogu na ispitivanom predstavniku ustanoviti varijacije u genomu u celini, a ne uzima u obzir funkcionalni značaj ili selektivnu važnost pojedinih alela. Alelna različitost može biti merena na individualnom ili na populacijskom nivou (Caballero i García-Dorado, 2013). U principu, ukoliko se ispita više alela, kao i više lokusa koji su polimorfni, dobija se veća mogućnost da se ista verodostojnije proceni ili detektuje. Prosečna očekivana heterozigotnost (verovatnoća da će dva alela, uzeta nasumice, biti drugačija) često se koristi kao ukupna mera alelnog diverziteta (Hajjar i sar., 2008; Narloch i sar., 2011).
- Diverzitet sekvenci: Deo DNK sekvenci dobija se korišćenjem tehnike lančane reakcije polimeraze (*Polymerase Chain Reaction - PCR*). Ova tehnika zahteva veoma malu količinu materijala, možda jednu ćeliju, potrebnog za dobijanje podataka o DNK sekvencama. Bliski srodnici mogu imati čak 95 odsto ili više sličnih ili istih nuklearnih DNK sekvenci, što podrazumeva veliku sličnost u ukupnim genetičkim informacijama (Pearce i Moran, 1994).

Tokom poslednjih 40 godina, studije genetičkog diverziteta su transformisane iz jednostavnih statističkih poređenja frekvencije alela od nekoliko enzima (*alozimi*<sup>7</sup>) za nekoliko jedinki unutar i između populacija.

---

<sup>7</sup> Alozimi su enzimi čije je svojstvo uslovljeno specifičnim alelom, a ne posttranskripcionim činiocima ili delovanjem okolne sredine; jedna od prednosti korišćenja alozima kao genetičkih markera je relativna jednostavnost postupka, jer nema potrebe da se izoluje DNK; zbog njihove jednostavnosti veoma su isplativi, a to ih čini željenim načinom za proveru genetičke razlike unutar velike populacije; alozimi se često koriste za sagledavanje alelske razlike između blisko srodnih vrsta; jedan od nedostataka ovog testa je relativno mali broj informativnih molekularnih markera (polimorfizam) (EMIS, online).

Moguća je analiza genoma sa širokim obimom varijacija (milionima lokacija na genomu) preko (stotina hiljada) jedinki bilo koje vrste. Pored napretka u sekvenciranju DNK, stvorene su i mnoge druge metode poput bioinformatike, softverske arhitekture vođene potrebom da se analiziraju ogromne količine podataka, koje se mogu generisati (Avolio, 2012).

Postoje neki opšte prihvaćeni standardi za analizu vrsta podataka pogodnih za praćenje genetičke raznovrsnosti (tab. 2), na primer, DNK barkodovi (Hebert i sar., 2003) koji omogućavaju izgradnju biblioteke sekvenci istog gena preko mnogo različitih taksona povezanih muzejskim primercima i taksonomskim identifikacijama. Sekvenciranja barkodova gena svakog biološkog uzorka (uključujući jaja, larve ili delove organizma poput noge ili lišća) dovode do brzog identifikovanja ako su već katalogizirane vrste u referentnoj biblioteci (Ratnasingham i Hebert 2007; Bruford i sar., 2017).

**Tabela 2.** Lista molekularnih metoda koje se mogu koristiti za analizu genetičke različitosti, uključujući polje primene, prednosti i nedostaci (Bruford i sar., 2017)

Molekularni marker	Primena	Prednosti	Nedostaci
<i>Mikrosateliti</i>			
Mikrosateliti su kratke ponovljene sekvence, obično duge 1-10 bp, koriste se za profilisanje DNK. Mikrosateliti se pojačavaju korišćenjem PCR jedin-stvenih bočnih DNK sekvenci. Oni odražavaju nivo ploidnosti organizma koji se istražuju (do dva alela za diploidne vrste). Oni su oblik "Copy Number Variant (CNV)" sekvence	Mikrosateliti se koriste gde su poželjni visoki nivoi polimorfizma -za individualnu identifikaciju, forenzike, populacione genetičke studije i mapiranje genoma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veliki broj markera na genomu (u hiljadama), lako se identifikuju korišćenjem sledeće generacije "shotgun" sekvencioniranja</li> <li>- Može koristiti DNK lošijeg kvaliteta i manje količine (za neinvazivne uzorke)</li> <li>- Višestruki mikrosateliti mogu se amplifikovati i meriti tokom PCR i gel elektroforeze, smanjenje troškova</li> <li>- Veliki broj informacija i sadržaj markera daje statističku pouzdanost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Može izostati umnožavanje u PCR reakciji (nula alela), što dovodi do grešaka u skринingu zbog lošeg kvaliteta DNK</li> <li>- "stutter bendova" može dovesti do DNK klizanja tokom PCR amplifikacije, na taj način se komplikuje interpretacija bend profila</li> <li>- Visoke stope mutacija mikrosatelitskih lokusa čini ih nepo-dobnim za više taksonomske studije</li> </ul>

Molekularni marker	Primena	Prednosti	Nedostaci
--------------------	---------	-----------	-----------

*Mitochondrijalna DNK i DNK hloroplasta*

<p>Sekvence mitohondrija i hloroplasta su organelne zasnovane na sekvencioniranju plastida, uniparentalni i nasleđeni u jednoj kopiji, sa poznatim genetičkim odredbama PCR prajmera za gene i regione bez gena (<i>non genic region</i>)</p>	<p>Koristi se za analizu taksonomskog diverziteta (<i>DNA barcoding</i>), interspecifične filogenije i intraspecifične filogeografije</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veliki broj kopija po ćeliji i tkivu čini ovu metodu lakom za umnožavanje</li> <li>- Poznate evolucionestope za mnoge gene u mnogim taksonomskim jedinicama</li> <li>- Veliki napredak u poređenju sa nuklearnom DNK, daje visoku rezoluciju</li> <li>- Različite sekvence evoluiraju u različitim stopama, omogućavajući istraživanje višestrukih nivoa taksonomskih različitosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuklearne kopije mogu komplikovati PCR reakciju i zaključak o različitosti sekvence</li> </ul>
---	---	--	---

*Polimorfizam pojedinačnih nukleotida*

<p>Polimorfizam pojedinačnih nukleotida (SNP) javlja se u nuklearnim i genomima organela i obično se odnose na jednu bazu mutacija. Mogu da se detektuju direktnim sekvencioniranjem, ili indirektno restrikcionim enzimima (npr. RAPD sekvencioniranjem ili genotip sekvencioniranjem)</p>	<p>SNP je brzo zamenjen mikrosatelitima, kao izborom markera za primenu u populacionoj genetici, ali se može primeniti na genima za mapiranje, izučavanje genomskih asocijacija i kada se koriste u genotipizaciji, za utvrđivanje jedinki, populacija i čak vrsta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sveprisutan, često na milionima lokacija u genomu</li> <li>- Lako automatizovan pomoću raznih metoda, za efikasno genotipsko ispitivanje hiljade do nekoliko stotina hiljada markera istovremeno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retko su trans-specifični, tako da specifični testovi treba da se modifikuju skoro kod svih vrsta</li> <li>- Utvrđivanje BIAS-markera identifikovanih u jednoj populaciji kao polimorfni, ne mogu biti upotrebljeni na drugoj populaciji (ili može biti manje korišćen)</li> <li>- Polimorfizam je najčešće ograničen na dva alela po lokusu, tako da korišćenje ograničenog broja SNP mogu patiti od nedostatka rezolucije na željenom nivou taksonomskog polimorfizma</li> </ul>
---	--	--	---

Molekularni marker	Primena	Prednosti	Nedostaci
<i>Direktno sekvencioniranje</i>			
Sada je moguće, koristeći veliku propusnost, jeftino sekvencioniranje platforme direktno preko celog genoma, transkriptoma <sup>8</sup> ili epigenomom <sup>9</sup> pojedinačnih organizama po relativno niskoj ceni. Ovaj pristup se može koristiti za proizvodnju <i>de novo</i> referentnih genoma ili da se višestruko ponovi sekvenca genoma	Ovaj postupak se može koristiti za pružanje potpune informacije o elementarnim, modifikovanim ili nukleotidnim sekvencama za studije različitosti, evolutivne adaptacije, fenotipske plastičnosti i fiziološki odgovor skoro bilo kog organizma u bilo kom okruženju	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Krajnji način da se dobiju informacije o genetičkoj raznolikosti, velika statistička snaga</li> <li>– Vrlo lako da se izvodi i automatizuje</li> <li>– Može se primeniti u mnogim biološkim materijalima</li> <li>– Troškovi se drastično smanjuju,</li> <li>– Mnogi novi statistički alati se i proizvode za analizu celog “omics” podatka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Iako je mnogo jeftinije nego ranije, cene po pojedinačnom genomu mogu i dalje biti previše visoke</li> <li>– Računari dobijaju zahteve za obradu ogromnog broja podataka i analiziraju podatke za ceo genom</li> <li>– Kapacitet sekvencioniranja je brzo nadmašio bioinformatičke alate za analizu podataka</li> <li>– Ako se posmatra analitički to može biti “crna kutija” u kojoj je skoro svaki rezultat moguć, uz malo razumevanje osnovnih podataka</li> </ul>

## Ekonomski značaj biodiverziteta

Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo, stabilni prirodni hidrološki ciklusi, plodna zemljišta, izbalansirana klima i brojne druge vitalne usluge ekosistema zavise od očuvanja biološke raznovrsnosti.

<sup>8</sup> Transkriptom je skup svih RNK molekula u jednoj ćeliji ili populaciji ćelija; ponekad se koristi za sve RNK, ili samo mRNK, u zavisnosti od konkretnog eksperimenta (Wang i sar., 2009).

<sup>9</sup> Epigenom se sastoji od zapisa hemijskih promena u DNK i histonu proteina nekog organizma; ove promene mogu biti prenošene sa organizama na potomstvo, preko transgeneracijskog epigenetskog nasleđa; promene u epigenomu mogu dovesti do promena u funkciji genoma (Bernstein i sar., 2007).

Proizvodnja hrane oslanja se na biodiverzitet za razne biljke, oprašivače, kontrolu štetočina, sadržaj hranljivih materija, genetičku raznovrsnost i prevenciju bolesti i njihovu kontrolu (Losey and Vaughan, 2006). Lekovito bilje i farmaceutski proizvodi oslanjaju se takođe na biodiverzitet. Pad biodiverziteta može dovesti do povećanja transmisije bolesti na ljude i povećanje troškova zdravstvene zaštite (Consevation tools.org., online).

U proteklih 100 godina, svetska ekonomija se povećala sedam puta, a globalna populacija je porasla sa 1,6 do 7 milijardi. Svet je izgubio polovinu tropskih šuma, 20% biljnih vrsta, a brojnost sisara, ptica i vodozemaca je smanjena za 10% do 30%. Nivoi atmosferskog ugljendioksida sada su 385 ppm i rastu brzo, blizu su kritičnog praga od 450 ppm, preko kog je moguć globalni porast temperature za 2°C, što može nepovratno negativno uticati na ljudsku vrstu (Al Mubarak, 2012).

Tokom prošlog veka došlo je do naglog pada biodiverziteta. U 2007, nemački savezni ministar za životnu sredinu Sigmar Gabriel naveo je procene da će do 30% svih vrsta biti izgubljeno do 2050 (Sigmar, 2007a), od toga oko jednog osmini poznatih biljnih vrsta preći nestajanje. Gotovo svi naučnici priznaju da je stopa gubitka vrsta veća nego u bilo kom trenutku u ljudskoj istoriji, da se izumiranje biljnih vrsta javlja u stopama stotina puta većim nego do pre pedeset godina (Reid, 1995).

U apsolutnom smislu, planeta je izgubila 58% svog biodiverziteta od 1970 do 2016. Prema studiji Svetskog fonda za divlje vrste (*World Wildlife Fund*) biodiverzitet je imao najveći pad u Latinskoj Americi, 83%. Zemlje s visokim prihodima su pokazale povećanje za 10% u biodiverzitetu, koji je poništen gubitkom u zemljama s niskim prihodima, uprkos činjenici da zemlje s visokim prihodima koriste ekološke resurse pet puta više od zemalja s niskim dohotkom. Hallmann i saradnici (2017) su u svojoj studiji ustanovili da je biomasa živih insekata u Nemačkoj opala za tri četvrtine u poslednjih 25 godina.

Današnja svetska ekonomija predstavlja direktnu pretnju održanju globalnog biodiverziteta, zato što tretira „usluge” prirode kao nešto što ne košta ništa i ne uzima u obzir štete koje dovode do uništenja ili umanjene efekata u prirodnim sistemima. Industrijalizacija i druge aktivnosti čoveka dovode do zagađenja vode, zemljišta i vazduha, i smanjenja površina pod šumama, što dovodi do promene klime, a time i uslova za živi svet. Rezultat promena je izumiranje velikog broja biljnih i životinjskih vrsta, uništenje niza ekoloških sistema planete Zemlje, što u krajnjem ishodu dovodi do ogromnih šteta svetskoj ekonomiji i ugrožava bezbednost svih ljudi na planeti Zemlji.

„Cenu usluga” koju biodiverzitet čini za čoveka, spoljašnje okruženje i ekosistem, teško je proceniti u novčanom iznosu. Još 1997. je ekološki ekonomista Costanza procenio da jednogodišnja vrednost „usluga” od biodiverziteta za čovečanstvo iznosi između 16 - 54 triliona ( $10^{12}$ ) dolara, u proseku 33 triliona (Costanza i sar., 1997; Costanza i sar., 2014). Svetski nacionalni bruto proizvod - BNP (zbirne sume bruto nacionalnih proizvoda svih zemalja sveta) godišnje iznosi 18 triliona godišnje Prema izvodu iz materijala naslovljenog „Ekonomija

ekosistema i biodiverziteta” (*The Economy of the Ecosystems and Biodiversity - TEEB*) (UN, 2007) do koga je na ovoj konferenciji došao nemački nedeljnik *Spiegel*, procenjuje da će godišnje štete od gubitka biodiverziteta za svet biti oko 6% globalnog BNP do 2050. Globalna godišnja ulaganja, da bi se sprečilo izumiranje vrsta i sačuvao biodiverzitet, procenjuju se na oko 30 milijardi evra (46,5 milijardi USD), svaki dolar uložen u zaštitu biodiverziteta bi prema analizi stručnjaka, doneo sto dolara dobiti iz očuvanih prirodnih sistema (Töpfer, 2008).

Ekonomija ekosistema i biodiverziteta je studija koju je predvodio Pavan Sukhdev (Sukhdev, 2013), koja predstavlja međunarodnu inicijativu koja bi skrenula pažnju na globalne ekonomske koristi od biodiverziteta. Cilj je da se ukaže na sve veću cenu gubitka biodiverziteta i degradaciju ekosistema i da se ujedini znanje iz oblasti nauke, ekonomije i politike, kako bi se omogućile praktične akcije. U TEEB imaju za cilj da procene, komuniciraju i odrede hitnost akcija putem svojih pet naznaka:

- D0: nauka i ekonomski temelji, troškovi politike i troškovi neaktivnosti,
- D1: mogućnosti kreiranja politika za nacionalne i međunarodne kreatore politike,
- D2: odlučna podrška lokalnim administratorima,
- D3: poslovni rizici, mogućnosti i pokazatelji i
- D4: građanin i vlasništvo potrošača.

Jedan od motiva za studije bio je da se utvrdi objektivna globalna standardna osnova za izračunavanje kapitala koji ima priroda. Procenjeno je da bi troškovi oštećenja biodiverziteta i ekosistema iznosili 18% svetske ekonomske proizvodnje do 2050 (Anderson, 2010). Svetska banka uložila je velike napore da uključi troškove biodiverziteta i klimatskih promena u nacionalne budžete (TEEB, online). Njeni sponzori proglasili su Ekonomski ekosistem i biodiverzitet za organizaciju koja će imati glavnu inicijativu, na međunarodnom nivou, da skrene pažnju na globalne ekonomske koristi od biodiverziteta, da ukaže na sve veće troškove gubitaka biodiverziteta i degradaciju ekosistema. TEEB je u oktobru 2010. objavio svoj izveštaj pod nazivom „Uključivanje ekonomičnosti ekosistema i biodiverziteta: sinteza pristupa, zaključci i preporuke TEEB”, i pokrenuo Banku prirodnog kapitala<sup>10</sup> da predstavi svoje zaključke javnosti (Anderson, 2010a), jer je visok nivo biodiverziteta neophodan za održavanje funkcionalnih ekosistema (Majoe, 2015).

---

<sup>10</sup>Banka prirodnog kapitala (*Bank of Natural Capital*) osnovana je na inicijativu Ekonomije ekosistema i biodiverziteta (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity- TEEB*), da bi moglo da se komunicira vezano za prirodne kapitalne investicije i teorijske vrednosti koje se odnose na ono što se ponekad, u svetskoj javnosti, naziva „ekonomski nematerijalan“, a naročito direktna ekonomska i finansijska vrednost usluga ekosistema čoveku (UN, 2010).

Sa ekonomske tačke gledišta, biodiverzitet može da se posmatra kao deo prirodnog kapitala, a protok usluga ekosistema je „interes” na kome društvo dobija (Costanza i sar., 2014). Iz perspektive ekonomista, biološka raznovrsnost ili biodiverzitet je od interesa zbog dva osnovna razloga. Prvi je što biodiverzitet predstavlja stanje u kome se nalazi društvo, odnosno, što je veći biodiverzitet, veća je njegova vrednost, mada, ako se izgubi jedan njegov manji deo, posledice neće biti značajno vidljive. Drugi razlog je da izbor koji pravi društvo ima značajne negativne efekte na biodiverzitet. Tako, na primer, neke odluke donete u povodu korišćenja resursa, koje je društvo nesmotreno napravilo, značajno su smanjile biodiverzitet. Promena namene poljoprivrednog zemljišta, krčenje šuma i isušivanje močvara su izazvali uništavanje biodiverziteta (Bennett, 2003).

Ekonomsko vrednovanje biodiverziteta ima za cilj da prikaže njegovu novčanu vrednost, a razlog tome je što je teorijska osnova ekonomskog vrednovanja monetarna varijacija, kao kompenzacija ili ekvivalent za direktne i indirektne uticaje određenih promena biodiverziteta na dobrobit ljudi (IUCN, online). Obe vrednosti, direktna i indirektna, koje se odnose na proizvodnju, potrošnju i nekorišćenje vrednosti biodiverziteta, uzimaju se u obzir kada se obavlja ekonomska procena biodiverziteta (Nunes i Nijkamp, 2011). Promene biodiverziteta moraju biti marginalne ili male da bi ekonomske procene imale smisla. Ekonomska procena promena biodiverziteta bazira se na redukovanom pristupu vrednosti, što znači da je ukupna ekonomska vrednost rezultat sabiranja raznih namena, što odražava različite ljudske motive, kao i sabiranja lokalnih vrednosti koje se kasnije koriste za dobijanje globalne vrednosti. Koncept ukupne ekonomske vrednosti (*Total Economic Value - TEV*) ekosistema i biodiverziteta je definisan kao zbir vrednosti svih usluga koje prirodni kapital stvara sada i u budućnosti (Bartkowski, 2017).

U toku priprema za samit G8 zemalja koji je 2007. organizovala Nemačka, na listi tema se uz klimatske promene našla i tema zaštite biodiverziteta, između kojih postoji čvrsta uzajamna povezanost i uslovljenost. Ako se klimatske promene nastave ovim tempom, oko 30% živih vrsta na zemlji će izumreti do 2050, mada prirodni ekosistemi, posebno šume, regulišu hidrološke procese i na taj način ublažavaju klimatske ekstreme. Nemačka je u pripremi za ovaj samit posebno insistirala na ekonomskim aspektima zaštite biodiverziteta (Sigmar, 2007).

Nekoliko navedenih primera mogli bi da ilustruju značaj i cenu pojedinih servisa ekosistema:

- Šume apsorbuju ugljen-dioksid iz atmosfere koji nanosi velike štete privredi (posebno poljoprivredi), čime se usporava proces globalnog zagrevanja naše planete Zemlje regulišu snabdevanje vodom (hidrološki ciklus, prečišćavanje) i pružaju farmaceutskoj industriji važne sastojke za proizvodnju lekova (Spiegel, online, 2008). Globalna vrednost farmaceutskih proizvoda dobijenih iz biljaka je veća od 380 milijardi evra u industrijalizovanim zemljama. Od ukupnog broja do sada proizvedenih lekova, 40 - 50%

dobijeno je iz prirodnih materija. Za onkologiju i antiinfektivne lekove ovaj procenat iznosi 70% - 80%. Sa svakom živom vrstom koja izumre gubi se potencijalni lek za neki od zdravstvenih problema svetskog stanovništva.

Procenjuje se da ukupna vrednost oprašivanja u agraru koje obave pčele (sl. 16) iznosi 2 - 8 milijardi dolara godišnje (1,3 - 5,2 milijardi evra), što je ujedno i potencijalna šteta od njihovog izumiranja. Zato pomor pčela, izazvan upotrebom nekih pesticida i drugim činiocima, nije šteta samo za pčelare, nego za celu društvenu zajednicu.



Slika 16. Pčele kao oprašivači (Foto: Opušteno.rs)

Losey i Vaughan (2006) procenili su da je godišnja vrednost ekološke usluge koju pružaju „divlji” ali i domaći insekti u Sjedinjenim Američkim Državama viša od 57 milijardi dolara, s tim što tu nije uračunata cena meda, produkata svilenih buba i dr.

Nemačka je zabranila korišćenje osam vrsta insekticida za tretman semena uljane repice i kukuruza, pošto je dve trećine pčela u pokrajini Baden Virstenberg uginulo od posledica korišćenja „clothianidin” (*Neonicotinoid pesticides*) (Benjamin, 2008).

Direktivom Saveta Evropske unije broj 283/2013 (EC 2013,a) i Direktivom Saveta Evropske unije broj 284/2013 (EC, 2013b), počev od 2013. u EU je zabranjena upotreba pesticida na bazi *neonicotinoid* na biljkama koje formiraju cvet, a privlače pčele. Komitet Evropskog parlamenta za životnu sredinu, javno zdravlje i bezbednost hrane 2018. je zatražio od Evropske agencije za bezbednost hrane (*European Food safety Authority - EFSA*) da dostavi naučno mišljenje o „Holističkom pristupu za procenu rizika od višestrukih stresova kod pčela“, koji ne posmatra samo kumulativne i sinergetske efekte pesticida, već i pitanja vezana za genetičku konstituciju pčela, patogene, praksu upravljanja pčelama i okruženje u kome se pčele gaje. Na osnovu Izveštaja izdata je potpuna zabrana upotrebe preparata na bazi *neonicotinoid*, a usvojena je 2018, s tim što *neonicotinoid* može da se koristi u zatvorenom prostoru (staklenici i dr.) (Guardian, 2019).

Nemačka pokrajina Baden Virstenberg uvela je „vodeni fening“ kao dodatak na cenu vode, kojim se subvencionišu poljoprivrednici za manje korišćenje pesticida i mineralnih đubriva, kako bi se smanjilo zagađenje voda i stvaranje



gasova sa efektom staklene bašte (od azotnih oksida) koji utiču na promenu klime (Töpfe, 2008). Trska koja raste duž obala reke Elbe u Nemačkoj, na primer, obavlja servis u godišnjoj vrednosti od oko 7,7 miliona evra zato što prečišćava zagađenu rečnu vodu i čini nepotrebnom izgradnju dodatnih prečišćivača.

U cilju boljeg razumevanja uloge zaštite prirode i njenog odnosa prema globalnoj ekonomiji, treba reći da je oko 40% svetske trgovine zasnovano na biološkim proizvodima ili procesima.

Da bi se planeta Zemlja zaštitila od daljeg razaranja, postavlja se pitanje kako dovesti do toga da kompanije, berze i kreditni sektor prihvate efektivne kriterijume za investiranje? Sve napred rečeno navodi na zaključak da je neophodno da se izvrši zelena globalizacija.

Proizvodnja prirodnih sirovina u poljoprivredi, šumarstvu i ribarstvu, stabilni hidrološki ciklusi, plodno zemljište, uravnotežen klimat i brojni drugi životni procesi koji se dešavaju u ekosistemu, mogu se trajno obezbediti zaštitom i održivim načinom korišćenja biološkog diverziteta. Zato bi pored ključne uloge direktne konzervacije, kao što su zaštićene zone, ekosistemi i održivi metodi proizvodnje, bilo neophodno uključiti biodiverzitet u sve druge sektore, kao što su trgovina, razvoj, finansije i transport. Radikalniji pristup očuvanju biodiverziteta zahteva primenu principa ekološke ekonomije, koja kao disciplina tek sada ulazi u programe nastave nekih od svetskih univerziteta.

### ***Značaj biodiverziteta za poljoprivredu***

Čovek je u ishrani, gledano kroz istoriju, koristio oko 7000 biljnih vrsta koje mu je obezbeđivao diverzitet, uprkos pojavi štetočina, bolesti, klimatskim kolebanjima, suši i drugim neočekivanim događajima u životnoj sredini. Trenutno, samo oko 30 biljnih vrsta obezbeđuje 95% ljudskih potreba za hranom, od kojih pirinač, pšenica, kukuruz i krompir obezbeđuju 60% energetskog unosa. Zbog zavisnosti od relativno malog broja biljnih vrsta, a zarad globalne bezbednosti hrane, od ključnog značaja je održavanje visoke genetske raznolikosti unutar ovih biljnih vrsta (FAO, online, a).

Kada se procenjuje vrednost ili značaj biljnih resursa za poljoprivredu, ne vrednuju se samo pojedini geni i genotipovi nego i njihova varijabilnost i diverzitet *per se*. Za očuvanje vrednosti biodiverziteta, važnije je održavati i očuvati veliki broj vrsta, kompleksa gena, nego pojedine gene ili genotipove.

Poljoprivredni biodiverzitet može se podeliti u dve kategorije: unutarvrсна raznolikost, koja uključuje genetičku raznolikost unutar jedne vrste, poput krompira (*Solanum tuberosum*) koji se sastoji od mnogih različitih oblika i tipova (sl. 17). Druga kategorija poljoprivrednog diverziteta zove se međuvrсна raznovrsnost i odnosi se na broj i različitost vrsta. Može se primetiti da mnogi mali poljoprivrednici gaje veliki broj različitih vrsta povrća, kao što su krompir, mrkva, paprika, zelena salata, itd (sl. 17).



**Slika 17.** Raznolikost krtola krompira sa Anda (levo) (Pinterest, online); međuvrsna raznolikost (desno) (orig.)

Pored toga, poljoprivredni biodiverzitet može da se podeli i na „neplaniranu“ i „planiranu“ raznolikost. To je funkcionalna klasifikacija koja se nameće sama po sebi, a ne suštinska odlika života ili različitosti. Neplaniranu raznolikost čini biljni diverzitet. Planirana raznolikost uključuje useve koje poljoprivrednik uzgaja svojim radom, kao što je zasađeno voće i drveće, i tu se povezuje raznolikost koja postoji među kulturama (Aswathanarayana, 2012).

Kontrola biodiverziteta u poljoprivredi jedan je od velikih izazova sa kojima se suočavaju poljoprivrednici. Do gubitaka u biodiverzitetu mogu da dovedu primena monokulture na poljoprivrednim gazdinstvima, razne poljoprivredne mere, kao što je upotreba destruktivnih pesticida, mehanizacije i transgenih biljaka, plodosmena (Vandermeer, 2011). Monokultura je imala udela u nekoliko poljoprivrednih katastrofa, uključujući kolaps evropske industrije vina u 19. veku zbog pojave filoksere *Phylloxera vastatrix*, vaši iz porodice *Phylloxeridae* na vinovoj lozi i pojave južne lisne plamenjače na kukuruзу, koju je prouzrokovala gljiva *Bipolaris maydis* (savršeni stadijum *Cochliobolus heterostrophus*), sedamdesetih godina prošlog veka (Field Crop Diseases, online). U osnovi, većina poljoprivrednika koristi navedene metode u svojoj proizvodnji, mada sve više ulazi u praksu integrisano upravljanje poljoprivrednim gazdinstvima, kao i strategije koje su više radno intenzivne, ali generalno manje zavisne od kapitala, biotehnologije i energije, npr. organska proizvodnja.

Iako oko 80% ljudi zalihe hrane dobija od samo 20 vrsta biljaka, ljudi koriste najmanje 40000 vrsta (Aswathanarayana, 2012). Mnogi ljudi zavise od poljoprivrednih biljnih vrsta koje koriste za hranu, sklonište i odeću. Planeta Zemlja održavanjem biodiverziteta na postojećem nivou obezbeđuje sredstva za povećanje obima hrane i drugih proizvoda pogodnih za ljudsku upotrebu, mada stopa izumiranja biodiverziteta smanjuje taj potencijal.

Nema sumnje da genetički resursi imaju veliku vrednost, a kao jedan od primera može se uzeti paradajz sa visokim sadržajem šećera (*Solanum lycopersicum*) dobijen iz divljeg srodnika (*L. chmielewskii*), koji donosi industriji para-

dajza prihod između 5 i 8 miliona dolara godišnje (Iltis, 1988). Postoje brojne sorte paradajza čija vrednost još nije ustanovljena. Genotipovi se razlikuju po mnogim karakteristikama, kao što su ukus ploda, sadržaj suve materije, oblik ploda i mnoge druge osobine.

Predviđanja vrednosti genetičkog materijala ne daju samo informaciju *per se*, nego se vrednost sabira i predstavlja vrednost genetičkog materijala i rada oplemenjivača (Marjanović-Jeromela i sar., 2017). Postoje metode kojima može da se izračuna vrednost genetičkih resursa ponaosob ili vrednost udružena sa upotrebom genetičkih resursa. Izvršena su ispitivanja vrednosti nekoliko sorti pšenice iz kolekcije CIMMYT u zemljama članicama OECD i variranje iznosi između 300 miliona i 11000 miliona dolara godišnje (Mooney, 1993).

Planirani godišnji prihod od komercijalnog semena, u zemljama članicama OECD, u 1994. iznosio je 13 milijardi dolara. Koristeći pomenute podatke, može se predvideti da ukupne aktivnosti u vezi sa semenarstvom godišnje iznose 45 milijardi dolara (Van Gaasbeek, 1994). Prema podacima međunarodne federacije za seme, u 2017. je samo izvozom semena na globalnom nivou ostvareno 11924 milijardi dolara, a uvozom 11289 milijardi dolara (ISF, 2019).

### ***Socioekonomski značaj biodiverziteta***

Od postanka čovečanstva, čovek je zavisio od raspoloživih prirodnih resursa, a najveći doprinos za njegov opstanak i održivi razvoj dao je biodiverzitet. Krčenje šuma, prekomeran tehnološki razvoj, nedostatak mera, svesti i kontrole imaju negativne efekte na biodiverzitet. Ove akcije dovode do gubitka vrsta, staništa i degradacije ekosistema, dok je stopa regeneracije resursa mnogo sporija u ekološkom, ekonomskom i društvenom pogledu i ima veliki značaj za dalji razvoj civilizacije, zaštitu i opstanak čoveka i njegove životne sredine.

Biološki diverzitet je vrednost koju nam daje priroda i njega treba sačuvati. Šta čovek može da učini da bi biološki diverzitet bio sačuvan? Potrebno je da se:

- sačuva i unapredi postojeći biodiverzitet,
- koriste komponente biodiverziteta i njima upravlja na održiv način i
- podeli dobrobit koja proizlazi iz upotrebe genetičkih resursa na pravedan način.

Ovo su opšti postulati o biodiverzitetu sa socioekonomskog stanovišta (Udruženje građana, 2004).

## ***Značaj biodiverziteta za čovekovo zdravlje***

Čovek kao jedinstveni rod sa jednom jedinom vrstom predstavlja izuzetnu biološku, ekološku i sociološku diverzitetnu pojavu, tzv. antropodiverzitet. Izvesno je da taj jedinstveni rod uveliko zavisi od biodiverziteta, koji određuje njegov kvalitet života. Značaj biodiverziteta za ljudsko zdravlje postaje međunarodno političko pitanje, a naučni dokazi se grade na globalnim zdravstvenim posledicama gubitka biodiverziteta (Chivian i Bernstein, 2008; WHO/CBD, 2015). Ovo pitanje je usko povezano s pitanjem klimatskih promena, a predviđeni zdravstveni rizici od klimatskih promena su povezani sa promenama u biodiverzitetu (npr. promene u populacijama i distribuciji vektora bolesti, nedostatak sveže vode, uticaji na poljoprivredni biodiverzitet i prehrambene resurse itd.) (Chivian i Bernstein, 2008; Ramanujan, 2010). To je zato što će neke vrste najverovatnije nestati, a one su pufer protiv prenošenja zaraznih bolesti, a preživele vrste imaju tendenciju da budu one koje povećavaju prenos bolesti, kao što je virus zapadnog Nila, Lajmska bolest i Hanta virus (Corvalán i sar., 2005).

Promena biodiverziteta može da utiče na izvore potrebne za dijetalnu ishranu i prehrambenu sigurnost, infektivne bolesti, socijalno i fiziološko zdravlje i održavanje duhovnog zdravlja. Biodiverzitet ima važnu ulogu u smanjenju rizika od katastrofa i oporavku od eventualnih katastrofa. Problem delimično leži u uspehu vodosnabdevača da povećaju zalihe vode i neuspehu grupe koja promovise očuvanje vodnih resursa (Parker, 2010). U nekim delovima sveta se ne oseća nedostatak vode, dok u drugim i dalje postoji deficit. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (*World Health Organization - WHO*) iz 2018, samo 71% populacije koristi i bezbedno upravlja pijaćom vodom (WHO/CBD; 2015). Zdrav ekosistem obezbeđuje ljudsku populaciju neophodnim prirodnim dobrima i viškovima koji potiču iz regiona bogatih biološkim diverzitetom (Reid i sar., 2005).

Servis za konzervaciju biodiverziteta i ekosistema (*Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services*) je svojim izveštajem potvrdio vrednost biološkog diverziteta i potrebu za njegovim konzervisanjem. Servis pokazuje da više od 70% svetskih površina koje imaju prioritet u konzervisanju biodiverziteta sadrže značajne podržavajuće vrednosti u ekosistemu, kao što je sveža voda, vetrozaštitni pojasevi i ostali prirodni izvori koji omogućavaju održiv život za čoveka i podržavaju njegov socijalni i ekonomski razvoj (Turner i sar., 2007).

## **Produktivnost biodiverziteta**

Značaj biodiverziteta je, između ostalog, u njegovoj produktivnosti. Produktivnost i biodiverzitet ekosistema su značajno uslovljeni vrstama organizama koji se pomeraju kroz različite delove ekosistema (Van Vuuren i sar., 2006). Jedno od najstarijih pitanja u ekologiji je kako diverzitet vrsta utiče na

produktivnost ekosistema. Istorijski gledano, istraživači su videli razlike u biodiverzitetu među zajednicama ili ekoregionima kao posledicu razlika u nivouma produktivnosti. U poslednjih nekoliko godina, ekolozi su počeli da posmatraju odnos između biodiverziteta i produktivnosti iz sasvim drugačijeg ugla. Posmatranja se odnose na to kako kontrola biodiverziteta, a ne samo proizvodnja biomase u ekosistemima, utiče na produktivnost (Cardinale i sar., 2013). Istraživači se nadaju da će razumevanje mehanizama koji određuju diverzitet i produktivnost ekosistema pomoći ekolozima i onima koji vrše konzervaciju genetičkih resursa da razviju strategiju kojom će se osigurati da konzervirano područje bude krajnje produktivno i bogato biodiverzitetom.

Produktivni ekosistemi su definisani kao ekosistemi koji održavaju veliku količinu žive materije, dobijene od mikroorganizama, biljaka i životinja. Istraživači su konstatovali da je merenje mase živih organizama predstavljeno „biomasom” ekosistema. Brojna izučavanja u poslednjoj dekadi pokazala su da ekosistem koji ima veliki biodiverzitet ima bogatstvo vrsta koje su visoko produktivne u kratkom vremenskom periodu, ali proces koji stvara vezu između visokog nivoa biodiverziteta i produktivnosti kroz dugi vremenski period do sada nije razjašnjen (Kaesuk, 1996; Townsend i sar., 2000; Klink, online; Jactel i sar., 2018).

Primarna produktivnost biodiverziteta odnosi se na produktivnost zelenih biljaka. Ukupna (bruto) primarna produktivnost je količina energije koju fiksiraju biljke, dok je neto primarna produktivnost manja, jer dolazi do gubitka energije potrebne za obavljanje procesa disanja kod biljaka. Ako je neto primarna produktivnost zelenih biljaka u ekosistemu pozitivna, onda biomasa vegetacije raste tokom vremena (Net Industries, 2014).

Razlike u neto primarnoj proizvodnji biomase u ekosistemu su zavisne od padavina, solarne radijacije i temperature, što je dokumentovano radovima na 94. godišnjem sastanku Američkog udruženja za zaštitu prirode (*Environmental Society of America - ESA*). Iz rezultata u priloženim radovima može se zaključiti da ima manje podataka vezanih za razlike u ukupnoj biomasi i njenih potrošača u odnosu na ekosistem. Ako su potrošači biomase direktno vezani za primarnu proizvodnju, može se predvideti da više produktivni ekosistemi pomažu većem diverzitetu i većoj proizvodnji biomase za potrošače (Chepko-Sade i sar., 2009).

Kada je rasprostranjenost vrsta mala, populacijama vrsta koje ostaju u delovima ekosistema sa nepovoljnim uslovima je teško da se adaptiraju u takvoj sredini, zbog male veličine populacije i nedostatka genetičke varijabilnosti. Kada su biljne vrste jako rasprostranjene u ekosistemu, one su praktično „univerzalne” i mogu da preživljavaju u mnogim staništima, ali ne mogu uspešno da se gaje ni u jednom određenom staništu. Umerena rasprostranjenost biljnih vrsta stvara najbolje uslove da se osigura njihov opstanak i da se adaptiraju na nepovoljne uslove spoljne sredine, ali ne i da postanu „univerzalne”.

Rasprostranjenje biljaka omogućava da se nove individue i novi geni stalno suočavaju sa nepovoljnim spoljašnjim uslovima, što je neophodno za evoluciju adaptaciju na te nepovoljne uslove. Kada se biljne vrste prilagode na ove

uslove okruženja, one povećavaju produktivnost ekosistema, a mogu da povećaju i biodiverzitet, kao što rasprostranjenje različitih biljnih vrsta između različitih delova ekosistema stvara više niša koje se mogu iskoristiti (Maclean, 2008).

### ***Model za merenje produktivnosti biodiverziteta***

Povećanjem izumiranja vrsta i pojednostavljenjem zajednica može da se ugrozi produktivnost biodiverziteta i njegovih usluga širom sveta. Bolje razumevanje efekata kvantitavnih gubitaka biodiverziteta na funkcionisanje prirodnih ekosistema postaje pitanje od ključnog značaja:

- na globalnom nivou, da bi se smanjio gubitak biodiverziteta, jer zabrinutost raste zbog tekućih odnosa između biološke raznovrsnosti i siromaštva,
- naročito u ruralnim područjima gde sredstva za život zavise u velikoj meri od ekosistema i njegovih resursa i
- međunarodna zajednica povećala je posvećenost očuvanju biodiverziteta zbog njegovog značaja za ekonomski razvoj i smanjenje siromaštva (UN, 2011).

Bolje razumevanje posledica gubitka biodiverziteta došlo je kao rezultat studija u proteklih dvadeset godina. Podaci studija uglavnom dolaze iz kontrolisanih poljskih ogleda kod zeljastih biljnih vrsta i ukazuju na to da ekosistemi mogu da funkcionišu i ukoliko su oslabljeni, sa manje biljnih vrsta. Međutim, nedostatak istraživanja o efikasnosti korišćenja resursa, kao i vezi između resursa i produktivnosti, rezultira time da je teško proceniti efekte gubitka biodiverziteta na produktivnost biljaka.

Uticaj biljnog diverziteta na primarnu produktivnost je centralna tema istraživanja u ekologiji u protekloj dekadi i doveo je do rasprava o izgledu opštih obrazaca i njihovih uzročnih mehanizama. Pozitivan odnos između biodiverziteta i produktivnosti dešava se u bogatijem okruženju i tamo gde je komplementarnost između biljaka manje važna. U tom slučaju, odnos produktivnosti biodiverziteta treba pozitivno da konvergira s porastom biodiverziteta i na taj način bi i prostorne varijacije između različitih zajednica, u primarnoj produktivnosti biodiverziteta, trebalo da budu manje kod visokog nivoa biodiverziteta. Dakle, hipoteza je da biodiverzitet smanjuje prostornu varijabilnost, povećava prostornu stabilnost ili predviđanje produktivnosti na velikim prostorima (Wang i sar., 2019).

Wang i saradnici (2019) koristili su strukturne modele jednačina za testiranje povezanosti između biodiverziteta, produktivnosti i abiotičkih uslova i otkrili da su tri klimatske promenljive vrednosti (ukupna količina padavina, prosečan broj dnevnih sati i srednja temperatura u toku vegetacije) imale značajan uticaj na biodiverzitet i njegovu produktivnost, kao i da je došlo do delimičnog negativnog efekta između biodiverziteta i produktivnosti. Samo 10%

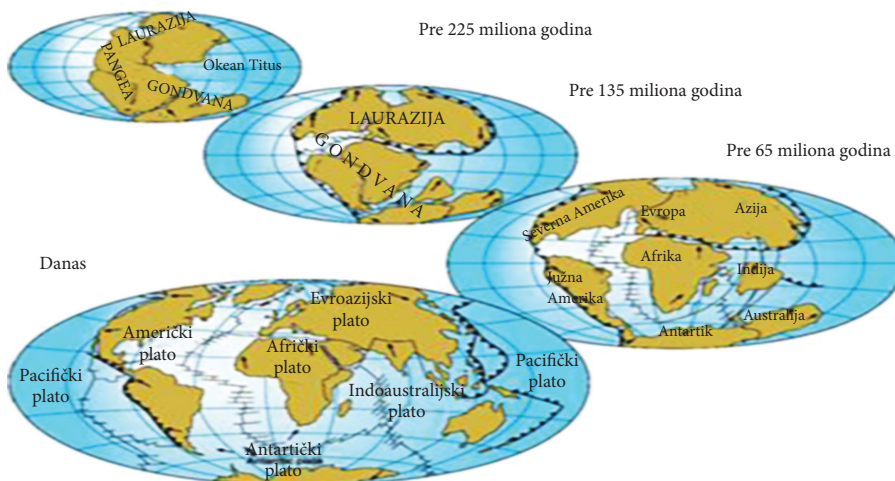
varijanse produktivnosti može se objasniti brojem dnevnih sati, temperature, padavina i biodiverziteta, a samo 5% varijanse biodiverziteta mogu objasniti tri klimatske promenljive vrednosti, što sugeriše da činioci zemljišta mogu imati važan efekat na biodiverzitet i njegovu produktivnost.

Povezanost upotrebe seoskog zemljišta i biodiverziteta ukazuje na to da intenzivna upotreba travnjaka, s čestim košenjem i đubrenjem, drastično smanjuje broj biljnih vrsta. Intenzivnije korišćenje zemljišta dovodi do smanjenja bogatstva vrsta, a smanjenje se dešava postepeno. Neobrađivanje zemljišta praćeno je sukcesivnom transformacijom površina, koje postaju naseljene žbunjem i šumama (COMBINE, online; Brun i sar., 2019).

Liang i saradnici (2015) prikazali su mehanizam koji je direktno primenljiv na individualnom nivou, nivou biljke, koji zajedno sa otkrivenim procesima u nišama daju kompletno objašnjenje za zajedničko zapažanje da kod biljaka produktivnost raste kada se smanjuje biodiverzitet. Razvijen je teorijski model efikasnosti niše, pri čemu su kvantifikovani efekti gubitka biodiverziteta (ili dobit) na produktivnost pojedinačnog biljnog i taksonomskog indeksa (za pojedine vrste). Ovaj model može da pomogne u određivanju prioriteta očuvanja biodiverziteta za vrste koje nisu ugrožene.

### ***Biodiverzitet i evolucioni procesi***

Ništa na zemaljskoj kugli nije ostajalo kao što je stvoreno, izuzev života u svim njegovim oblicima. Menjali su se sastav, oblik, boja i temperatura planete Zemlje. Potpuno je promenjen sastav atmosfere. Kontinenti su se razdvajali i



**Slika 18.** Superkontinent Pangea i proces nastajanja kontinenata (BibleSearchers.com, online)

spajali, nabirali i pucali. Odgovor na evolucione promene je povećanje genetičkih varijacija kod biljaka. Bez genetičkih varijacija, populacija ne može da se razvija kao odgovor na promene životne sredine, a kao rezultat toga može doći do pojave povećanog obima izumiranja biljaka (Kovačević i Milošević, 2015).

Narušavanje genetičkih resursa može se definisati kao stanje kada biljke koje se gaje na velikim površinama postaju osetljive na štetne organizme ili nepovoljne spoljašnje uslove, pa u krajnjem ishodu izmene genetičke konstitucije biljaka rezultiraju velikim gubicima genetičkih resursa (Understanding Evolution, online; Esquinas-Alcáza, 2005).

Od Pangee, koja je prapostojbina kontinenata, milionima godina odvijao se proces pomeranja, da bismo danas imali raspored kontinenata prikazan na slici 18. U oblastima gde je Pangea počela da se odvaja formirani su novi okeani, kao što je Pantalasa. Prvi novi okean se formirao u centralnom i južnom Atlantskom. Pre oko 180 miliona godina, Atlantski okean se otvorio u centralnom delu između Severne Amerike i severozapadne Afrike. Pre oko 140 miliona godina formirao se Južni Atlantski okean i oformila se Južna Amerika, odvojena od zapadne obale južne Afrike. Indijski okean se formirao kada je Indija odvojena od Antarktiki i Australije, a pre oko 80 miliona godina odvojeni su Severna Amerika i Evropa, Australija i Antarktiki i razdvojeni su Indija i Madagaskar. Tokom više miliona godina, kontinenti su se postepeno pomerali na njihove trenutne pozicije (BibleSearchers.com, online; 4ESO, 2013).

Pomenute promene se još uvek dešavaju kao istorijski, kontinuiran, evolucioni proces, koji neminovno dovodi do izmena u biodiverzitetu. Dokazi se nalaze u zemljištu, gde masovno leže-fosilni ostaci iz tog perioda. Oni uključuju prisustvo sličnih i identičnih biljnih i životinjskih vrsta na kontinentima koji su sada udaljeni, a dodatni dokazi za postojanje Pangee se nalaze u geologiji susednih kontinenata, uključujući podudaranje geoloških tokova između istočne obale Južne Amerike i zapadne Afrike. Ledeni prekrivač perioda karbona pokriva južni kraj Pangee. Glacijalni depoziti iste starosti i strukture nalaze se na različitim kontinentima koji su nekada bili deo kontinenta Pangea (Mock, 2002).

Poznato je da su ekološki procesi odgovorni za očuvanje biodiverziteta, jer oni stvaraju ekološke uslove neophodne za stvaranje otpornosti i prevenciju praga proverljivosti nepovratnih promena u ekosistemima. Potrebno je još i razumevanje ekoloških i evolutivnih procesa koji su važni za postizanje ovih ciljeva i njihove osetljivosti na promene životne sredine kroz kratke i duge vremenske periode (Van der Valk, 2011).

Latitudinalni gradijent biodiverziteta (*Latitudinal biodiversity gradient*<sup>11</sup> - LBG) jedan je od u prirodi najpoznatijih i najčešće korišćenih obrazaca za pra-

---

<sup>11</sup>Latitudinal - geografska širina  
Gradient - nagib



ćenje stanja biodiverziteta u prošlosti. Bogatstvo vrsta ili biodiverzitet povećava se od polova ka tropima, kroz širok spektar kopnenih i morskih organizama i često se naziva latitudinalni gradijent biodiverziteta. LBG je praćen u različitoj meri za potrebe sagledavanja izmene biodiverziteta na planeti Zemlji u dalekoj prošlosti.

Obrazlaganje latitudinalnog gradijenta biodiverziteta jedan je od najvećih savremenih izazova biogeografije i makroekologije (Willig i sar., 2003; Cardillo i sar., 2005), a među 25 ključnih istraživačkih tema planiranih za budućnost bila je i ona s pitanjem šta određuje obrazac različitosti vrsta. Latitudinalni gradijent biodiverziteta, obrazac je koji daje kvalitativni i kvantitativni opis organizama, a studiran je na različitim taksonomskim nivoima, kroz različite vremenske periode i u mnogim geografskim oblastima (Crame, 2001).

Postoje različite hipoteze vezane za latitudinalni gradijent biodiverziteta, kao što je hipoteza geografskih oblasti, hipoteza vrsta energije, hipoteza klimatskih promena, istorijska ili evolutivna, biotička. Jedna od glavnih pretpostavki o latitudinalnom gradijentu biodiverziteta i obrascu koji koristi je bogatstvo vrsta, mada ti podaci obično nisu potpuni (spiskovi vrsta na određenim lokacijama), te se izgubio interes o istorijskoj hipotezi latitudinalnog gradijenta biodiverziteta (Rahbek i sar., 2007; Mora i sar., 2008). Veće interesovanje istraživača za izučavanja hipoteza o latitudinalnim gradijentima biodiverziteta usledilo je zbog veće mogućnosti sakupljanja potrebnih podataka, jer su se pojavile nove tehnologije za istraživanje (tab. 3) (Currie i sar., 2004).

Tri hipoteze predložene su za objašnjenje latitudinalnog gradijenta biodiverziteta:

- ekološka hipoteza koja se fokusira na mehanizme zajedničkog života i održavanje raznolikosti vrsta;
- evolucionarna hipoteza da se izučavanja fokusiraju na stope diverzifikacije,
- istorijska hipoteza koja se fokusira na trajanju i širenju tropskih uslova kroz istoriju planete Zemlje.

Ekološka hipoteza latitudinalnog gradijenta biodiverziteta dominirala je tokom proteklih 50 godina, a jedan broj nedavno objavljenih radova sumirao je ove ideje (Willig i sar., 2003), dok su evolucionarne i istorijske hipoteze, uprkos dugoj istoriji (Dobzhansky 1950; Fischer 1960), dobile mnogo manje na značaju (tab. 3) (Rohde 1978; Rodhe, 1992; Schemske 2002; Allen i sar., 2006).

**Tabela 3.** Evolutivna hipoteza za latitudinalni gradijent biodiverziteta sa navodima značajnih referenci za svaku hipotezu (prostorno ograničenje nije dozvolilo pozivanje na sve autore koji su doprineli razvoju hipoteze) (Mittelbach i sar., 2007).

**A) Diversifikacione stope su slične po regionima, ali vreme za diversifikaciju je duže u tropskim regionima**

1. Tropske sredine su starije i neke „grane” organizama su se širile iz oblasti tropa (Wallace, 1878; Gentry, 1989; Futuyma, 1998; Coine i Orr, 2004; Wiens i Donoghue, 2004; Mittelbach, 2007). „Grane” organizama su monofiletske grupe ili grupe organizama koje se sastoje od zajedničkog pretka i svih njegovih potomaka, i predstavljaju jednu „granu” na drvetu života (Palmer i sar., 2004)
2. Širenje nekih „grana” organizama izvan područja tropa je ograničeno u skorije vreme (Fedorov, 1966; Farrell i sar., 1992; Latham i Ricklefs, 1993; Brown i Lomolino, 1998; Futuyma, 1998)

**B) Diverzifikaciona stopa viša je u tropima nego u umerenom klimatu zahvaljujući većoj stopi specijacije**

1. Specijacija je evolucionni proces kojim nastaju nove biološke vrste. Uloga genetičkog drifta u specijaciji se aktivno razmatra u naučnim krugovima. Postoje četiri geografska modela specijacije u prirodi, koji su bazirani na meri u kojoj su populacije međusobno geografski izolovane: alopatrična, peripatrična, parapatrična i simpatrična. Specijacija može da bude veštački indukovana stočarenjem, poljoprivredom ili laboratorijskim eksperimentima (Grant, 1981).
2. Genetički drift u malim populacijama ubrzava evolucionu stopu (Fedorov, 1966)
3. Klimatska variranja rezultiraju većim specijacijama na nižim geografskim širinama (Haffer, 1969; Dynesius i Jansson, 2000)
4. Veća verovatnoća je da dođe do pojave da dve subpopulacije, koje su izolovane, doživljavaju reproduktivnu izolaciju jedna od druge, dok nastavljaju da razmenjuju gene (model specijacije ima tri prepoznatljive karakteristike: 1) oplodnja se ne javlja slučajno, 2) protok gena je nejednak i 3) populacije postoje ili u kontinuiranim ili isprekidanim geografskim rasponima; ova raspodela može biti rezultat nejednakog širenja biljaka, nepotpunih geografskih barijera) (Gentry, 1989; Moritz i sar., 2000)
5. Veća površina u tropima obezbeđuje veće mogućnosti za izolaciju (Terborgh, 1973; Rosenzweig, 1995)
6. Sužena fiziološka tolerancija u tropskim organizama smanjuje širenje pod nepovoljnim uslovima (Janzen, 1967; Pimm i Brown, 2004)
7. Više temperature rezultiraju u povećanju evolucionne stope (Rohde, 1978; Allen i sar., 2006)
8. Jača biotska inercija dovodi do veće specijalizacije (Dobzhansky, 1950) i brže specijacije (Fischer, 1960; Schemske, 2002)

**C) Niža stopa izumiranja, duže vreme diverzifikacije**

1. Stabilnost tropskog klimata smanjuje stopu izumiranja (Darwin, 1859; Wallace, 1878; Fischer, 1960; Pimm i Brown, 2004)
2. Veće površine u tropskim predelima dovode do povećanja populacije, većeg broja vrsta i manjih promena u procesu izumiranja (Terborgh, 1973; Rosenzweig, 1995)

Geološki procesi (tektonski poremećaji, erozija), promene u nivou mora (morske transgresije i regresije) i promene u klimi dovode do dugoročnih značajnih promena u strukturnim i prostornim karakteristikama globalnog

biodiverziteta. Procesi prirodne selekcije često su u vezi sa geološkim procesima i utiču na promene u lokalnoj i globalnoj flori i fauni (Redžić, 2012).

Zbog navedenih promena potrebno je izvršiti konzervaciju biodiverziteta. Prema rezultatima Suurkula (2004), gubici u biodiverzitetu su hiljadu puta veći nego što je to prosek za poslednjih 65 miliona godina. Uprkos napretku učinjenom na tom polju, prema istraživanjima Van Vuuren i saradnika (2006) gubici u biodiverzitetu su povećani 100 do 10000 puta u poređenju sa fosilnim ostacima iz perioda Kenozoika. Ove promene destabilizuju različite ekosisteme, uključujući i poljoprivredne.

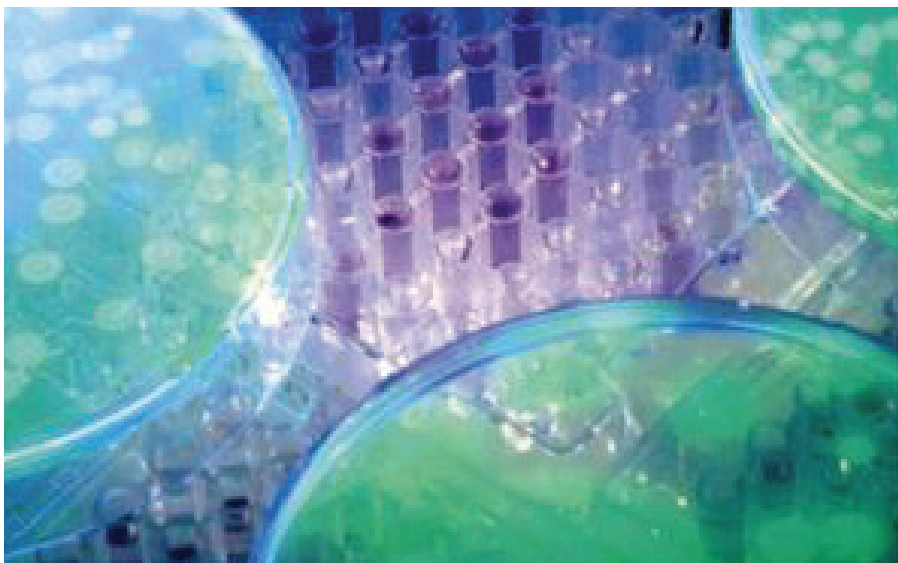
### ***Model za evolucione promene u biodiverzitetu***

Želja za projekcijom buduće distribucije biodiverziteta doprinela je razvoju modela koji se nalaze na raskrsnici puteva između ekologije i evolucije. Uprkos entuzijazmu oko ovih takozvanih modela biodiverziteta, većina pristupa je pretrpela kritiku zbog neuzimanja u obzir ključnih procesa, kao što su oblici, obim vrsta i struktura zajednice. Razvoj integrativnog modela za distribuciju biodiverziteta obećava povećanje pouzdanosti predviđanja i veći doprinos boljem razumevanju koevolutivne dinamike vrsta i zajednica u promenjenim uslovima (Thuiller i sar., 2013).

Modeli biodiverziteta mogu se definisati kao modeli koji pružaju simulirane projekcije distribucije i obilja više vrsta na osnovu niza ekoloških uslova (Pereira i sar., 2010). Potreba za takvim simulacijama u kontekstu globalnih promena životne sredine potisnula je ekologiju, tradicionalno usmerenu na opisivanje i razumevanje procesa, na više intuitivni nivo nauke (Fussmann i sar., 2007).

Rezultati Venail i saradnika (2008) ukazuju da evolucija vodi ka većem biološkom diverzitetu, a posebno dokazivanju funkcionisanja ekosistema. U kontekstu erozije biodiverziteta, publikovani rezultati posebno naglašavaju važnost evolucije kao gradivne snage ekosistema, koja otvara novi put za interpretaciju odnosa između diverziteta živih organizama i funkcionalnog ekosistema (Parker i Cranford, 2010).

Za dokazivanje napred pomenutog izveden je eksperiment u laboratorijskim uslovima. Posle stvaranja umanjenog modela ekosistema, korišćeno je nekoliko izvora ugljenika koji su imitirali njegovo različito okruženje. Venail i saradnici (2008) posmatrali su evolucionu diverzifikaciju bakterije *Pseudomonas fluorescens*. Bakterija je inokulisana u svaki umanjeni model okruženja (mikroplača sa različitim izvorom ugljenika). Tako je ona slobodno mogla da evoluirala više od 400 generacija. Bakterija *P. fluorescens* soj SBW25 se koristi kao model za različite empirijske studije evolucionih procesa, održavanja i korišćenja biodiverziteta. Ova bakterija nosi ime po sposobnosti da proizvodi pigment u podlozi koji fluorescira u različitim uslovima. Na slici 19 prikazane su Biolog GN2 mikroplače koje dobijaju ljubičastu boju u zavisnosti od mogućnosti bakterije *P. fluorescens* da koristi izvor ugljenika, a intenzitet obojenja zavisi od količine potrošenog ugljenika iz različitih izvora



**Slika 19.** Bakterija *Pseudomonas fluorescens* soj SBW25 (Londoño, 2008)

Istraživači su premeštali bakterije sa jedne na drugu ploču sa poznatim rasejanjem (0%, 1%, 10% i 100%). Rasejanje je poznato kao sastavni, centralni činilac evolucione diverzifikacije. Kod većine vrsta, bakterija je menjala oblik i izgled u novi ekološki tip.

Uopšteno gledano, rad istraživača nagoveštava da evolucija može voditi većoj kompleksnosti ekosistema i rezultirati njenom dokazanom funkcionisanju. Taj proces daje najbolje rezultate kada su dostupni resursi različiti, a biološki sistem odgovarajuće povezan. Uslovi koji ne odgovaraju postojećem trendu i dovode do ujednačavanja ekosistema su rezultat delovanja čoveka. Posmatrano u dužem vremenskom periodu, ti rezultati će se odraziti u smanjenju kapaciteta živog sveta i time smanjiti diverzifikaciju u budućnosti (Venail i sar., 2007; Venail i sar., 2008).

Širenje poljoprivredne proizvodnje će, uopšteno gledano, nastaviti sa negativnim uticajem na biodiverzitet i smanjenje biomase. Gubici u prirodnom kruženju, po predviđanju istraživača, nisu ravnomerno raspoređeni u svetu. Najneznatniji gubici će biti na Arktiku u svim scenarijima, ali u većini scenarija najveće promene će nastupiti u tropskim oblastima i to uglavnom zbog krčenja šuma i privođenja zemljišta drugoj nameni (Sala i sar., 2006).

Promene u lokalnom okruženju će biti tesno povezane sa promenama ukupne površine prirodnog ekosistema. Ukupna prirodna površina je manje-više stabilna u temperaturno umerenim područjima i u istim temperaturnim zonama. Predviđa se da će gubici u tropskim predelima biti oko 15% - 20% u 2050, a 30% - 40% u 2100. U svim scenarijima će doći do uspostavljanja rav-

noteže u gubicima biodiverziteta u 2050, sa tendencijom daljeg opadanja od 0,1% godišnje. Promene mogu uticati na to da ekosistem postane osjetljiviji na klimatske promene (Power, 2008; Power i Pete-Manning, 2008). Biodiverzitet ne predstavlja samo broj biljaka koje se nalaze u nekom ekosistemu, nego i uticaj biljaka na ekosistem. Kao primer negativnih promena u biodiverzitetu, uzrokovanog promenom strukture zemljišta, može se uzeti smanjivanje broja biljaka sa lukovicama i dubokim korenovim sistemom.

### ***Klimatske promene i biodiverzitet***

Klimatske promene, kao što je globalno zagrevanje, prepoznate su kao najveća pretnja sa kojom se susreće planeta Zemlja. Studija o tome kako konzervacija ekosistema obezbeđuje sigurno održavanje biodiverziteta predviđa vremenski podsetnik, u kome se navodi da je investiranje u održavanje zdravog ekosistema i njegova snaga oporavka važna za biodiverzitet, život ljudi i ekonomski razvoj (Science Daily, 2007).

Za mnoge, termin „klimatske promene“ znači krilaticu koja ukazuje na negativne uticaje na klimu. Klima predstavlja prosečne vremenske uslove u nekoj oblasti tokom dužeg vremenskog perioda, obično 30 godina i više. Klima regiona obuhvata sisteme vazduha, vode, zemljišta i žive organizme. Klimatske promene obuhvataju abnormalne promene u klimatskim obrascima. Kako se planeta Zemlja zagreva brzo, uglavnom zbog ljudskih aktivnosti, klimatski obrasci u regionima širom sveta se menjaju. Ekosistemi i biodiverzitet biće prisiljeni da variraju zajedno sa regionalnim klimama i sve to može ugroziti mnoge vrste (Blogger, 2018).

U atmosferi gasovi, kao što su vodena para, ugljen dioksid, ozon i metan, izazivaju efekat staklene bašte, akumuliraju toplotu i dovode do zagrevanja planete Zemlje. Ovi gasovi se nazivaju gasovima staklene bašte. Prirodni nivoi pomenutih gasova povećavaju se kao rezultat čovekovih aktivnosti, kao što je spaljivanje fosilnih goriva, poljoprivredne aktivnosti i promena namene korišćenja zemljišta. Kao rezultat toga, Zemljina površina i niža atmosfera se zagrevaju. Čak i mali porast u temperaturi, u pratnji mnogih drugih promena, menjaju klimu (CBD, online). Globalno zagrevanje atmosfere bolje podnose  $C_4$  biljke<sup>12</sup> u odnosu na  $C_3$  biljke  $C_4$  biljke su bolje prilagođene uslovima suše,

---

<sup>12</sup>Razlika između  $C_3$  i  $C_4$  biljaka je u načinu na koji biljke vezuju ugljendioksid u procesu fotosinteze.

Fiksiranje ugljenika je način da biljke uklone ugljenik iz atmosferskog ugljendioksida i pretvore ga u organske molekule ugljenih hidrata.  $C_3$  put fiksacije, dobio je ime od prvog molekula proizvedenog u ciklusu (3-ugljenik molekul), zvanom 3-fosfoglicerinska kiselina. Oko 85% biljaka na Zemlji koriste  $C_3$  put da fiksiraju ugljenik, a ovoj grupi biljaka pripada spanać, kikiriki, pamuk, pšenica, pirinač, ječam i većina drveća i trava. Proces  $C_4$  je takođe poznat kao Hatch-Slack put i dobio je ime po 4 prelazna atoma koje proizvodi jabučna ili asparaginska kiselina. Ove biljke nisu bile otkrivene sve do 1960, kada su naučnici otkrili  $C_4$  put kod šećerne trske. Oko 3% ili 7600

ekonomičnije troše vodu i imaju manji transpiracioni koeficijent od  $C_3$  biljaka. Ova činjenica može da dovede do promene odnosa  $C_4$  i  $C_3$  biljaka u fitocenozu. Zagađivanje atmosfere (NOx, SOx, F i dr.) dovodi i do promena u sastavu fitocenozе, pošto vrste osetljivije na prisustvo veće koncentracije zagađivača u vazduhu potpuno nestaju (Erić i Mrfat-Vukelić, 2005).

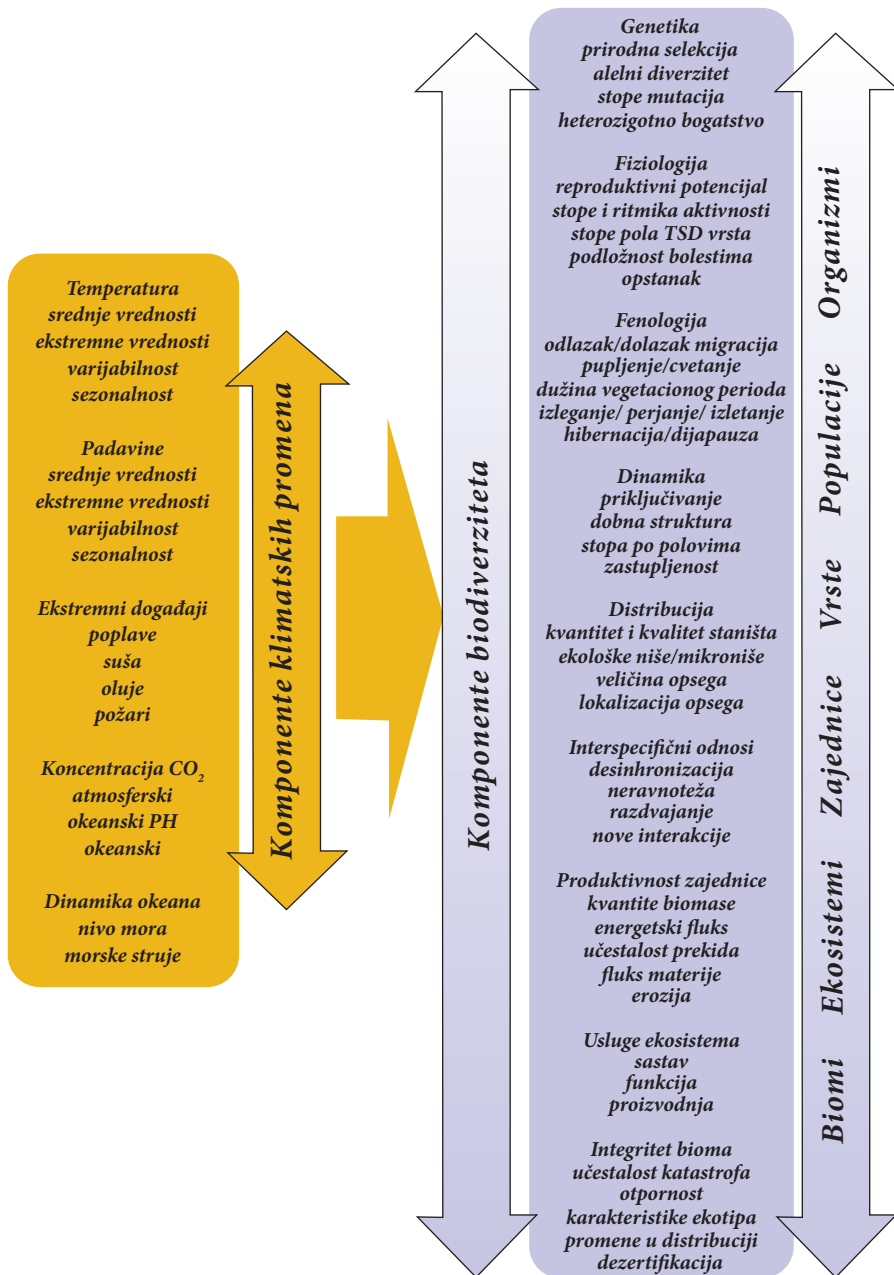
Kompjuterski modeli predviđaju prosečan globalni porast temperature od 1,4°C do 5,8°C do 2100. Predviđeni uticaji u vezi sa takvim porastom temperature uključuju :

- dalji rast globalne srednje visine mora od 9cm do 88cm,
- više padavina u umerenim regionima i jugoistočnoj Aziji, povezani sa većom verovatnoćom poplava,
- manje padavina u centralnoj Aziji, regionu Mediterana, Afrike, delovima Australije i Novog Zelanda, povezanih sa većom verovatnoćom suša,
- češći i moćni ekstremni klimatski događaji, kao što su toplotni talasi, oluje i uragani,
- proširen obim nekih opasnih „bolesti koje se prenose vektorima“, kao što je malarija, i
- dalje zagrevanje Arktika i Antarktika, što dovodi do većeg topljenja leda (CBD, online).

Klimatske promene i biodiverzitet međusobno su povezani. Biodiverzitet je pod uticajem klimatskih promena, sa negativnim posledicama po ljudsko blagostanje, ali i biodiverzitet, kroz usluge ekosistema koje podržava, takođe pruža važan doprinos ublažavanju i adaptaciji na klimatske promene. Shodno tome, za očuvanje i održivo upravljanje biodiverzitetom, od ključnog značaja je bavljenje klimatskim promenama. Postoje brojni dokazi da klimatske promene utiču na biodiverzitet. Prema predviđanjima Milenijumske procene ekosistema (*Millennium Ecosystem Assessment*), klimatske promene će verovatno postati jedan od najznačajnijih pokretača gubitka biodiverziteta do kraja 21. veka. Klimatske promene već uslovljavaju prilagođavanje biodiverziteta, bilo kroz izmenu staništa, promene životnih ciklusa, odnosno razvoj novih fizičkih osobina biljaka. Očuvanje prirodnih kopnenih, rečnih i morskih ekosistema i obnavljanje degradiranih ekosistema (uključujući njihove genetičke različitosti i različitosti u okviru vrsta) od suštinskog je značaja za sprovođenje opštih ciljeva Konvencije o biološkoj raznovrsnosti i Okvirne konvencije Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama. Ekosistemi igraju ključnu ulogu u globalnom ciklusu ugljenika i prilagođavanju na klimatske promene, a takođe pružaju širok spektar usluga ekosistema koji su od suštinskog značaja za ljudsko blagostanje i postizanje Milenijumskih ciljeva razvoja (Kaur, 2017).

---

vrsta biljaka koristi  $C_4$  put, od čega su oko 85% *Magnoliophita* (cvetnice).  $C_4$  biljke obuhvataju kukuruz, šećernu trsku, proso, sirak, ananas, krasuljak, kupus i dr. (Biology Dictionary, online).



**Slika 20.** Pregled nekih od predviđenih aspekata klimatskih promena i primera njihovih mogućih efekata na različitim nivoima biodiverziteta (Kaur, 2017)

Analiza brojnih komponenti klimatskih promena predviđa da će pomenute komponente na slici 20 uticati na sve nivoe biodiverziteta, od organizma do nivoa bioma (genetika, fenologija, produktivnost zajednica, usluga ekosistema, interspecijes odnosi, integritet bioma i dr.). Primarni koncept različite prednosti i sposobnosti smanjenja biodiverziteta izraženi su na različitim nivoima i imaju efekat na jedinke, populacije, vrste, ekološke mreže i ekosisteme. Na nižim nivoima, klimatske promene su u stanju da smanje genetičku raznolikost populacije, zbog pravca kretanja selekcije i brzih migracija, koje bi mogle zauzvrat da utiču na funkcionisanje ekosistema i njegovu otpornost (Botkin i sar., 2007). Međutim, većina studija fokusirana je na uticaje na višim nivoima organizacije, te je uticaj klimatskih promena na genetičke efekte istraživan samo za veoma mali broj vrsta (Bellard i sar., 2012).

## Model za klimatske promene

Klimatske promene utiču na ekosistem na nekoliko načina, te ih je teško definisati jednim modelom. Najčešće se koristi model za određivanje uticaja klimatskih promena na raspored biogeografskih jedinica. Prave promene su mnogo kompleksnije, jer svaka biljna vrsta reaguje individualno na promene, a klimatske promene ne reaguju kod biljaka uvek promenom biomase, te takav podatak ne može biti sasvim tačan. Na osnovu pristupačnog materijala u IMAGE modelu (*Model to Assess the Global Environment - IMGE*), moguće je ustanoviti uticaj klimatskih promena preko odnosa biljna vrsta - površina. Ako se proceni da je  $A_i(t)$  ukupna površina, na primer, postojeće prirodne vegetacije, ekoregiona  $i$ ,  $AO_i(t)$  preostali deo originalne površine prekrivenog ekoregiona u 2000,  $AA_i(t)$  nova površina koja pokriva ekoregion sada prisutnim biljnim vrstama i  $AN_i(t)$  površina ekoregiona gde aktuelne biljne vrste još nisu adaptirane, ustanovljavanje gubitaka u biodiverzitetu, kroz klimatske promene, predstavljene su  $\Delta AC_i(t)$  i sada se gubici mogu izračunati na tri različita načina:

1. Biodiverzitet adaptiran na osnovu adaptacione brzine u IMAGE:  $\Delta AC_i(t) = \Delta AO_i(t) + \Delta AA_i(t) + k\Delta AN_i(t)$
2. Biodiverzitet nije adaptiran, prouzrokuje sve promene kod postojeće vegetacije označene kao gubitak :  $\Delta AC_i(t) = \Delta AO_i(t)$
3. Biodiverzitet adaptiran odmah na klimatske promene i samo tamo gde u ekosistemu potencijalno opada nivo vegetacije biće ustanovljen gubitak u biodiverzitetu:  $\Delta AC_i(t) = \Delta AO_i(t) + \Delta AA_i(t) + \Delta AN_i(t)$
4.  $k$  je konstanta računanja gubitaka u biodiverzitetu na površini koja može biti odmah adaptirana; s ciljem pojednostavljenja računanja, za vrednost  $k$  uzeta je konstanta od 50% gubitaka u biljnim vrstama za određenu površinu (Alcamo i sar., 2006).



Chen i saradnici (2009) pokušali su da predvide u kom pravcu će se vršiti dalje promene biodiverziteta u funkciji vremena. Rezultate eksperimenta u predviđanju izmene britanskog biljnog ekosistema pod uticajem globalne promene klime objavili su 2008. Eksperiment je izveden u Imperial koledžu iz Londona (*Imperial College, London*).

Cilj eksperimenta je da simulira predviđanje budućih padavina i njihov uticaj na trave u Silvud parku, u kampusu u Berkširu. Naučnici su istraživali kako različiti nivoi biljnog diverziteta i ekosistema odgovaraju na klimatske stresove. Studija je trebalo da potvrdi predviđanje Međunarodnog panela za klimatske promene (*Intergovernmental Panel on Climate Change's - IPCC*) da će se do 2100. padavine u južnom delu Engleske smanjiti za 30% u toku leta, a povećati za 15% u toku zime (Sala i sar., 2000). Studija je bila usmerena na ispitivanja kako važne funkcije ekosistema, kao što je voda, kruženje azota i sadržaj ugljenika u prirodi, reaguju na značajne promene padavina. Ispitivanja su se odnosila i na to koje klimatske promene imaju najveći uticaj na ekosistem i biljni diverzitet. U dalja istraživanja uključeni su različiti nivoi biodiverziteta zbog njegovog opadanja, globalnih klimatskih promena, raznih vrsta zagađenja, promene namene zemljišta i drugih uticaja čoveka, koji su dobro dokumentovani i za koje je predviđeno da će rasti tokom ovog veka.

Eksperiment je obuhvatio 168 parcela zaštićenih od kiše, veličine 2,4m x 2,4 m, sa ekosistemom koji se sastojao uglavnom od trave. Pokrivači za zaštitu od kiše su povremeno sklanjani leti, tako da su istraživači mogli manipulirati količinom padavina. Neke od parcela su dobijale normalnu količinu prirodnih padavina, dok su kod nekih parcela količine padavina smanjene kako bi se predvideo uticaj promena na biodiverzitet u 2100. U toku zime zakloni od kiše su sklanjani, a parcelama je dodata određena količina vode, opet u cilju simulacije prirodnog ekosistema u 2100 (Power i Pete - Manning, 2008).

Uticaj biodiverziteta na biljke meren je parametrima dužine i mase korena, usvajanja hraniva, kao i drugim efektima fotosinteze. Na osnovu dobijenih rezultata izdvojene su tri grupe biljaka kod kojih su efekti oglada bili slični. Na nekim oglednim parcelicama je čak došlo do povećanja biodiverziteta.

Power (2008) sa Imperial koledža za biologiju rekla je sledeće: „Ekosistem će biti suočen sa višestrukim izazovima u godinama koje dolaze. Promene padavina imaće uticaj na osobine ekosistema tako da će se izmeniti osnovne ekološke funkcije, kao što je ciklus hraniva. Ključni izazov je kako razumeti uticaj gubitaka u biodiverzitetu na funkcionisanje ekosistema i njegovu održivost u okviru klimatskih promena“.

## Gubici biodiverziteta

Postoji veliko interesovanje za kvantifikaciju i vrednovanje biološke raznovrsnosti. Interes je uglavnom motivisan činjenicom da je biodiverzitet ugrožen ljudskim aktivnostima, posebno uništenjem prirodnih staništa (Primack, 2000; Simpson, 2002).

Biodiverzitet je širi pojam od raznovrsnosti biljnog i životinjskog sveta. Biodiverzitet uključuje ukupno bogatstvo okruženja i genetičke informacije, kao biološku riznicu u mnogim organizmima koji tek treba da budu istraženi. Stručnjaci procenjuju da na Zemlji živi između 10 i 20 miliona vrsta životinja, biljaka i mikroorganizama, koji danas, zbog negativnih uticaja čoveka, izumiru do sto hiljada puta brže nego ranije. Procenjuje se da, samo u Nemačkoj, jednoj trećini vrsta preči izumiranje. U studiji objavljenoj u časopisu Nauka (*Science*) 2013, procenjuje se da na planeti Zemlji ima  $5 \pm 3$  miliona vrsta (Costello i sar., 2013).

Druga studija objavljena u časopisu Priroda (*Nature*) procenjuje da ima miliona  $\pm 1,3$  miliona eukariotskih vrsta na Zemlji (Sweetlove, 2014).

Istraživanje Pullaiah i saradnika (2015) pokazalo je da u svetu, po njihovoj proceni, ima ukupno 33.525.435 vrsta živih organizama, a identifikovano je 1.392.485, odnosno 4%. Kada su biljke u pitanju, procenjeno je da ima 480.000 biljnih vrsta, od čega je 322.311 identifikovanih, odnosno 67% (tab. 4).

**Tabela 4.** Procenjeni broj vrsta u svetu (Pullaiah i sar., 2015)

Grupe	Broj vrsta (ukupno)	Identifikovane vrste (broj)	Identifikovano od ukupnog broja vrsta (%)
Sisari, gmizavci i vodozemci	15210	14484	95
Ptice	9225	9040	98
Ribe	21000	19056	90
Biljke	480000	322311	67
Insekti	30000000	751000	3
Ostali beskičmenjaci			
Mikroorganizmi	3000000	276594	9
<b>Ukupno</b>	<b>33525435</b>	<b>1392485</b>	<b>4</b>

Biljne vrste brže nestaju nego što biolozi mogu da ih identifikuju i izvrše njihovo dokumentovanje. Butchart i saradnici (2005) usmerili su svoja istraživanja na trendove promena koje dovode do povećanja rizika od gubitaka u biodiverzitetu, praćenjem promena pojedinih biljnih vrsta između kategorija koje se nalaze na Crvenoj listi (*Red list*). Listu je sačinila Međunarodna unija za zaštitu prirode (*International Union for Conservation of Nature - IUCN*), čiji je osnovni zadatak da prati načine potrošnje resursa koji se uništavaju (IUCN, 2019).

Međunarodna unija za zaštitu prirode naznačava da Crvena lista daje sveobuhvatnu procenu statusa bioloških vrsta na planeti Zemlji (NASA, 2014). IUCN Crvena lista vrši procenu rizika od izumiranja vrsta koje se suočavaju sa tom pojavom, prema skupu rigoroznih kriterijuma, i formira detaljan spisak ugroženih vrsta na globalnom nivou (Kew, online).

Pojedine biljne vrste menjaju status na IUCN Crvenoj listi posle svakog ažuriranja podataka, beleži se rast, posebno novoopisanih vrsta i manje poznatih grupa biljnih vrsta koje se procenjuje prvi put. Pored navedenih podataka koje daje, Crvena lista utiče na kvantum znanja o statusu biodiverziteta na globalnom nivou.

Kriterijumi za stavljanje neke biljne vrste na Crvenu listu su veličina populacije, populacioni trendovi, rasprostranjenje određene biljne vrste i dr. Osnovni cilj Crvene liste je da pojedinačno identifikuje biljne vrste koje su pod rizikom da nestanu. Drugi zadatak Crvene liste je da se korišćenjem podataka izvrše multispecijske analize, sa zadatkom da se odredi i nadzire stanje pojedinih biljnih vrsta (IUCN, 2009). Prikupljeni su podaci od istraživača koji su korišćeni za izračunavanje stepena degradacije biodiverziteta. Razlog ovoj analizi je i taj da se ugrožene biljne vrste spasu od nestanka, da li brzom konzervacijom ili delovanjem čoveka u prirodi, u smislu smanjenja štetnih uticaja (IUCN, online, a).

U Evropi postoji šest glavnih bioregiona, od kojih se pet nalazi u Srbiji, što dovoljno govori o bogatstvu biodiverziteta u našoj zemlji. U cilju zaštite tog bogatstva 1999. je napisana naučna publikacija „Crvena knjiga flore i faune Srbije” (I tom), koja sadrži preliminarnu listu najugroženijih biljaka prema kriterijumima Međunarodne unije za zaštitu prirode. Pojedine vrste biljaka su istovremeno stavljene i na svetsku i evropsku Crvenu listu, čime je ukazano na njihov značaj.

U Srbiji postoji 215 ugroženih vrsta biljaka koje su stavljene pod najstroži režim zaštite. U ovom tekstu biće predstavljene samo neke od dragocenih biljaka naše flore, koje su i Uredbom iz 1993. stavljene pod zaštitu, čime se ostavlja mogućnost predstavljanja ostalih biljnih vrsta iz ove knjige.

- Pančičeva omorika (*Picea omorika*), koja se može naći na planinama, oko srednjeg toka Drine u zapadnoj Srbiji (Tara, Mileševka),
- tisa (*Taxus baccata*), nalazi se po planinama i klisurama,
- molika (*Pinus peuce*), raste na Šar-planini i Prokletijama,
- stepski božur (*Paeonia tenuifolia*) koji raste u Deliblatskoj peščari (sl. 21),

- gorocvet (*Adonis vernalis*), raste na Fruškoj gori, Deliblatskoj peščari, Subotičkoj peščari i dr.,
- zeleničje (*Prunus laurocerassus* L.), raste na Ostrozubu, ogranku Čemer-nika, u zaštićenoj zoni „Zeleničje”,
- rosulja (*Drosera rotundifolia*), se može naći na Staroj planini, Vlasini i tre-savi Blato, iznad Mlačišta (Čemernik) (sl. 21),
- sasa (*Pulsatilla grandis*), koje ima na Fruškoj gori i Deliblatskoj peščari,
- runolist (*Leontopodium alpinum*), ima ga na Kopaoniku, Mučnju, Pro-kletijama,
- žuta lincura (*Gentiana lutea*), živi na nepristupačnim kamenim liticama,
- gospina papučica (*Cypripedium calceolus*), vrsta orhideje koja raste na Suvoj planini i zaštićena je od strane UNESKO kao svetska prirodna retkost,
- bela, šumska breberina (*Anemone nemerosa*) zaštićena je samo u Vojvo-dini,
- beli lokvanj (*Nimphaea alba*), zbog isušivanja močvara je pred istreblje-njem,
- zlatni ljiljan (*Lilium martagon*), raste u vlažnim bukovim šumama (sl. 21),
- kovilje (*Stipea pennata*),
- kockavica degenova (*Fritillaria gracilis*),
- srpska ramonda (*Ramonda serbica*) (sl. 21),
- jagorčevina (*Primula vulgaris*),
- veprina (*Ruscus aculeatus*),
- velika sasa (*Pulsatilla vulgaris*),
- munika (*Pinus heldreichii*),
- bor krivulj (*Pinus mugo*),
- divlja foja (*Juniperus excels*),
- stepski lužnjak (*Quercus robur* L. subsp. *Pedunculiflora*),
- divnji karanfil (*Dianthus pontederae*),
- šumska sasa (*Anemone nemorosa*).

Spisak zaštićenih biljaka ovde se ne završava, već su navedene samo one biljke koje su karakteristične za određena područja (Stevanović, 1999).



**Slika 21.** Rosulja, stepski božur, srpska ramonda, zlatni ljiljan, beli lokvanj, žuti lokvanj i lokvanjić su neke od ugroženih vrsta u Srbiji (Anonymous, 2016)

Među lekovitim i aromatičnim vrstama biljaka u Srbiji nalazi se ukupno 61 vrsta obuhvaćena IUCN kategorijama (Seed, 2003; Dajić - Stevanović i Ilić, 2005). U tabeli 5 prikazano je pet vrsta lekovitog bilja iz Srbije, razvrstanih po IUCN kategorijama - Crvena lista (kritično ugrožene vrste - CR, ugrožene vrste - EN, ranjive vrste - VU i lokalno retke vrste - LRcd).

**Tabela 5.** Prikaz nekih od ugroženih vrsta sa lekovitim svojstvima sa područja Srbije (Dajić - Stevanović, Ilić 2005)

Broj	Vrsta	Status	Komentar
1	<i>Acer heldreichii</i>	LRcd	Redak u Srbiji, čest na Kosovu
2	<i>Achillea ageratifolia</i>	EN	Kanjoni i klisure
3	<i>Achillea lingulata</i>	LRcd	Česta samo na nekoliko planina
4	<i>Aconitum nappelus</i>	VU	Ugrožena zbog sakupljanja
5	<i>Acorus calamus</i>	VU	Ugrožena staništa, sakuplja se

Izračunavanje gubitaka u biodiverzitetu može se izvesti indeksima. Indeks crvene liste (*Red List Index - RLI*) je „barometar života”, koji snima status života na planeti Zemlji u određenom trenutku. Indeks crvene liste nam može pokazati kako se status života menja tokom vremena, da li dolazi do poboljšanja ili pogoršanja stanja biodiverziteta. Indeks crvene liste meri rizik od izumiranja biodiverziteta, kao pritisak na biljke koji i dalje raste, tako da se igla barometra života kreće. Od 2010, nastavlja se sa praćenjem biljaka, kao dela Ukupnog indeksa crvene liste i globalnog biodiverziteta. Indeks crvene liste se uvažava kao jedan od ključnih pokazatelja kretanja i statusa vrsta (Juslén i sar., 2013).

Indeks crvene liste koristi informacije iz Crvene liste za praćenje trendova u projektovanom ukupnom izumiranju i riziku podložnih vrsta. On je među indikatorima koje je usvojila vlada sveta da proceni performanse po Konvenciji o biološkoj raznovrsnosti i Milenijumskim ciljevima razvoja Ujedinjenih nacija. Za komponente koje imaju najveći uticaj na biodiverzitet, takve pokazatelje treba izmeriti i koristiti, kako na nacionalnom, tako i globalnom nivou (Szabo i sar., 2012).

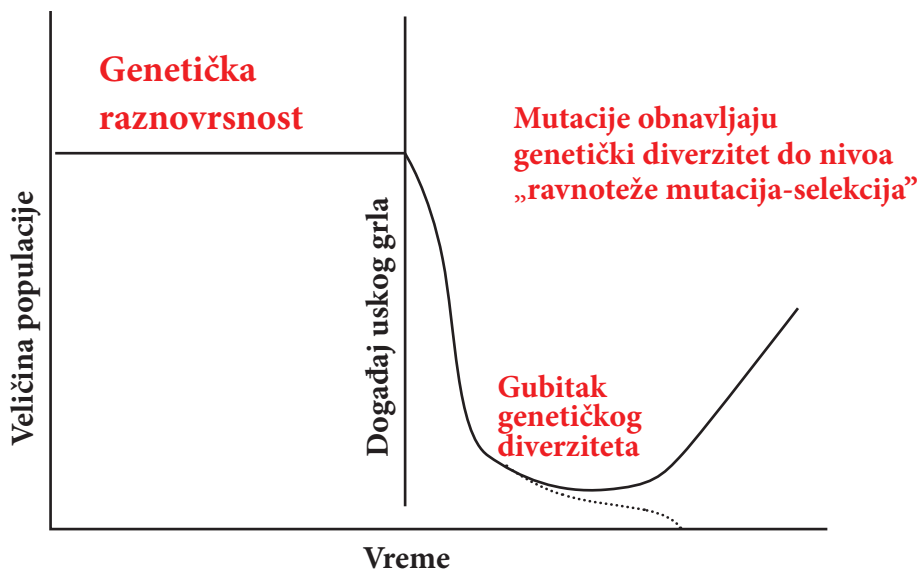
### **Genetička erozija**

Sa stanovišta poznavanja i očuvanja biodiverziteta, potrebno je istražiti tri pokazatelja. Prvi pokazatelj se odnosi na trenutno stanje biljnih genetičkih resursa ili genetičku raznolikost, uključujući onu koja postoji u poljima ili prirodnim područjima *in situ*. Drugi pokazatelj ima za cilj da meri promene u statusu različitosti tokom vremena, a naročito da prati gubitak različitosti ili genetičku

eroziju. Treći pokazatelj vezan je za raspoređivanje genetičke različitosti u prostoru, ali sa posebnim osvrtom na genetičku ranjivost (Brown i sar., 2015).

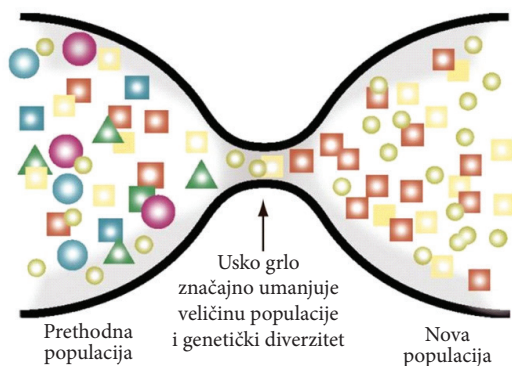
Termin genetička erozija se koristi da bi označio gubitak gena, alela ili sorti, a javlja se jer svaki pojedini organizam ima mnoge jedinstvene gene koji se gube kada organizam izumre, bez mogućnosti da se ponovo umnoži. Narušavanje genetičkih resursa može se definisati kao stanje kada biljke koje se gaje na velikim površinama postaju osetljive na štetne organizme ili nepovoljne spoljašnje uslove, a kao rezultat izmene genetičke konstitucije rezultira velikim gubicima (Redžić i sar., 2008). Genetička erozija posebno je ispoljena u istočnoevropskim zemljama, sa izuzetkom Poljske. Na primer, u Srbiji je površina na kojoj se gaje stare sorte pšenice niža od 0,5%.

Biljna vrsta, koja izumre, odnosi sa sobom genetičku varijaciju koju je posedovala, pa čak i u slučaju da se populacija brojno oporavi, nivo njene genetičke varijacije neće (sl. 22) (Painter, 2016). Izgubljena genetička varijacija nastaje kroz akumulaciju genetičkih varijacija, mutacijama, tokom brojnih generacija umnožavanja i iz tog razloga, ugrožena vrsta s niskom genetičkom varijacijom može izumreti dugo nakon oporavka populacije (Understanding Evolution, online; Esquinas-Alcáza, 2005; Ke Chung i Byrne, 2006).



**Slika 22.** Genetičke varijacije se ne obnavljaju tako brzo kao veličina populacije (Painter, 2016)

Možda je još slikovitiji prikaz naglog gubljenja biodiverziteta, u genetički uskom grlu, tzv. “bottle neck” prikazan na slici 23, gde je izvršena vizualizacija onoga što se dešava u genetički uskom grlu. U tom slučaju će nove mutacije početi ponovo da povećavaju varijacije, što je veoma spor proces (Duff, 2016).

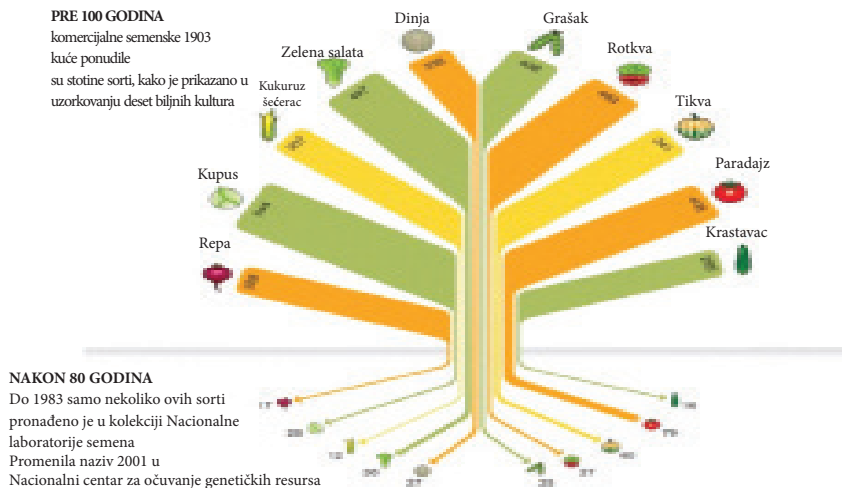


**Slika 23.** Vizualizacija onoga što se dešava u genetički uskom grlu; u tom slučaju nove mutacije počinju ponovo da povećavaju varijacije, ali to je veoma spor proces (Duff, 2016).

Neki uzorci germplazme sadrže ključne taksone za razrešenje filogeneze<sup>13</sup>, koji mogu biti ugroženi genetičkom erozijom, ukazujući na to da dostupnost uzoraka budućim istraživačima može biti beskorisna ukoliko se ne preduzmu specifični koraci za uključivanje ovih uzoraka u banke genetičkih resursa iz kojih će se dalje koristiti. Kulture fragmenata tkiva koje se čuvaju krioprezervacijom, od kojih se mogu dobiti kasnije kulture ćelija, obezbeđuju mnogo pouzdaniji izvor za snabdevanje sa DNK. Kulture ćelija obezbeđuju netaknute delove ćelija i mogu biti važan izvor ćelijske RNK za analize i konstrukciju biblioteke komplementarne DNK (Andersson, 2004).

Genetička erozija je rezultat brojnih činilaca, uključujući fragmentaciju staništa, prekomernu eksploataciju zemljišta, promenu namene zemljišta (krčenje šuma i čišćenja zemljišta), rast stanovništva i klimatske promene. Glavni uzrok genetičke erozije, u poslednjih 40 godina, bio je širenje moderne, komercijalne poljoprivrede i zamena različitih sorti poljoprivrednih biljaka sa modernim, hibridnim sortama. U Meksiku danas postoji samo 20% sorti kukuruza gajenih u 1930. Od 10000 sorti pšenice koje su bile prisutne u Kini od 1949. do 1970, samo 1000 sorti je ostalo da se gaji. Na Filipinima je postojalo nekoliko hiljada sorti pirinča pre uvođenja visokoprinosnih sorti (Westmoreland, 1999). U Nacionalnom centru za očuvanje genetičkih resursa u SAD, upoređujući sorte koje su se gajile 1903. sa sortama koje su se koristile 1983, konstatovano je značajno smanjenje, jer broj sorti koje su u upotrebi smanjen je za oko 80% (sl. 24) (Sharp, 2011). Iz tog razloga je potrebno očuvati biljne genetičke resurse u što većem broju.

<sup>13</sup> Filogeneza označava razvoj živih bića (biološku evoluciju), kroz istoriju planete Zemlje; nauka koja proučava filogenezu naziva se filogenija (Riječnik.com, online).



**Slika 24.** Gubitak genetičkih resursa povrća u SAD; gornji deo slike predstavlja nekada gajene sorte, donji deo slike predstavlja sorte koje se danas gaje (Sharp, 2011)

### *Negativan uticaj poljoprivrede na biodiverzitet*

Poljoprivredni biodiverzitet je širok pojam koji obuhvata sve komponente biološke raznovrsnosti od onih koji imaju značaja za hranu i poljoprivredu, do svih komponenti biološke raznovrsnosti koje predstavljaju poljoprivredni ekosistem, nazvan agroekosistem. Agroekosistem se može definisati kao raznolikost i varijabilnost životinja, biljaka i mikroorganizama na genetičkom nivou, nivou vrsta i ekosistema, koji su neophodni za održavanje ključne funkcije agroekosistema, njegove strukture i procesa (CDB, online a).

Poljoprivreda značajno doprinosi očuvanju i održivom korišćenju biodiverziteta, ali je i glavni pokretač gubitaka biodiverziteta. Gubici diverziteta, na planeti Zemlji, postigli su alarmantne razmere, dovodeći u opasnost održivost poljoprivrede i usluga ekosistema i njihovu sposobnost da se prilagode promenljivim uslovima, pretnja su proizvodnji dovoljnih količina hrane i obezbeđenja sredstava za siguran život. Glavni izazov za poljoprivredu je da osigura bezbednost hrane, adekvatnu ishranu i stabilne uslove za život za sve, sada i u budućnosti, povećanjem proizvodnje hrane, uz usvajanje održive i efikasne poljoprivrede, održivu potrošnju resursa i planiranje pejzaža, kako bi se osiguralo očuvanje biodiverziteta.

Homogenizacija sistema poljoprivredne proizvodnje, uglavnom zbog intenziviranja poljoprivrednih sistema u sprezi sa specijalizacijom biljaka i usklađivanja efekata globalizacije, jedan je od najvećih uzroka poljoprivrednog gubitka



biodiverziteta, kroz genetičku eroziju i povećanje nivoa genetičke ugroženosti specijalizovanih useva.

Kako se poljoprivreda kretala od malih proizvodnih sistema ka velikim komercijalnim, genetička divergentnost biljnih vrsta počela je da opada. Ciljevi oplemenjivanja i proizvodni uslovi postali su slični u razvijenom delu sveta. Čovek je vrlo efikasan u izmeni genetičke divergentnosti u populaciji primenom moderne reproduktivne tehnologije, kao što je kultura tkiva. Ova tehnika je omogućila biljnom materijalu da se brzo i uniformno umnožava, a modernim vidovima transporta obezbeđena je brza izmena genetičkog materijala. Podignuti su zahtevi za nivoom proizvodnje i kriterijumima u procesu oplemenjivanja zahvaljujući industrijalizaciji i svetskoj ekonomiji. Nacionalne i multinacionalne kompanije su u oplemenjivačkim programima podsticale rad na biljnim vrstama, toliko važnim za opstanak čovečanstva (CDB, online, b).

Intenzifikacija poljoprivredne proizvodnje dovela je do promena uslova u kojima se biljke gaje. Velike površine pod navodnjavanjem, primena pesticida, posebno herbicida naštetila je strukturi zemljišta, njegovom mikrobiološkom sastavu, kao i prirodnoj selekciji pojedinih divljih srodnika koji su postali rezistentni na primenjivane pesticide. Meksiko je recimo izvestio o velikoj genetičkoj eroziji divljih populacija kukuruza (Dyer i sar., 2014).

Tradicionalno znanje poljoprivrednika ključno je za održavanje biodiverziteta i obezbeđenja hranom na globalnom nivou. Od poljoprivrednika se traži, da očuvaju biodiverzitet i daju doprinos da proizvodi imaju zahtevane nutritivne vrednosti, koje će zadovoljiti potrebe rastuće populacije. Međutim, poljoprivrednici ne kontrolišu sve činioce, uključujući one koji se odnose na poljoprivrednu politiku, podsticaje, tržišta ili potrošnju.

## **Destrukcija staništa**

Staništa mnogih biljnih vrsta narušena su, uglavnom, zahvaljujući delovanju čoveka. Rastuće narušavanje posebno je ispoljeno korišćenjem genetičkih resursa u ishrani. Na površinama na kojima se nije proizvodila hrana za čoveka, sada se proizvodi, a samom promenom namene zemljišta smanjena je biomasa ekosistema. Zbog narušavanja ekosistema na lokalnom nivou, ugrožen je globalni ekosistem, a postoji mogućnost njegovog daljeg propadanja ukoliko se nastavi sa primenom intenzivne poljoprivredne prakse i ubuduće.

Posle požara menja se hemijski, mikrobiološki sastav i struktura zemljišta, a njegova obnova je jako dug proces. Zbog toga, ne bi trebalo čekati na prirodno naseljavanje pionirskih biljnih vrsta, već ih treba veštački naseliti. Pionirske vrste pripremaju uslove za dolazak novih vrsta drveća, koje imaju dubok korenov sistem (crni i beli bor, breza, jasika, crni grab, crni jasen, iva i rakita) u zavisnosti od klimatskih činioaca i nadmorske visine. Takve vrste služe za popravku zemljišta tj. za njegovo meliorisanje. Biljni pokrivač ima važnu ulogu

u smanjenju procesa erozije, ali pod uslovom da je prisutan u većem procentu na površini. Šume ipak pružaju najbolju zaštitu od erozije, površinsko oticanje vode svedeno je na minimum, a uslovi za upijanje vode, sa površine zemljišta, povećani su. Korenov sistem vezuje zemljište, pri čemu stabilizuje površinu. On je važan za snižavanje i ublažavanje erozivnih procesa (Koprivica, 2007).

Čovek svojom aktivnošću menja sastav flore, a istovremeno i genetički diverzitet. U našoj i stranoj literaturi, ima autora, koji ukazuju na promene florističkog sastava travnjaka pod uticajem NP, NK i NPK đubrenja. Svi rezultati pokazuju da se pod uticajem ovih hraniva povećava učešće trava, a smanjuje učešće leguminoza i vrsta iz drugih porodica. U slučaju kalcifikacije kiselih zemljišta, smanjuje se populacija acidofilnih biljaka (zob, proso, raž, krompir, trave i dr.), a povećava populacija neutrofilnih biljaka. U slučaju navodnjavanja, smanjuje se zastupljenost hidrofita<sup>14</sup>, a povećava udeo mezofita<sup>15</sup>. Dugogodišnja monokultura ima za posledicu smanjenje broja korovskih vrsta (Kastori, 2009).

Jedan od elemenata periodnog sistema, koji je neizostavni deo života na zemlji je ugljenik. Dobar primer za promene u ekosistemu je vezivanje ugljenika i njegovo kruženje u ekosistemu. Vezivanje ugljenika u terestrijalni ekosistem podrazumeva usvajanje atmosferskog ugljenika u procesu fotosinteze i njegovu akumulaciju u živim organizmima i zemljištu. Zemljišna fauna, korenje biljaka, gljive i mikroorganizmi, u interakciji su sa mineralnim i organskim materijama i pomažu u procesu odvijanja ciklusa ugljenika u zemljištu (Johnston i sar., 2004). Postupci koji dovode do većeg vezivanja ugljenika obuhvataju pošumljavanje, konzervacijsku obradu ekosistema, korišćenje malča, gajenje međuuseva i povećanje genetičkog diverziteta. Vezivanje ugljenika u terestrijalnim ekosistemima može da bude rešenje za smanjivanje koncentracije štetnih gasova u atmosferi, u prvim dekadama XXI veka, dok se ne počne sa većim korišćenjem alternativnih goriva (Manojlović i Aćin, 2007).

Sekvestracija zemljišnog ugljenika igra važnu ulogu u ublažavanju antropogenog povećanja atmosferskih koncentracija ugljen dioksida. Nedavne studije su pokazale, da je došlo do povećanja biodiverziteta, u slučaju povećanja organskog ugljenika u zemljištu, kod eksperimentalnih travnjaka. Rezultati Bengtsson i saradnika (2019) pokazuju da povoljni klimatski uslovi, naročito velike količine padavina, vode ka povećanju bogatstva biljnih vrsta i biomase, i ispoljava se pozitivan efekat na zemljišni organski ugljenik koji se skladišti u šumama, područjima pod šibljem i pašnjacima. Taloženje azota i pH zemljišta,

<sup>14</sup> Hidrofite su vodene biljke, karakteristične i po odsustvu stoma, slabo razvijenom mehaničkom i sprovodnom tkivu, imaju tanak epidermis, itd. Mogu biti submerzne (u celini potopljene u vodi) i floatantne (plivajuće ili plutajuće).

<sup>15</sup> Mezofite su ekološka grupa biljaka, koja čini prelazan stadijum između kserofita i hidrofita. Njeni predstavnici žive u uslovima umerene vlažnosti i podnose sušu bolje od hidrofita, ali slabije od kserofita. Mezofitama pripada većina listopadnog drveća i žbunova, zeljastih livadskih biljaka, kao i najveći broj gajenih biljaka (Ekopedia.rs).

generalno gledano, imaju direktan negativan uticaj na skladištenje zemljišnog organskog ugljenika.

Brojnošću vrsta koje se nalaze u ekosistemu može se odrediti nivo hraniva u zemljištu, prema podacima istraživanja koji su objavljeni u časopisu *Nature* 2008 (Forde i sar., 2008).

Matematičari su po prvi put modelirali sve razlike koje postoje u međusobnom odnosu između hraniva i biodiverziteta u laboratoriji, simulirajući ekosistem. Iako hraniva definitivno imaju uticaj na biodiverzitet, pronašli su da precizni odnosi između dva parametra zavise i od toga koja biljna vrsta je prisutna u ekosistemu. To znači da u nekim slučajevima nizak nivo hraniva može dovesti do višeg nivoa biodiverziteta. Nova studija je ukazala na koji način hraniva utiču na pojedine biljne vrste u ekosistemu, a sačinjen matematički model ukazuje na to u kojoj meri rezultati mogu biti primenjeni u realnom okruženju. Studija je prvi put prikazala stvarne podatke, koji potvrđuju da teorija poznata kao „geografski mozaik koevolutivne hipoteze” može biti održiva u stvarnom biodiverzitetu (Forde i sar., 2008).

### ***Biodiverzitet i patogeni organizami***

Ubrzani promet germplazme i drugog genetičkog materijala u svetu, namenjenog procesu oplemenjivanja, čuvanja u bankama gena i u druge svrhe, stvorio je značajnu međunarodnu pretnju povećanog širenja korova, insekata, patogena, grinja i drugih štetnih organizama. Mere predostrožnosti su otuda nezamenljive u sprečavanju unošenja i širenja štetnih organizama, koji predstavljaju glavnu opasnost za svetsku poljoprivredu (Milošević, 2001). Patogeni u novim uslovima mogu da budu značajno agresivniji, te je biodiverzitet u mnogo većoj meri izložen promenama.

Narušavanje biodiverziteta može se definisati kao stanje kada biljke koje se gaje na velikim površinama postaju osetljive na štetne organizme ili nepovoljne spoljašnje uslove, kao rezultat izmene genetičke konstitucije, što rezultira velikim gubicima. Jedan od razloga genetičke povredivosti je zamena sorti koje su posedovale genetički diverzitet savremenim sortama, kod kojih je postignuta visoka uniformnost biljaka. Kod ustanovljavanja uzroka genetičke povredivosti, glavna su dva činioca:

- relativna površina pod osetljivim sortama i
- stepen uniformnosti između sorti.

Često podaci o setvi određene sorte nisu dostupni ili potpuni, te se ne može utvrditi na kojoj su površini posejane. Stvarni stepen njene uniformnosti teško je utvrditi, jer poreklo nije uvek dostupno, čak ni za poznate sorte. Sistem zaštite

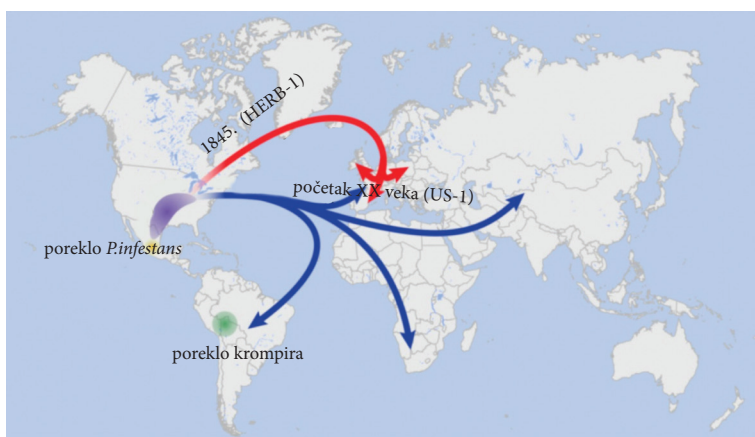
te sorti (prava oplemenjivača) u nekim zemljama zahteva podnošenje rodoslova kao uslov za zaštitu, u drugim su zaštićene kao poverljivi podaci.

U Holandiji, na primer, tri vodeće sorte krompira, od devet, pokrivaju od 81% do 99% površina, jedna sorta jarog ječma zauzima 94% površina. U SAD je 1972 i 1991 ustanovljeno da od osam značajnih biljnih vrsta, koje zastupaju, devet sorti ukupno pokrivaju između 50% i 75% površina. U Irskoj je konstatovano da šest sorti pšenice čini 90% od ukupno zasejanih površina. Biljni diverzitet je potreban da pomogne sistemu oporavka kada je neka od ekonomski važnih biljnih vrsta pogođena bolestima. Čak i kada sorte nose različite nazive, stepen genetičke različitosti ne mora biti velik (Wolfe, 1992).

Pojedine biljne vrste su osetljive ili otporne na patogene, što zavisi od niza činilaca, a najviše od genetičke konstitucije, kako biljke domaćina, tako i patogenog organizma. Biljke se razlikuju u genetičkoj otpornosti ili osetljivosti na pojedine patogene, što može biti ciljano svojstvo u procesu oplemenjivanja ili već postojeće posedovanje tolerantnosti, odnosno otpornosti na pojedine patogene (Partridge, 2008). Razumevanje osnove mehanizma otpornosti biljaka na patogene organizme motiviše fitopatologe dugi niz godina, jer je sposobnost patogena da prouzrokuje bolest kod biljke domaćina uglavnom izuzetak, a ne pravilo, jer biljke imaju potencijal da raspoznaju patogene i organizuju uspešnu odbranu. U obrnutom smislu, uspešni patogeni izazvaju bolest jer su u stanju da izbegnu mehanizme prepoznavanja biljke domaćina i potisnu mehanizme odbrane domaćina, ili imaju obe sposobnosti. Otpornost biljke domaćina ogleda se u opštim i nespecifičnim mehanizmima odbrane, ali i u proizvodnji specifičnih, genetički određenih supstanci, uperenih protiv određenih patogena. Genetičke analize pokazale su da na otpornost sa jedne strane utiče postojanje dominantnih alela odgovarajućih gena, a sa druge strane otpor gena koji se nasleđuju nezavisno jedan od drugog (Moncrieff, 2006; Jevtić i sar., 2018).

Mutacija patogena može dovesti do gubljenja otpornosti pojedinih biljnih vrsta na štetne organizme u jednom jedinom evolucionom koraku, jer postoje brojni slučajevi kada većina sorti ima istu genetičku osnovu (Moncrieff, 2003). Svi  $F_1$  hibridi pirinča, koji pokrivaju 15 miliona hektara u Kini (1990), imaju isti gen za mušku sterilnost. Isto je i sa suncokretom. Sve sorte pirinča imaju isti gen za patuljast rast stabla (Hargrove i sar., 1985). Uniformnost, sama po sebi, nije opasna, čak kod nekih biljnih vrsta doprinosi tome da su biljke ujednačene i stabilne. Ono što je važno je mogućnost prepoznavanja i prevazilaženja problema koji bi mogao proizaći iz uniformnosti, kao što je osetljivost na pojedine bolesti. Najpoznatiji primer je plamenjača kod krompira (*Phytophthora infestans*), koja je u periodu od 1845. do 1848. izazvala epifitotičnu zarazu i uništila krompir u Evropi i Severnoj Americi. U Irskoj je tada umrlo od gladi 1,5 milion ljudi čija je ishrana zavisila od te biljne vrste. Krompir, koji je tada gajen u Evropi, bio je genetički uniforman jer je gajeno dve ili četiri sorte poreklom iz Latinske Amerike. Plamenjača je danas rasprostranjena u svim delovima sveta u kojima se krompir gaji. Javlja se svake godine u različitom intenzitetu, što zavisi

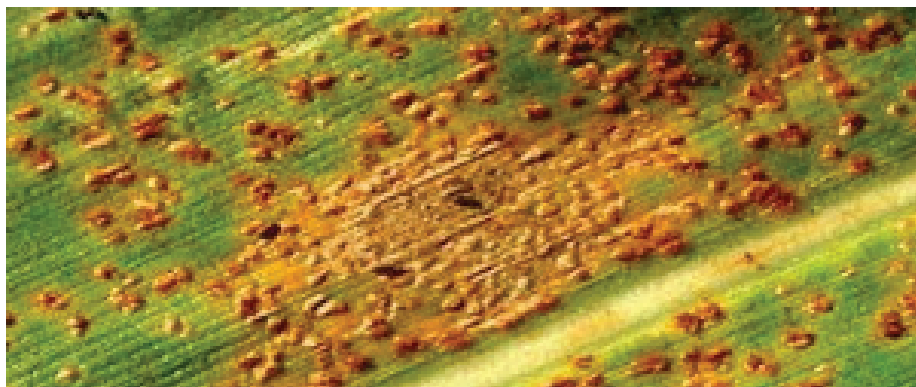
od vremenskih uslova (sl. 25). Gubici zbog pojave ove bolesti kreću se između 5% i 30% godišnje i pored redovne upotrebe fungicida (Milošević i sar., 1996). Pojava nove rase plamenjače krompira (A2) za koju nije bilo otpornih sorti (poznatih gena otpornosti), niti efikasnih fungicida, 1980. je konstatovana u Evropi, Aziji, Latinskoj Americi i Meksiku (Fry i sar., 1993; Pajerowska-Mukhtar, 2019).



Slika 25. Širenje plamenjače krompira u svetu (Wikiwand, online)

Sedamdesetih godina prošlog veka, većina hibrida kukuruza u SAD bila je stvorena na osnovu citoplazmatske muške sterilnosti. Pojavom gljive *Bipolaris maydis*, došlo je do propadanja svih useva kukuruza koji su imali tu osnovu. U Engleskoj su 1975. sve sorte bele deteline (*Trifolium repens*) stavljene van proizvodnje, jer su bile neotporne na novu bolest koju je izazvala gljiva *Sclerotinia trifoliorum*, prouzrokovala truleži krune i stabla crvene deteline i lucerke (Sackville, 1995). Rđa koja se pojavila na plantažama kafe u Šri Lanki, Brazilu i centralnoj Americi 1970. dovela je do velikih gubitaka. Otporna sorta je pronađena u Etiopiji (Milošević, 2001).

Pojava rđe na kukuruzu (*Puccinia polyspora*) u jugoistočnoj Aziji i Africi, pokazala je šta nepoznato i ekonomski nevažno oboljenje može da uradi u novom okruženju (sl. 26) (Jardine, 2019). Patogen koji nije izazivao ekonomski značajne štete u svom prirodnom tropskom ambijentu Amerike, izazvao je ogromne štete 1949. u državi Sijera Leone. Gubici koje je rđa kukuruza prouzrokovala bili su takvi da se selekcionim radom moralo doći do novih tolerantnih sorti (Milošević, 2001; Jevtić i sar., 2018). Veći genetički diverzitet kontroliše brzinu širenja bolesti, jer patogen mora da se adaptira da bi mogao da inficira različite biljne vrste.



**Slika 26.** Simptomi rđe na listu kukuruza (*Puccinia polyspora*) (Jardine, 2019)

Patogen *Tilletia indica*, prouzročivač glavnice pšenice, činio je velike štete usevima pšenice u svim delovima sveta gde se ona gaji. Sortiment je bio takav da je sadržao uglavnom osetljive sorte na pomenuti patogen. U istraživanjima CYMMIT identifikovano je 98 genotipova pšenice visoke otpornosti prema *T. indica*. Mnoge od njih se danas čuvaju u bankama gena Kine, Indije, Brazila, SAD, Rusije i koriste u oplemenjivačkim programima (Milošević, 1998).

Milošević i saradnici (1996) i Jevtić i saradnici (2018) navode da novi izvori genetičke varijabilnosti mogu da uvedu alternativne ili dodatne komplekse gena koji doprinose novim poboljšanim osobinama i ekološkom prilagođavanju. Indirektna korist od populacija koje imaju široku genetičku osnovu je povećana genetička varijabilnost i tolerantnost kod novostvorenih sorti ili linija. Čak i kada oplemenjivači koriste na širokoj genetičkoj osnovi zasnovane populacije sličnog porekla, populaciona struktura se menja od programa do programa. Različitost sorti ili linija iz takvih populacija imala bi značajnu vrednost, kao preventiva od masovne pojave bolesti i insekata.

### ***Biodiverzitet i insekti***

Odavno je prepoznato i dokumentovano da su insekti najraznolikija i najmnogobrojnija grupa organizama na planeti Zemlji (sl. 27). Insekti imaju verovatno najveću biomasu od svih kopnenih životinja i mogu se naći u skoro svim ekosistemima u svetu, s najvećom brojnošću u tropskim predelima. U poslednjoj deceniji, mnogo pažnje posvećeno je istraživanjima entomofaune u tropskim šumama (WorldAtlas.com, 2019). U svetu je poznato oko 900 hiljada različitih vrsta živih insekata, koji predstavljaju približno 80% svih živih vrsta, dok se pravi broj živih vrsta insekata može samo proceniti. Većina stručnjaka slaže se da postoji više vrsta insekata, koji nisu opisani, nego onih koji su opisani, a entomolozi veruju da je samo 20% insekata identifikovano i opisano

(Stork, 2018). Procene Stork (2018) pokazuju da je broj insekata u svetu oko 2 miliona, ali je moguće da ih ima oko 30 miliona, a živih jedinki insekata oko 10 triliona.



**Slika 27.** Krompirova zlatica (levo) (wikipedia, online, stršljen (u sredini) (wikipedia, online); breskvina vaš (desno) (Agromedia, 2017. )

Veliki broj vrsta insekata razvio se zahvaljujući brojnim činiocima, uključujući njihovu dugu geološku istoriju, sposobnost leta, malu veličinu, koja omogućava preživljavanje u različitim staništima, sposobnost da skladište spermu za odloženu oplodnju i opštu sposobnost prilagođavanja na životnu sredinu. Insekti imaju izuzetnu plodnost i reproduktivnu sposobnost, koje su dovele do postojanja ogromnog broja jedinki u prirodi. Na primer, kraljica istočnoafričkih termita, evidentirano je, položi jaje svake dve sekunde, odnosno oko 43000 jaja svakog dana (BugInfo, online).

U prirodnim ekosistemima, raznovrsnost i brojnost insekata često je u pozitivnoj korelaciji s raznovrsnošću biljnih vrsta. Međutim, ovi odnosi mogu biti i komplikovaniji zbog drugih karakteristika biljnih zajednica koje utiču na raspodelu insekata. Odnos između diverziteta biljaka i diverziteta insekata može biti nejasan zbog prisusva i rasporeda vrsta insekata. Na primer, biljke ili biljne zajednice sa većom strukturalnom složenošću znače da je taj biljni sistem sastavljen od velikog broja biljnih vrsta i može podržavati više insekata ili insekatskih vrsta (Brose, 2003), jer obezbeđuje veći broj resursa i mikrostanista (James i sar., 2012). Raznovrsnost i brojnost insekata može se odnositi na strukturu kompleksnosti, ishranu ili produktivnost biljaka (Martinez-Meza, 1995). Što je više biljnih vrsta koje rastu na pašnjacima i u šumama, više je vrsta insekata na tim staništima, međutim, prisustvo većeg broja biljnih vrsta ne samo da povećava broj insekata, nego i broj vrsta insekata. Istovremeno, insekti utiču ne samo na diverzitet biljnih vrsta, nego i na i fizičku strukturu biljnih zajednica (James i sar., 2012).

Podaci pokazuju da je smanjenje bogatstva u biljnim vrstama (broj vrsta) uzrokovano, na primer, intenzivnim korišćenjem poljoprivrednog i šumskog zemljišta i može dovesti do smanjenja kako vrsta, tako i brojnosti i strukture insekatskih zajednica (Phys.org., 2019).

Primarna proizvodnja povećava se dodatkom vlage u sušnim sistemima, što obezbeđuje izobilje kvalitetne hrane za biljojede, a samim tim dovodi do većeg diverziteta i brojnosti insekata (Wenninger i Inouye, 2008). Varijacije u hranljivoj vrednosti biljaka, naročito u pogledu nivoa ukupnog i raspoloživog azota, mogu uticati na distribuciju insekata (Lightfoot i Whitford, 1989). Na primer, biljke štite insekte od isušivanja obezbeđujući im hladovinu, vlažnu mikroklimu i izvor vode (Martinez-Meza, 1995).

Murder i saradnici (1999) ispitivali su da li insekti mogu izmeniti odnose između diverziteta biljnih vrsta i funkcije ekosistema na travnatim zajednicama (i) izmenom biomase preko gradijenta diverziteta, (ii) menjanjem relativne bujnosti biljnih vrsta ili (iii) direktnim menjanjem funkcije ekosistema. Merena je šteta koju su prirodnim pašnjacima prouzrokovali biljojedi, zatim na parcelama na kojima je gajeno 1, 2, 4, 8 ili 12 biljnih vrsta, a u odnosu na biomasu biljaka u podskupu ovih parcela, sa ponavljanjima, u kojima je smanjen broj insekata. Kako je rasla biomasa biljaka, tako su oštećenja od insekata bila veća. Smanjenje populacija insekata rezultiralo je većom ujednačenošću relativne bujnosti biljnih vrsta, što otkriva jaku pozitivnu vezu između biodiverziteta i nadzemne biomase (Mulder i sar., 1999).

U skladu s koevolutionom hipotezom, postoje dokazi da diverzifikacija biljojeda zaostaje, ali je ipak privremeno u pozitivnoj korelaciji sa biljkama domaćinima, ukazujući na kolonizaciju i diverzifikaciju insekata na biljkama, međutim, još uvek je taj odnos diskutabilan u naučnom svetu, i može se zaključiti da se u ekološkoj zajednici, istorija evolucije biljaka i diverzifikacija insekata neumitno prepliću (Futuyma i sar., 2009).

Klimatske promene pogoršavaju prehrambenu sigurnost i njeni negativni uticaji se povećavaju tokom vremena, a jedan od glavnih uzroka su biljne štetočine (Barbercheck, online). Postoji mnogo mogućih načina na koji klimatske promene mogu uticati na biljne štetočine, uključujući i ekologiju i prostorni raspored u lancima ishrane. Klimatske promene mogu da izazovu veće metaboličko, razvojno preživljavanje i više reproduktivne stope kod biljnih štetočina. Na primer, glavni efekat temperature u umerenim regionima može se videti u zimskom opstanku. Insekti bez dijapauze i vrste koje su u stanju da prezime u njihovim aktivnim fazama, kao što su vaši *Myzus persicae*, pokazuju povećano preživljavanje tokom „toplih zima” (FAO, online).

Klimatske promene će imati značajan uticaj na ponašanje insekata, jer su insekti hladnokrvni organizmi i posebno su osetljivi na temperaturne promene. Kroz direktne efekte na životni ciklus insekata, klimatske promene će uticati na distribuciju i ozbiljnost šteta koje pričinjavaju biljkama, pored indirektnih klimatskih uticaja na domaćina, prirodnih neprijatelja, konkurenata i patogenih insekata. U proseku, štetočine mogu da prelete 2,7 kilometara ( $\pm 0,8$  kilometara) na dan, mada se ta distanca menja na nivou godine. Kao rezultat toga, klimatske promene mogu izmeniti status insekata i dovesti do pojave invazivnih vrsta. Tolerancija, ili otpornost biljaka na štetne organizme, može se smanjiti



zbog klimatskih promena. Odnos između insekata i njihovih prirodnih neprijatelja neće se promeniti, što dovodi ili do povećanja ili do smanjenja pojedinačnog broja insekata. Kao kombinovani rezultat ovih efekata, godišnji gubitak kod žita usled pojave insekata i bolesti povećan je sa 6,6 tona u ranim 1970. do 14 tona sredinom 2000, što čini 2,7% gubitka ukupne žetve žita u svetu. Pored toga, projektovano je da će se globalni gubici prinosa kod žita, kao što su pšenica, pirinač i kukuruz, usled pojave insekata i bolesti povećati za 10% do 25% za svaki stepen globalnog srednje površinskog zagrevanja (Barbercheck, 2011).

Štete koje prouzrokuju insekti mogu nastati u procesu ishrane insekata i najveće štete biljkama su rezultat direktne ishrane nadzemnim i podzemnim delovima biljaka (Cranshaw, 2004; Pedigo, 2006). Insekti kao što su, na primer, skakavci i gusenice žvaću list i dovode do defolijacije biljaka i smanjenja prinosa kod poljoprivrednih biljnih vrsta. Neki insekti žvakanjem prave tunele u biljnom tkivu (lisni mineri), a insekti koji napadaju stablo mogu potpuno uništiti biljku. Insekti koji imaju usni aparat za sisanje sokova, poput vaši, ubodom rilice i izvlačenjem sokova iz biljke uništavaju uglavnom lišće. Štete na biljkama mogu nastati kod polaganja jaja insekata na lišće ili u biljku. Ukoliko je polaganje jaja brojno, može dovesti do povrede biljke.

Neki insekti prenose biljne bolesti (Agriotos, 1997) i oni se nazivaju vektorima. U osnovi, kod biljaka postoji veoma niska tolerancija na prisustvo insekata vektora. Većina biljnih bolesti koje prenose insekti uključuju biljne viruse, ali postoje primeri iz svih grupa patogena, gljiva, bakterija, protozoa i nematoda.

## **Aktivnosti međunarodnih organizacija na očuvanju biodiverziteta**

Međunarodna zajednica, pre svih Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO), počela je sa donošenjem planova i akcija za očuvanje biljnih genetičkih resursa, jer su postali svesni značajnih gubitaka u genetičkom diverzitetu, kao što su Međunarodni poduhvat na biljnim genetičkim resursima iz 1983<sup>16</sup>, Rimski deklaracija o svetskoj sigurnosti u hrani 1996<sup>17</sup> i

<sup>16</sup> Komisija za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu (*Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*), rezolucijom 8/83 je, na FAO konferenciji, usvojila Međunarodni poduhvat na biljnim genetičkim resursima 1983. (*International Undertaking on Plant Genetic Resource*). Cilj ovog poduhvata je da se osigura da biljni genetički resursi imaju ekonomski i društveni interes, posebno za poljoprivredu, te da će biti istraženi, očuvani, vrednovani i dostupni za uzgoj biljaka i u naučne svrhe. Ovaj poduhvat zasnovan je na univerzalno prihvaćenim principima da su biljni genetički resursi nasleđe čovečanstva i zbog toga treba da budu dostupni bez ograničenja (CGRFA, online).

<sup>17</sup> Rimski deklaracija o svetskoj prehrambenoj sigurnosti (*Declaration on World Food Security*), doneta u Rimu 1996, potvrđuje pravo svakoga da ima pristup bezbednoj i kvalitetnoj hrani, u skladu s pravom čoveka na adekvatnu ishranu, i osnovno pravo svakog pojedinca da ne bude gladan izražava političku volju i zajedničku i nacionalnu posvećenost ostvarivanju bezbednosti hrane za sve. Postojao je pokušaj da se iskoreni glad u svim zemljama, s ciljem smanjenja broja pothranjenih ljudi na polovinu njihovog sadašnjeg nivoa, najkasnije do 2015 (FAO 1996).

2009<sup>18</sup>, usvajanje Globalnog plana akcije za očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu 1996<sup>19</sup>, Drugi globalni plan akcije, koji je odobrio Savet FAO 2011<sup>20</sup> i dr. (FAO, online, c; FAO, 1996; FAO, 2009; FAO, 2017).

Osnova globalnih i nacionalnih strategija za očuvanje biljnih genetičkih resursa i njihovo korišćenje u proizvodnji hrane je nepostojanje mogućnosti obnavljanja izgubljenih genetičkih resursa (Lazić i sar., 2009). Konvencija o biološkoj raznovrsnosti i Međunarodni ugovor o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu predstavljaju nastavak aktivnosti FAO na očuvanju genetičkih resursa i osnovni su dokumenti kojima se štite biljni genetički resursi. Pored toga, postoji mogućnost dogovora između Međunarodnog biodiverziteta (Biodiversity International - BI) i Međunarodne organizacije za zaštitu novih biljnih sorti, UPOV, u vezi sa genetičkim resursima i njihovim očuvanjem.

### ***Konvencija o biološkoj raznovrsnosti***

Očuvanje biodiverziteta zajednička je briga čovečanstva i iz tog razloga su Ujedinjene nacije donele Konvenciju o biološkoj raznovrsnosti (*Convention on Biodiversity - CBD*), koja pokriva aspekte biodiverziteta na svim nivoima: ekosisteme, vrste i genetičke resurse (UN, 1992). Ona obuhvata sve domene koji su direktno ili indirektno vezani za biodiverzitet i njegovu ulogu u razvoju nauke, politike, obrazovanja za poljoprivrednike, poslovanja i još mnogo toga. Konvencija o biološkoj raznovrsnosti smatra se ključnim međunarodnim dokumentom koji pomaže održivom razvoju (FAO, online, a).

<sup>18</sup> Usvajanjem Deklaracije o svetskom samitu o hrani (*Declaration of the World Summit on Food Security*) u Rimu 2009, zemlje učesnice saglasile su se da preduzmu sve neophodne radnje, na nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou, da se smanji broj ljudi koji pate od gladi, neuhranjenosti i prehrambene nesigurnosti. Učesnici deklaracije su se saglasili da se pojačaju napori da se obećano ispuni do 2015 (FAO, 2009).

<sup>19</sup> Na Konferenciji o biljnim genetičkim resursima (*Leipzig declaration on Conservation and Sustainable Utilization of Plant genetic resources for Food and Agriculture*) održanoj u Lajpcigu 1996, ratifikovani su Deklaracija i Globalni plan akcije za bolju zaštitu i korišćenje biljnih genetičkih resursa, koji imaju značaja za hranu i poljoprivredu. U svom prvom izveštaju o „Stanju u svetu biljnih genetičkih resursa“, FAO je upozorila na gubitak velikog broja biljnih genetičkih resursa i eroziju biodiverziteta, a glavni uzroci gubitaka u genetičkoj raznovrsnosti su širenje i upotreba novih biljnih sorti i komercijalizovanje poljoprivrede (UN, online).

<sup>20</sup> Drugi Globalni plan akcije za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu (*Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*) usvojilo je Veće FAO na svom 143 zasedanju 2011. On ažurira Globalni plan akcije za očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa, usvojen na Četvrtoj međunarodnoj tehničkoj konferenciji o biljnim genetičkim resursima, održanoj u Lajpcigu 1996. Drugi Globalni plan akcije bavi se pitanjima klimatskih promena, ishranom stanovništva, novim tehnologijama koje uključuju informacije, komunikacije i metode ispitivanja na molekularnom nivou. Drugi globalni plan akcije sadrži 18 prioritarnih aktivnosti, organizovanih u četiri osnovne grupe: očuvanje i upravljanje *in situ*, *ex situ* konzervacija, održivo korišćenje genetičkih resursa i izgradnja održivih institucionalnih i ljudskih kapaciteta (FAO, 2011).

Konvencija o biološkoj raznovrsnosti je međunarodno pravno obavezujući ugovor, usvojen u Rio de Žaneiru 1992. i ima tri glavna cilja:

- očuvanje biodiverziteta,
- održivo korišćenje biodiverziteta i
- korektnu i pravednu podelu koristi koja proističe iz korišćenja genetičkih resursa.

Jedan od ciljeva Konvencije je razvoj nacionalnih strategija za konzervaciju i održivo korišćenje biljnog diverziteta, a Konvencija pored toga postavlja pred međunarodnu zajednicu brojne zadatke u vezi sa očuvanjem biodiverziteta. Neki od njih su mere i inicijative za konzervaciju i održivo korišćenje biološkog diverziteta, regulisanje pristupa genetičkim resursima i tradicionalnim znanjima, pristup i transfer tehnologija, uključujući biotehnologiju, vladinim ili lokalnim organizacijama, procena uticaja na biodiverzitet, povećanje komercijalne dobiti od genetičkih resursa, tehnička i naučna saradnja, edukacija i mišljenje javnosti, iznalaženje finansijskih sredstava, pisanje nacionalnih izveštaja u naporima za uspostavljanje ugovornih odnosa i dr. (CBD, online, c).

Konvencija prvi put prepoznaje međunarodni Zakon o konzervaciji biološkog diverziteta (*International Law and the Conservation of Biological Diversity*), koji predstavlja „uobičajenu brigu za dobrobit čovečanstva” i deo razvojnog procesa. Zakon o konzervaciji biološkog diverziteta reguliše pitanja vezana za područja ekosistema, biljnih vrsta i biljnih genetičkih resursa koje bi, i na koji način, trebalo zaštititi. Konvencijom se postavlja set principa za korektnu i ujednačenu podelu dobiti ostvarene korišćenjem genetičkih resursa. Ona pokriva i brzo širenje biotehnologije, kroz primenu Kartagena protokola o biosigurnosti, upućene na tehnološki razvoj i mere biosigurnosti (Bowman i Redgwell, 1996).

Konvencija o biološkom diverzitetu ukazuje na prioritete u vezi sa zemljama u razvoju, kao što su ekonomski, socijalni razvoj i suzbijanje siromaštva, i daje podršku potrebi integrisanja konzervacije biodiverziteta u proces globalnog ekonomskog razvoja. Konvencija nudi smernice zasnovane na principima predostrožnosti, kako bi došlo do narušavanja biološkog diverziteta u najmanjoj mogućoj meri. Ona značajno doprinosi ostvarenju napretka zaštite okruženja na ekonomskom i socijalnom polju. Konvenciju je ratifikovao Parlament Srbije i Crne Gore 5. novembra 2001, a stupila je na snagu 1. juna 2002.

Pored velikog doprinosa koji je učinjen donošenjem Konvencije, ipak nije jasno definisano koja vrsta genetičkih resursa bi trebalo da bude u fokusu očuvanja i na koji način bi korist trebalo da bude podeljena. U okviru Konvencije usvojena su Bonska uputstva pristupu genetičkim resursima, njihova korektna i pravedna raspodela, kao i pogodnosti koje proističu iz njihovog korišćenja (*Bonn Guidelines on Access to Genetic Resources and Fair and Equitable Sharing of the Benefits Arising out of their Utilization*), kao pomoć državama u razvijanju

zakonske regulative i administrativnih mogućnosti, kako bi se obezbedio pristup i podela koristi dobijena od genetičkih resursa. Na osnovu donetih dokumenata, veliki broj zemalja sačinio je i implementirao nacionalnu legislativu u vezi sa pristupom biljnim genetičkim resursima, u skladu s Bonskim uputstvima (Dajić i Dražić, 2003).

Treće izdanje Globalnog pregleda biološke raznolikosti (*Global Biodiversity Outlook 3 - GBO 3*), koji je na temelju nacionalnih izveštaja država članica pripremio Sekretarijat CBD, pokazalo je da međunarodna zajednica nije uspjela da dostigne ciljeve postavljene Konvencijom za smanjenje gubitka biološke raznolikosti do 2010, a svi indikatori ukazuju i na povećanje pritisaka na prirodu i na povećanje gubitaka u biodiverzitetu.

Na desetom sastanku Konvencije o biološkoj raznolikosti (CBD/COP-10), koji se održao u oktobru 2010. u Nagoji, Japan, usvojen je novi desetogodišnji Strateški plan Konvencije za razdoblje 2011–2020. kao temeljni dokument za usmeravanje međunarodnih i nacionalnih aktivnosti, kako bi se očuvala biološka raznolikost i doprinelo ostvarenju tri osnovna cilja konvencije. Novi Strateški plan CBD sadrži 20 ciljeva (*Aichi Biodiversity Targets*) za smanjenje gubitka i pritisaka na biološku raznolikost, očuvanje biološke raznolikosti na svim nivoima, poboljšanje i održavanje dobrobiti i koristi od biološke raznolikosti, te osiguranje jačanja kapaciteta (Anonymous, online, b; CBD, 2018).

Akcioni plan o biodiverzitetu (*Biodiversity Action Plan - BAP*) međunarodno je prepoznat program, usmeren na određene biljne vrste i okruženje, u cilju njihove zaštite i rekonstrukcije biološkog diverziteta. Osnova za plan bila je Konvencija o biološkom diverzitetu. Do 2009, 191 zemlja ratifikovala je Konvenciju, ali su samo neke od njih ratifikovale i Akcioni plan o biodiverzitetu.

Osnove Akcionog plana o biodiverzitetu uključuju:

- pripremanje i inventarizaciju bioloških informacija za odabrane biljke ili staništa,
- povezivanje konzervacionog statusa vrsta sa specifičnim ekosistemima,
- kreiranje programa za konzervaciju i restauraciju za ciljane biljne vrste i
- uspostavljanje budžeta, vremenskih programa i institucionalnog povezivanja za implementaciju Akcionog plana o biodiverzitetu (*Biodiversity Action Plan - BAP*) (UN-CBD, 2002).

### ***Međunarodni ugovor o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu***

Ciljevi Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu (*The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture - ITPGRFA*) (u daljem tekstu: Ugovor) su očuvanje i održivo

korišćenje svih biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu, korektna i pravedna raspodela koristi koja proističe njihovim korišćenjem, u skladu s Konvencijom o biološkoj raznovrsnosti, održivoj poljoprivredi i bezbednosti hrane. Očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu je ključ kojim se osigurava dovoljna proizvodnja hrane u svetu, za rastuću svetsku populaciju u budućnosti (Cooper, 2002). Ugovor je potpisalo 195 zemalja, među kojima i Srbija (2013). Međunarodni ugovor o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, koji je potpisala Republika Srbija, ugrozio je prava njenih oplemenjivača, iz razloga što najveći broj biljnih sorti nije zaštićen kao intelektualna svojina u Međunarodnoj uniji za zaštitu novih biljnih sorti, jer Ugovor pruža mogućnost fizičkim i pravnim licima iz drugih zemalja potpisnica da koriste nove biljne sorte srpskih oplemenjivača (Veselinović et al., 2014). Srbija je mogla i bez potpisivanja Ugovora, na svoju štetu, da se uključuje u tokove očuvanja biljnih genetičkih resursa, kao što je počela preko SeedNet projekta, FAO projekta „Podrška razvoju Nacionalnog programa za BGRHP u Srbiji” i drugih projekata, pogotovo što to nije morala da uradi da bi ostvarila prava koja i sada ima u međunarodnoj zajednici.

Ugovorom se postiže lakši pristup genetičkom materijalu 64 biljne vrste, koje su naznačene kao važne za hranu i poljoprivredu, potrebe istraživanja, oplemenjivanja i obuke. Ugovor sprečava primaocce genetičkih resursa da koriste resurse u obliku u kom su ih dobili, a koji su zaštićeni pravima na intelektualnu svojinu, i obezbeđuje pristup genetičkim resursima koji su već zaštićeni međunarodnim imovinskim pravima, u skladu sa već usvojenim međunarodnim i nacionalnim zakonima. Oni koji pristupe genetičkom materijalu preko Ugovora, slažu se da dele ostvarenu korist njihovom upotrebom, kroz četiri mehanizma, koja čine osnovu Ugovora:

1. Održivo korišćenje genetičkih resursa,
2. Prava poljoprivrednika, farmera,
3. Multilateralni sistem i
4. Globalni informacioni sistem (FAO, online, d).

## **Održivo korišćenje genetičkih resursa**

Održivo korišćenje genetičkih resursa obavezuje ugovorne strane da razvijaju i održavaju odgovarajuću strategiju i zakonske mere koje promovišu održivu upotrebu biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu. Ugovorom se maksimalno pomaže korišćenje i oplemenjivanje svih biljnih vrsta koje su stvorene i održavane kod poljoprivrednika, a koje razvijaju i održavaju diverzitet sistema na poljoprivrednom gazdinstvu (FAO, online, d).

Održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu regulisano je u članu 6 Ugovora, a član 6 predviđa niz mera na promociji održivog korišćenja biljnih genetičkih resursa koje zemlje potpisnice moraju da implementiraju u potpunosti u svojoj zakonskoj regulativi.

Održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu može uključivati mere kao što su:

- sprovođenje korektnih poljoprivrednih politika koja promoviše, prema potrebi, razvoj i održavanje različitih poljoprivrednih sistema koji poboljšavaju održivo korišćenje poljoprivredne biološke raznovrsnosti i druge prirodne resurse,
- jačanje istraživanja koja poboljšavaju i čuvaju biološku raznovrsnost, povećanjem unutar i između specifičnih promena, u korist poljoprivrednika, naročito onih koji stvaraju i koriste svoje sorte i primenjuju ekološke principe u održavanju plodnosti zemljišta i borbi protiv bolesti, korova i štetočina,
- promovisanje, prema potrebi, oplemenjivanja biljaka i činjenje napora koji, uz učešće poljoprivrednika, naročito u zemljama u razvoju jačaju kapacitete za razvoj sorti posebno prilagođenih socijalnim, ekonomskim i ekološkim uslovima, uključujući i marginalna područja,
- proširenje genetičke osnove useva i povećavanje obima genetičke raznovrsnosti dostupne poljoprivrednicima;
- promovisanje, po potrebi, proširene upotrebe lokalnih i lokalno adaptiranih useva, sorti i neiskorišćenih vrsta;
- podrška, po potrebi, širem korišćenju različitosti sorti i vrsta u *on farm* upravljanju, zaštiti i održivom korišćenju useva, i stvaranju jake veze između oplemenjivanja i razvoja poljoprivrede u cilju smanjenja ranjivosti useva i genetičke erozije, i promovisanje povećane proizvodnje hrane u svetu u skladu sa održivim razvojem, i
- razmatranje i, po potrebi, prilagođavanje uzgoja strategiji, propisima i distribuciji semena (FAO, online, d).

## **Prava poljoprivrednika**

Princip zajedničkog nasleđa, koji je formulisao FAO 1983. kroz Komisiju za genetičke resurse, bio je neprihvatljiv mnogim zemljama u razvoju čiji lideri su smatrali da princip podrazumeva da bi tehnološki napredne zemlje i dalje

prisvajale i iskorišćavale prirodne resurse zemalja u razvoju, bez nadoknade zemljama porekla genetičkih resursa. Princip zajedničkog nasleđa nije odgovarao semenskim kompanijama jer bi, pored populacija, divljih vrsta i sličnih biljnih genetičkih resursa, „posebne genetičke rezerve“, uključujući elitu i aktuelni odgajivački materijal, kao i linije, trebalo da budu dostupne bez ograničenja. Nezadovoljstvo je razrešeno saopštenjem Komisije da prava oplemenjivača novih biljnih sorti, koje je propisao UPOV, nisu u suprotnosti s Ugovorom.

FAO rezolucija 5/89, usvojena 29. novembra 1989, prihvatila je koncept „Prava poljoprivrednika“ koja su definisana kao „prava koja proističu iz prošlosti, sadašnjeg i budućeg doprinosa poljoprivrednika u očuvanju, unapređenju i stavljanju na raspolaganje biljnih genetičkih resursa, posebno onih u centrima porekla, odnosno različitosti“. Rezolucija je zauzela stav da svet ima moralnu obavezu prema poljoprivrednicima i njihovim potomcima, prema njihovoj ulozi i doprinosu tokom „nebrojenih generacija“, u očuvanju, unapređenju i stavljanju na raspolaganje biljnih genetičkih resursa za dobrobit čovečanstva. Prava poljoprivrednika, prema rezoluciji, „u nadležnosti su međunarodne zajednice, kao poverenika, za sadašnje i buduće generacije poljoprivrednika, u cilju obezbeđivanja pune koristi za poljoprivrednike, i podržava nastavak njihovog doprinosa, jer većina genetičkih resursa dolazi iz zemalja u razvoju, u kojima doprinos poljoprivrednika nije ni dovoljno priznat, ni nagrađen“ (FAO, online, e; Milošević i sar., 2010a).

Prava poljoprivrednika, prema rezoluciji, mogu se okarakterisati kao obaveze međunarodne zajednice da pruži opštu podršku tradicionalnim poljoprivrednim aktivnostima. Rezolucijom 3/91 iz 1991, priznata su suverena prava naroda na njihove genetičke resurse i propisano da prava poljoprivrednika mogu da se ostvare putem Međunarodnog fonda za biljne genetičke resurse (Farmers' Rights, online; Mekouar, 2002).

Realizacija prava poljoprivrednika ključna je u implementaciji Ugovora. U isto vreme, ona su i preduslov za konzervaciju i održivo korišćenje vitalnih resursa, kako *in situ* (banke biljnih gena) tako i *ex situ* (na poljoprivrednim gazdinstvima).

Prava poljoprivrednika ogledaju se u zaštiti tradicionalnog znanja, koje je relevantno za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu, pravu da učestvuju u donošenju odluka, na nacionalnom nivou, o pitanjima koja se odnose na očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa i pravu da sačuvaju, upotrebe, razmene i prodaju svoje seme kao materijal za umnožavanje, u skladu sa nacionalnim zakonom (Mekouar, 2002).

Prava poljoprivrednika bave se zaštitom interesa poljoprivrednika, ali ne i zaštitom intelektualne svojine, mada se oni često smatraju kao pandan tome, a zemlje koje su usvojile zakone o zaštiti sorti kao intelektualne svojine ugradile su u njih i prava poljoprivrednika, kao što je to uradila Srbija, Zakonom o zaštiti prava oplemenjivača biljnih sorti (Sl. glasnik, 2009 i Sl. glasnik, 2011).

Mnoge druge zemlje ne smatraju da je neophodno da se donese poseban zakon o pravima poljoprivrednika, mada ispunjavaju svoje obaveze u skladu s Ugovorom kroz postojeće mehanizme, kao što su zaštita prava oplemenjivača ili donošenje odluka na nacionalnom nivou. Čak i pre nego što je koncept prava poljoprivrednika formalno usvojen u Ugovoru, jedan broj zemalja, uključujući Bangladeš, Indiju i Tajland, bogatih genetičkim resursima, već su implementirale zakone koji štite prava poljoprivrednika u pogledu njihovih prava da čuvaju, koriste, razmenjuju i prodaju „seme sa tavana“ (*farm saved seed*) i učestvuju u donošenju odluka. Indija je uvela program „*Gen fond*“ kao vrstu podrške u održavanju genetičkih resursa, iz kojeg finansira sve korisnike, uključujući i poljoprivrednike, a donela je i specifičan Zakon o zaštiti sorti i prava poljoprivrednika (*Protection of Plant Varieties and Farmers' Rights Authority - PPVFR*) 2001 (Anonymous, 2001).

Uobičajeno je da se nadoknada, licenca (*royalty*) za prava na intelektualnu svojinu, vrši na tržištu. Prava poljoprivrednika predstavljaju spremnost korisnika, da plate upotrebu intelektualne svojine, dok primaoci naknade vraćaju deo te vrednosti kao procenat od vrednosti resursa, kupovinom na tržištu. Za ostvarenje dobiti putem prava poljoprivrednika, vezanih za populacije kao genetičke resurse, razvijen je jednostavan model ostvarenja dohotka, koji se osigurava ako su plaćanja zasnovana na sistemu naknade (Milošević i sar., 2012).

Sve veća svest i značaj primene Prava poljoprivrednika odražava se na raznim akcijama, koje su sadržane u Rezoluciji 5/2015. Rezolucija 5/2015 odnosi se na primenu člana 9, Prava poljoprivrednika. Pozivajući se na priznanje Prava poljoprivrednika u Ugovoru i na njihov ogroman doprinos lokalnim zajednicama poljoprivrednika iz svih regiona sveta, odlučeno je da se nastavi sa podrškom pomenutima, sa naporima na konzervaciji, razvoju i korišćenju biljnih genetičkih resursa, kao osnove poljoprivredne proizvodnje za proizvodnju hrane širom sveta (FAO, 2015a). Rezolucija 5/2015 zahteva od sekretarijata Ugovora da preduzme niz aktivnosti, a među najvažnijima je da nastavi angažovanje, uz međusobnu podršku s Međunarodnom unijom za zaštitu novih biljnih sorti (UPOV) i Svetskom organizacijom za zaštitu intelektualne svojine (*The World Intellectual Property Organization - WIPO*), da zajednički završe proces za identifikaciju mogućih oblasti odnosa između njihovih instrumenata (FAO, online, f).

## **Multilateralni sistem**

Ugovorom je sačinjeno inovativno rešenje ka pristupu i podeli koristi od genetičkih resursa, usvajanjem deklaracije da 64 biljne vrste koje se koriste u poljoprivredi, a čine 80% svih izvora ljudske ishrane, imaju obilje genetičkih resursa koji su dostupni svima (tab. 6). Prilikom potvrđivanja Ugovora, zemlje



daju saglasnost da se njihovi genetički resursi i relevantne informacije o biljnim vrstama čuvaju u bankama gena i stoje na raspolaganju putem primene Multilateralnog sistema (MLS) (FAO, 2017a).

**Tabela 6.** Lista 64 biljne vrste obuhvaćene Multilateralnim sistemom (FAO, 2009)

**Ratarske biljne vrste**

Biljna vrsta	Rod	Napomene
Hlebno drvo, Hlebovac	<i>Artocarpus</i>	Jedino hlebno drvo.
Špargla	<i>Asparagus</i>	
Ovas	<i>Avena</i>	
Repa	<i>Beta</i>	
Kompleks kupusnjača	<i>Brassica</i> et al.	Uključeni su rodovi: <i>Brassica</i> , <i>Armoracia</i> , <i>Barbarea</i> , <i>Camelina</i> , <i>Crambe</i> , <i>Diplotaxis</i> , <i>Eruca</i> , <i>Isatis</i> , <i>Lepidium</i> , <i>Raphanobrassica</i> , <i>Raphanus</i> , <i>Rorippa</i> i <i>Sinapis</i> ; ovim su obuhvaćene uljane i povrtarske biljne vrste, kao što su kupus, ogrštica, gorušica, potočarka, večernica, rotkva i repa. Isključena je vrsta <i>Lepidium meyenii</i> (maca).
Golubiji grašak	<i>Cajanus</i>	
Slanutak	<i>Cicer</i>	
Agrumi	<i>Citrus</i>	Rodovi <i>Poncirus</i> i <i>Fortunella</i> su uključeni kao podloge.
Kokosov orah	<i>Cocos</i>	
Kozlaci	<i>Colocasia</i>	Najvažniji kozlaci uključuju <i>taro</i> , <i>cocoyam</i> , <i>dasheen</i> i <i>tannia</i> .
Karipsko zelje	<i>Xanthosoma</i>	
Mrkva	<i>Daucus</i>	
Jam	<i>Dioscorea</i>	
Afrički proso	<i>Eleusine</i>	
Jagoda	<i>Fragaria</i>	
Suncokret	<i>Helianthus</i>	
Ječam	<i>Hordeum</i>	
Slatki krompir	<i>Ipomoea</i>	
Grahorica	<i>Lathyrus</i>	
Sočivo	<i>Lens</i>	
Jabuka	<i>Malus</i>	
Manioka	<i>Manihot</i>	Jedino <i>Manihot esculenta</i> .
Banana/Platano	<i>Musa</i>	Osim <i>Musa textilis</i> .
Pirinač	<i>Oryza</i>	
Pennisetum	<i>Pennisetum</i>	
Pasulj	<i>Phaseolus</i>	Osim <i>Phaseolus polyanthus</i> .

Grašak	<i>Pisum</i>	
Raž	<i>Secale</i>	
Krompir	<i>Solanum</i>	Uključena sekcija <i>tuberosa</i> , osim <i>Solanum phureja</i> .
Patlidžan	<i>Solanum</i>	Uključena sekcija <i>melongena</i> .
Sirak	<i>Sorghum</i>	
Tritikale	<i>Triticosecale</i>	
Pšenica	<i>Triticum et al.</i>	Uključujući <i>Agropyron, Elymus i Secale</i> .
Bob/grahorica	<i>Vicia</i>	
Kravljí grašak, duga vigna	<i>Vigna</i>	
Kukuruz	<i>Zea</i>	Isključujući <i>Zea perennis, Zea diploperennis i Zea luxurians</i> .

### Krmne biljne vrste

Rodovi	Vrste
<b>Krmne leguminoze</b>	
<i>Astragalus</i>	<i>chinensis, cicer, arenarius</i>
<i>Canavalia</i>	<i>Ensiformis</i>
<i>Coronilla</i>	<i>Varia</i>
<i>Hedysarum</i>	<i>Coronararium</i>
<i>Lathyrus</i>	<i>cicera, ciliolatus, hirsutus, ochrus, odoratus, sativus</i>
<i>Lespedeza</i>	<i>cuneata, striata, stipulacea</i>
<i>Lotus</i>	<i>corniculatus, subbiflorus, uliginosus</i>
<i>Lupinus</i>	<i>albus, angustifolius, luteus</i>
<i>Medicago</i>	<i>arborea, falcata, sativa, scutellata, rigidula, truncatula</i>
<i>Melilotus</i>	<i>albus, officinalis</i>
<i>Onobrychis</i>	<i>Viciifolia</i>
<i>Ornithopus</i>	<i>Sativus</i>
<i>Prosopis</i>	<i>affinis, alba, chilensis, nigra, pallid</i>
<i>Pueraria</i>	<i>Phaseoloides</i>
<i>Trifolium</i>	<i>alexandrinum, alpestre, ambiguum, angustifolium, arvense, agrocicerum, hybridum, incarnatum, pratense, repens, resupinatum, rueppellianum, semipilosum, subterraneum, vesiculosum</i>
<b>Krmne trave</b>	
<i>Andropogon</i>	<i>Gayanus</i>
<i>Agropyron</i>	<i>crisatum, desertorum</i>

<i>Agrostis</i>	<i>stolonifera, tenuis</i>
<i>Alopecurus</i>	<i>Pratensis</i>
<i>Arrhenatherum</i>	<i>Elatius</i>
<i>Dactylis</i>	<i>Glomerata</i>
<i>Festuca</i>	<i>arundinacea, gigantea, heterophylla, ovina, pratensis, rubra</i>
<i>Lolium</i>	<i>hybridum, multiflorum, perenne, rigidum, temulentum</i>
<i>Phalaris</i>	<i>aquatica, arundinacea</i>
<i>Phleum</i>	<i>Pretense</i>
<i>Poa</i>	<i>alpina, annua, pratensis</i>
<i>Tripsacum</i>	<i>Laxum</i>
<b>Rodovi</b>	<b>Vrste</b>
<b>Ostale krmne biljne vrste</b>	
<i>Atriplex</i>	<i>halimus, nummularia</i>
<i>Salsola</i>	<i>Vermiculata</i>

Multilateralni sistem daje mogućnost naučnim ustanovama i privatnim oplemenjivačkim kućama da svojim radom eventualno unaprede materijal koji se čuva u bankama gena ili čak useva koji se gaje na poljima, a pristup genetičkom materijalu je kroz kolekcije banaka gena u svetu (Cooper, 2002).

Prema Ugovoru i njegovom Multilateralnom sistemu, zbirke lokalnih, nacionalnih i međunarodnih banaka gena, koje su u javnom domenu i pod direktnom kontrolom ugovornih strana, dele niz efikasnih pravila kako bi se olakšao pristup genetičkim resursima. Pravila se odnose, između ostalog, na velike zbirke Konsultativne grupe za međunarodna poljoprivredna istraživanja (*Consultative Group for International Agricultural Research - CGIAR*), konzorcijum od 15 međunarodnih istraživačkih centara i dr. (FAO, online, d). Pored toga, 2008. je osnovan Globalni fond biljnog diverziteta (*Global Crop Diversity Trust*), uspostavljen Ugovorom, kao mehanizam finansiranja koji pomaže održavanju banaka biljnih gena. Standardni sporazum o prenosu materijala (*Standard Material Transfer Agreement - SMTA*) je standardizovani ugovor koji je usvojilo Upravno telo Ugovora i on olakšava stvarni prenos materijala na osnovu Ugovora. Standardni sporazum o prenosu materijala propisuje obaveze davaoca i primaoca genetičkog materijala o detaljima i mehanizmima za korišćenje genetičkih resursa, kao i raspodelu dobiti (FAO, 2009).

Korisnici koji pristupe genetičkom materijalu, preko Multilateralnog sistema, slažu se da će slobodno deliti nova dostignuća s drugim zainteresovanim za dalja istraživanja ili, ako žele da zadrže razvoj za sebe, slažu se da plaćaju procenat koji stiču bilo kakvom stečenom koristi koja proizlazi iz njihovog istraživanja, u zajednički fond za podršku očuvanju i dalji razvoj poljoprivrede u zemljama u razvoju. Multilateralni sistem pristupa i podeli koristi formulisan je članom 10

Ugovora, koji kaže da u odnosima s drugim državama ugovorne strane priznaju suverena prava država nad svojim biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, o čemu odlučuju vlade država potpisnica i nacionalno zakonodavstvo (FAO, online, d).

Ugovorne strane saglasne su da će koristiti koje proizilaze iz upotrebe biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu, u okviru Multilateralne sistema, uključujući i komercijalne, biti pošteno i pravedno podeljene putem sledećih mehanizama, kroz:

- razmenu informacija (katalozi, informacije o tehnologijama, rezultati istraživanja, uključujući i karakterizaciju, procenu i korišćenje BGRHP);
- pristup i transfer tehnologije (olakšan pristup tehnologijama za konzervaciju, karakterizaciju, procenu i korišćenje BGRHP);
- jačanje kapaciteta (izgradnja kapaciteta u BGRHP u odnosu na one biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu koje pokriva Multilateralni sistem) i
- monetarnu razmenu i komercijalizaciju, koja podrazumeva mere kojima bi se postigla komercijalna podela koristi kroz uključivanje privatnog i javnog sektora u aktivnosti, kroz partnerstvo i saradnju, uključujući i saradnju s privatnim sektorom u zemljama u razvoju i zemljama s ekonomijama u tranziciji, u istraživanje i tehnološki razvoj (Cooper, 2002; FAO, 2017a).

## **Globalni informacioni sistem za biljne genetičke resurse**

Globalni informacioni sistem trebalo bi da sprovodi odluke Komisije za biljne genetičke resurse (*Commission for Plant Genetic Resources - CPGR*), ali isto tako i da deluje na području *in situ* i *ex situ* konzervacije, međunarodne saradnje na polju konzervacije, razmene oplemenjivačkog materijala, koordinaciji između banaka gena i učestvovanju u informacionom sistemu (Engels i sar., 2002).

Upravljačko telo je na šestoj sednici 2015. usvojilo viziju i prvi program rada na Globalnom informacionom sistemu (*Global Information System - GLIS*), koji je sadržan u Rezoluciji 3/2015, koji „integriše i unapređuje postojeće sisteme za stvaranje globalne polazne tačke za informisanje i jačanje kapaciteta znanja o biljnim genetičkim resursima, njihovo očuvanje, upravljanje i korišćenje. Sačinjen je i program rada za period 2016 – 2022“ (FAO, online, b; FAO, online, g).

## **Svetska organizacija za intelektualnu svojinu**

Svetsku organizaciju za intelektualnu svojinu (*World Intellectual Property Organization - WIPO*) osnovale su Ujedinjene nacije kao specijalizovanu agenciju zaduženu za pitanja zaštite intelektualne svojine. Sekreterijat Svetske organizacije za intelektualnu svojinu ima širok spektar aktivnosti koje se odnose na

prava intelektualne svojine, uključujući i diplomatske konferencije predstavnika vlasti koje žele da pregovaraju o novim međunarodnim sporazumima. Značajne aktivnosti ove organizacije nalaze se u oblasti biljnih genetičkih resursa, kao što su izrada neobavezujućih smernica, preporuka i studija o specifičnim problemima vezanim za intelektualnu svojinu, za koje je zadužena stručna međuvladina komisija.

Odgovori na pitanja koja se nalaze na raskrsnici intelektualne svojine i biljnih genetičkih resursa dobijeni su u toku pregovora dva multilateralna sporazuma o patentima, Ugovora o patentnom pravu (*Law of Patents*) i Ugovora o materijalnom patentnom pravu (*Substantive Patent Law Treaty*) (WIPO, online; Helfer, 2004). Biljni genetički resursi nalaze se, u izvornom obliku, u prirodi i nisu tvorevine ljudskog uma, i zbog toga ne mogu biti direktno zaštićeni kao intelektualna svojina, međutim biljne sorte razvijene iz genetičkih resursa (vezano za tradicionalno znanje) mogu biti zaštićene patentom ili primenom prava oplemenjivača biljnih sorti (WIPO, online).

Kada je zaštita genetičkih resursa kao intelektualne svojine u pitanju, jedan od problema je „odbrambena zaštita“ genetičkih resursa, koja se odnosi na sprečavanje izdavanja patenata za pronalazke dobijene korišćenjem genetičkih resursa, koji ne ispunjavaju postojeće zahteve za patente, za novinu i inventivnosti. U tom kontekstu, ispitivači koji rade na dodeljivanju patenata, moraju da nađu odgovarajuće odgovore da bi izbegli davanje pogrešnih patenata. Drugi, možda veći problem, odnosi se na moguća izuzeća (diskvalifikaciju) koja nisu u skladu sa obavezama, patentnih prijava predviđenih Konvencijom o biološkom diverzitetu, koje se odnose na prethodno obaveštenje o pristanku na međusobno dogovorene uslove, korektne i pravične podele nadoknade i otkrivanje porekla genetičkog resursa (WIPO, 2015).

Tokom zasedanja Međuvladine komisije 2001, članovi Svetske organizacije za intelektualnu svojinu predložili su sledeći program:

- formiranje baze podataka biljnih genetičkih resursa i dodavanje odgovarajuće klauzule u ugovorima, koji regulišu pristup genetičkim resursima ili zahtevaju raspodelu dobiti,
- proučavanje tehničkih pitanja, kao što je objavljivanje informacija o biodiverzitetu, u vezi s patentnim prijavama,
- formiranje baze tradicionalnog znanja,
- utvrđivanje načina da se dokumentuju genetički resursi i tradicionalno znanje, u javnom domenu i
- proučavanje odgovarajućih zakonskih propisa za zaštitu tradicionalnog znanja (Helfer, 2004).

Zemlje potpisnice Konvencije o biološkoj raznovrsnosti pozvale su 2002. Svetsku organizaciju za intelektualnu svojinu da ispita povezanost pristupa genetičkim resursima sa zahtevima podnošenja aplikacija za zaštitu, uključujući, između ostalog, opciju za stvaranje modela o predloženim zahtevima. Uslov za objavljivanje zahteva na uvid u prijave za zaštitu intelektualne svojine, trebalo

bi da se primeni na sve patente u komunikaciji, sve do Saveta Ugovora o trgovinskim aspektima zaštite intelektualne svojine (*The Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights - TRIPS*), Evropske komisije i njenih država članica. Države članice Evropske komisije smatraju da bi uvid u prijave za zaštitu intelektualne svojine genetičkih resursa trebalo da bude obavezan. To znači da bi uslov za uvid u prijave trebalo da bude realizovan u pravno obavezujućoj formi i na univerzalan način. Generalna skupština Svetske organizacije za intelektualnu svojinu 2004. je odlučila da bi Svetska organizacija za intelektualnu svojinu trebalo pozitivno da odgovori na ovaj poziv.

### ***Međudnos Međunarodnog biodiverziteta i Međunarodne unije za zaštitu novih biljnih sorti vezan za genetičke resurse***

Svaki oplemenjivač traži izvore za stvaranje nove biljne sorte u starim sortama ili divljim srodnicima, koji čine genetičke resurse. Iz tog razloga, potrebno je biljne genetičke resurse sačuvati i zaštititi. Do danas se vodi rasprava između dve međunarodne organizacije, Međunarodnog biodiverziteta (*Biodiversity International - BI*) i Međunarodne unije za zaštitu novih biljnih sorti (*The International Union for the Protection of New Varieties of Plants - UPOV*), o mogućnostima i načinu zaštite biljnih genetičkih resursa kao intelektualne svojine.

Međunarodni biodiverzitet i Međunarodna unija za zaštitu novih biljnih sorti definisali su zajedničke interese vezane za biljne genetičke resurse. Uopšteno gledano, Međunarodna unija za zaštitu novih biljnih sorti promoviše efektivan sistem zaštite novih sorti koje mogu doneti boljitak društvenoj zajednici. Međunarodni biodiverzitet se fokusirao na upotrebu biljnog genetičkog diverziteta, kao vrstu pomoći poljoprivrednim proizvođačima (IBPGR, 2004).

Nedoumica oko rešavanja pitanja zaštite populacija kao intelektualne svojine je u tome da populacija nije sorta, u klasičnom smislu, kako to definiše Međunarodna unija za zaštitu novih biljnih sorti. Populacije predstavljaju samo reprodukciju postojećeg, bez uložene kreativnosti oplemenjivačkog rada. U isto vreme, Međunarodna unija za zaštitu novih biljnih sorti ne može da zabrani korišćenje populacija koje poljoprivrednici unapređuju, održavaju i adaptiraju na postojeće uslove spoljašnje sredine. Predmet dalje diskusije je kako regulativu u vezi sa pravima oplemenjivača uključiti u neformalni sistem snabdevanja semenom malih poljoprivrednih proizvođača, prema njihovim potrebama. Ovakvi poslovi su uglavnom vezani za Međunarodne ugovore o korišćenju genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu.

Međunarodni biodiverzitet radi na stvaranju mogućnosti za upotrebu napred navedenog. Dalja saradnja se nastavlja na harmonizaciji osnova za smernice (deskriptore), koje daju mogućnost unapređenja procesa identifikacije starih sorti i populacija (UPOV, 2004).

Saradnja između Međunarodnog biodiverziteta i Međunarodne unije za zaštitu novih biljnih sorti rezultirala je izradom smernica, koje predstavljaju osnovu glavnih informacionih platformi, kao što su Globalni pristup genetičkim resursima (*The Global Gateway to Genetic Resources -GENESYS*) i Evropski katalog genetičkih resursa (*The European search catalogue for plant genetic resources - EURISCO*), FAO Svetski informacioni sistem, kao i sistem za rano upozoravanje.

Međunarodni biodiverzitet je, u saradnji s drugim međunarodnim organizacijama, razvio šest vrsta smernica:

- smernice za useve,
- FAO/ Međunarodni biodiverzitet pasoške smernice za pokrovne useve (*multi crop*) (MCPD V.2.1),
- smernice za tehnologiju genetičkih markera,
- smernice za ključni pristup i korišćenje biljnih genetičkih resursa,
- smernice za poboljšanje znanja poljoprivrednika o biljkama i
- jezgrovite (*core*) smernice za *in situ* konzervaciju divljih srodnika (Biodiversity International, online, c).

Međunarodni biodiverzitet radi na tome da pomogne zemljama da poboljšaju svoje kapacitete za opis, upravljanje i deljenje informacija o svojim biljnim genetičkim resursima, bez obzira da li se čuvaju u bankama gena ili u njihovom prirodnom okruženju.

U kojoj meri je primena Ugovora u suprotnosti s pravima zaštite intelektualne svojine je neizvesno, ali suprotnosti postoje zbog činjenice da Ugovor predstavlja pokušaj da se zadovolje njegovi potpisnici, čiji se interesi često vide kao različiti u odnosu na zaštitu intelektualne svojine.

Fowler (2003) navodi da se u preambuli Ugovora potvrđuju prava priznata u smislu čuvanja, upotrebe, razmene i prodaje „semena s tavana” i drugog materijala za umnožavanje, koji ima fundamentalni značaj za realizaciju Prava poljoprivrednika. Jedina referenca u Ugovoru, koja priznaje prava poljoprivrednika, pojavljuje se u članu 9.3, koji kaže da se to pravo bliže određuje nacionalnim zakonom, a prihvatanje pomenutih prava bilo bi u suprotnosti sa zakonima o intelektualnoj svojini u mnogim zemljama.

## **Biljni genetički resursi i Evropska unija**

### ***Zakonska regulativa***

Evropska unija potpisala je Konvenciju o biološkom diverzitetu 1992. Međunarodni sporazum o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, globalni okvir za pristup poljoprivrednim biljnim genetičkim resursima koji su na snazi od 2004, Evropska unija i svih 28 zemalja članica su ratifikovale.

Važan deo Ugovora je Standardni sporazum o prenosu materijala (*The Standard Material Transfer Agreement - SMTA*) za pristup genetičkim resursima i koristi od ostvarene dobiti, ako su proizvodi koji proizilaze iz ovog materijala komercijalizovani. SMTA je usvojen 2006. i Sporazum obuhvata preko 1,5 miliona uzoraka sa 444000 transfera preko SMTA godišnje. Evropska unija je potpisala Nagoja protokol<sup>21</sup>, s izuzetkom Latvije.

Direktiva Saveta Evropske unije 92/43/EEC (EC, 1992) od 21.5.1992. o konzervaciji prirodnih staništa, govori o očuvanju prirodnih staništa i divlje flore i faune, što čini osnovni dokument Evropske unije za očuvanje prirode i genetičkih resursa. Direktiva EK broj 92/43/EEC propisuje osnovne smernice za zaštitu biološke raznovrsnosti u Evropskoj uniji, a cilj ovih smernica je da doprinesu zaštiti biološke raznovrsnosti kroz očuvanje prirodnih životnih prostora (staništa) i divljih biljnih i životinjskih vrsta na teritoriji država članica na koje se sporazum odnosi (EC, 1992). Direktiva je dovela do osnivanja mreže posebnih zaštićenih oblasti koje zajedno s postojećim posebnim oblastima zaštite čine mrežu zaštićenih lokacija širom Evropske unije, pod nazivom Priroda 2000 (Natura 2000). Član 17 direktive zahteva od država članica Evropske unije da podnesu izveštaj o stanju svojih zaštićenih područja svakih šest godina, i prvi kompletan izveštaj je dobijen 2007 (EC, 2019).

### ***Evropski programi o genetičkim resursima***

Evropski koordinacioni program za biljne genetičke resurse (*The European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources - ECPGR*), koji ima za cilj da obezbedi dugoročno očuvanje i korišćenje biljnih genetičkih resursa, osnovan je 1980. na osnovu preporuka iz Programa Ujedinjenih nacija za razvoj (*United Nations Development Programme - UNDP*), Organizacije za hranu i poljoprivredu i Komiteta banke gena evropske asocijacije za istraživanja u oplemenjivanju (*Genebank Committee of the European Association for Research on Plant Breeding - EUCARPIA*) (Maggioni, 2010).

Evropski katalog za biljne genetičke resurse (*The European Search Catalogue for Plant Genetic Resources - EURISCO*) publikuje sekretarijat Evropskog programa saradnje za biljne genetičke resurse, u saradnji i u ime država članica, koji daje informacije o 1,8 miliona gajenih biljaka u čijem očuvanju učestvuje skoro 400 instituta u Evropi i šire. EURISCO se održava kao program Evropske saradnje na biljnim genetičkim resursima. Zasnovan je na radu mreža nacionalnih kolekcija 43 zemlje članice i predstavlja važan napor u očuvanju svetskog agrobiološkog diverziteta, pružanjem informacija o velikoj genetičkoj

---

<sup>21</sup> Uredba EK broj 511/2014 Evropskog parlamenta i Saveta odnosi se na mere usaglašenosti za korisnike, potpisnike Nagoja protokola o pristupu genetičkim resursima i korektnoj i ravnopravnoj raspodeli dobiti prilikom njihovog korišćenja u Uniji (EC, 2014).



raznovrsnosti koja se nalazi u zbirkama zemalja saradnika. Evropski katalog za biljne genetičke resurse, pored toga, pomaže zemljama članicama u ispunjavanju zakonskih obaveza i obaveza u pogledu Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima, Drugog globalnog plana akcije za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija i dr. (Weise i sar., 2017).

EURISCO je sarađivao s Međunarodnim biodiverzitetom, koji ima sedište u Rimu, u periodu između 2003. i 2014, a od 2014. EURISCO se nalazi u Lajbnic Institutu za biljnu genetiku i istraživanje gajenih biljaka (*The Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research - IPK*), Gatersleben, Nemačka. EURISCO ima za cilj obezbeđenje brzog i jednostavnog načina dostavljanja informacija korisnicima biljnih genetičkih resursa i ima pasoške i fenotipske podatke za genetičke resurse koje poseduje (EURISCO, online).

Prvi evropski program, koji se odnosio na poljoprivredne genetičke resurse, zvao se GENRES (skraćenica od genetic resources) i odnosio se na konzervaciju, karakterizaciju, sakupljanje i korišćenje genetičkih resursa u poljoprivredi, a našao je osnovu u Uredbi saveta EK 1467/94 (EC, 1994) o konzervaciji, karakterizaciji, prikupljanju i upotrebi genetičkih resursa u poljoprivredi. U svetlu ciljeva Zajedničke poljoprivredne politike, aktivnosti na konzervaciji, karakterizaciji, prikupljanju i korišćenju genetičkih resursa u poljoprivredi, koje su preduzete u zemljama članicama, koordinisane su i odnose se na promovisanje pomenutih aktivnosti na nivou Zajednice, pod uslovima propisanim u Uredbi. Finansiran je jedan projekat o šumarstvu, 16 projekata o biljnim genetičkim resursima i četiri projekta o životinjskim genetičkim resursima. Program je započeo 1996, a završio se 2005.

Novi program nazvan GENRES II je zatim uspostavljen na pravnom osnovu Uredbe saveta EK broj 870/2004 (EC, 2004) koji sadrži jasnu referencu za multinacionalni aranžman u okviru Konvencije o biološkoj raznovrsnosti i Organizacije za hranu i poljoprivredu. Uredbom EK broj 870/2004, koja se odnosi na uspostavljanje programa Zajednice o očuvanju, karakterizaciji, prikupljanju i korišćenju genetičkih resursa u poljoprivredi i Uredbi o ukidanju EK broj 1467/94 (EC, online), predviđeno je sufinansiranje 17 akcija, pet o životinjskim resursima, jedan o šumarstvu i 11 o biljnim genetičkim resursima, koji je počeo 2007. Dodeljeni budžet programu bio je okvirno 10 miliona evra, program je započeo 2007, a trajao je naredne četiri godine.

Naredni mehanizam koji je imao finansijsku podršku Evropske unije odnosio se na očuvanje biljnog i životinjskog biodiverziteta u EU, zasnovanom na politici ruralnog razvoja. Uredba Saveta EK broj 1305/2013 (EC, 2013) omogućila je podršku ruralnom razvoju zemljama članicama Evropske unije, koristeći sredstva iz Evropskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj (*European Agricultural Fund for Rural Development - EAFRD*). Član 28 Uredbe omogućava plaćanja poljoprivrednicima koji su pristali na dobrovoljna agroekološka istraživanja. Uredba Komisije EK broj 808/2014, koja propisuje pravila za primenu Uredbe EK broj 1305/2013 Evropskog parlamenta i Saveta o podršci ruralnom

razvoju od strane Evropskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj (*The European Agricultural Fund for Rural Development - EAFRD*), utvrdila je detaljne odredbe za sprovođenje Uredbe Saveta EK broj 1305/2013 (EC, 2013).

Izvršena je implementacija Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu u državama članicama Evropske unije, koje je Komisija usvojila Uredbom EK broj 511/2014 od 16. aprila 2014 (EC, 2014). Uredba 511/2014 se odnosi na mere usaglašenosti za korisnike iz Nagoja Protokola o pristupu genetičkim resursima i korektnoj podeli i ravnopravnoj pogodnosti koje proističu iz njihovog korišćenja, i predviđa pravnu pozadinu za sprovođenje obaveznih elemenata Nagoja protokola u Evropskoj uniji. Uredba EK broj 2015/1866 propisuje detaljna pravila za sprovođenje Uredbe EK broj 511/2014, vezane za registre zbirke genetičkih resursa, praćenja poštovanja korisnika i najbolje poljoprivredne prakse (EC, 2015).

Evropski istraživački projekat o biljnim genetičkim resursima u poljoprivredi bio je Sedmi okvirni program (Seventh Framework Programme - FP 7), osmišljen da ojača saradnju istraživača na nivou Evropske unije, pojača tehnološki razvoj i saraduje sa trećim zemljama i međunarodnim organizacijama na polju genetičkih resursa. Pravni osnov za sprovođenje projekta obezbeđen je u Odluci Evropskog parlamenta EK broj 1982/2006, koja se odnosi na Sedmi okvirni program Evropske zajednice za istraživanje, tehnološki razvoj i ogledne aktivnosti (2007-2013) (EC, 2006). Nastavak pomenutog projekta odvija se kroz naučno istraživački Horizon 2020, koji tretira pitanja vezana za genetičke resurse i s njima povezana istraživanja, a koji je trajao, kako je to u naslovu projekta naznačeno, do 2020.

### ***Evropske akcije i strategije o očuvanju biljnih genetičkih resursa***

Pripremni postupak EU o zaštiti i održivom korišćenju biljnih i životinjskih genetičkih resursa u poljoprivredi i šumarstvu izvršen je od 2014. do 2016. Tokom izvođenja studije dobijeni su dokazi koji su uključivali mapiranje genetičkih resursa, vršenje tekućih aktivnosti u koje su bile uključene zainteresovane strane i pregled postojeće literature. Obavljeno je preko tri stotine intervjuova s akterima i nadležnim organima, 21 studija slučaja dobre prakse, kao i sedam tematskih radionica koje pokrivaju metodološka pitanja. Rezultati studije podeljeni su tokom konferencije zainteresovanim stranama i nadležnim organima. Pripremne akcije imale su za cilj kako naći put ka održivom korišćenju tih resursa. Pripremna akcija uključivala je svih 28 zemalja članica u sledećim domenima:

- biljni genetički resursi,
- životinjski genetički resursi,
- šumski genetički resursi i
- mikrobiološki genetički resursi i resursi beskičmenjaka (EC, 2017)

Strategija biodiverziteta u Evropskoj uniji do 2020. uključuje akciju o očuvanju evropske poljoprivredne genetičke raznolikosti podsticajima koji obuhvataju agroekološke mere i istraživanje prostora za razvijanje strategije za očuvanje genetičke raznovrsnosti.

Sedam pripremnih tema se nalaze u fokusu programa:

1. unapređenje komunikacije između zemalja članica u vezi s dobrom praksom i usklađivanje napora u očuvanju i održivom korišćenju genetičkih resursa,
2. unapređenje mreže među ključnim akterima i spoljnim korisnicima, u smislu istraživanja marketinga i drugih vidova saradnje, kao što je to obezbeđenje sistemom kvaliteta i kratkim lancima snabdevanja,
3. unapređenje razmene znanja i istraživanja genetičke raznovrsnosti u poljoprivrednim sistemima,
4. prilagođavanje metoda oplemenjivanja i zakonodavnog okvira, za potrebe očuvanja i održivog korišćenja genetičkih resursa,
5. doprinos za uspešno sprovođenje mera ruralnog razvoja, koje se tiču genetičke raznovrsnosti u poljoprivredi,
6. istraživanja uskih grla i unapređenje uslova za održivo korišćenje genetičkih resursa u poljoprivredi i
7. smanjenje administrativah opterećenja, kako bi se obezbedilo lakše sprovođenje pomenutih akcija (EC, 2017).

U pripremnim aktivnostima potrebno je:

- identifikovati, opisati i analizirati aktivnosti na očuvanju i održivom korišćenju poljoprivrednih i šumskih genetičkih resursa, kako bi se obezbedile relevantne informacije vezane za sedam različitih prethodno opisanih tema i
- identifikovati nedostajuće veze i oblasti koje bi trebalo razmotriti u budućim akcijama za očuvanje i održivo korišćenje genetičkih resursa u poljoprivredi i šumarstvu, odnosno kao doprinos istraživanju obima za razvoj strategije očuvanja genetičke raznovrsnosti u Evropskoj uniji (EC, 2017).

Veće Evropske unije usvojilo je 9. oktobra 2017, na sedmoj sednici upravnog organa, zaključke Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu. Zaključci se odnose na ulogu biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu u sprovođenju Agende 2030 za održivi razvoj, kao i

pristupu multilateralnom sistemu, podelu koristi dobijene od genetičkih resursa i strategije finansiranja utvrđene ugovorom. Savet se u svojim zaključcima poziva na upravljačko telo Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, koje bi trebalo da poboljša funkcionisanje postojećeg multilateralnog sistema, proširi obim istraživanja i poveća finansijska sredstva. U zaključcima Saveta ukazuje se na značajan doprinos poljoprivrednika i lokalnih zajednica u očuvanju i razvoju biljnih genetičkih resursa, kao i značaj sporazuma o Pravima poljoprivrednika (EC, 2017).

## **Biljni genetički resursi i Republika Srbija**

### ***Zakonska regulativa***

Zakonska regulativa vezana za genetičke resurse u Srbiji oskudna je, ali zato postoje, iako opet nedovoljne, druge vrste aktivnosti, vezane za biljne genetičke resurse, kao što su Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011. do 2018, Strategija zaštite prirode 2011. do 2018, Predlog strategije zaštite prirode za period od 2019. do 2025, Podrška razvojne mreže jugoistočne Evrope o održavanju genetičkih resursa u Republici Srbiji, Podrška Evropskog kooperativnog programa biljnih genetičkih resursa u Republici Srbiji i dr.

*Zakon o zaštiti prirode* donelo je Ministarstvo zaštite životne sredine, a objavljen je u Službenom glasniku Republike Srbije (Sl. glasnik RS”, br. 2009d, 2010, 2010a - ispr., 2016a i 2018 - dr. zakon). Zakonom se uređuje zaštita i očuvanje prirode, biološke, geološke i predeone raznovrsnosti, kao dela životne sredine (Sl. glasnik R.S., 2018a).

Zakon o zaštiti prirode ima ukupno sedam načela, od kojih su za očuvanje biodiverziteta od posebne važnosti načela od 1 do 4:

- 1.,načelo visokog stepena zaštite prirode - svako je dužan da pri preduzimanju aktivnosti ili vršenju delatnosti doprinese zaštiti i unapređivanju prirode, biološke, geološke i predeone raznovrsnosti, očuvanju opšte korisnih funkcija prirode i prirodne ravnoteže,
- 2.načelo održivog korišćenja prirodnih resursa - može se vršiti samo do stepena i na način kojima se ne ugrožava raznovrsnost i funkcionisanje prirodnih sistema i procesa,
- 3.načelo primene mera i uslova zaštite prirode - u korišćenju prirodnih resursa i zaštićenih prirodnih dobara, planiranju i uređenju prostora, primenjuju se načela, mere i uslovi zaštite prirode,
- 4.načelo integrisane zaštite - zaštita prirode sastavni je deo strategije održivog razvoja, prostornog i urbanističkog planiranja i drugih planova, programa i osnova” (Sl. glasnik R.S., 2018a).

*Zakon o zaštiti životne sredine*, donelo je Ministarstvo zaštite životne sredine 2018, a objavljen je u Službenom glasniku Republike Srbije broj 95 (Sl. glasnik R.S., 2004; 2009e; 2009f, 72/2009- i dr. zakoni, 43/2011a - odluka US, 14/2016

- dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon). Zakonom o zaštiti životne sredine uređuje se zaštita životne sredine i uravnotežen odnos privrednog razvoja i životne sredine u Republici Srbiji, održivo upravljanje, očuvanje prirodne ravnoteže, celovitosti, raznovrsnosti i kvaliteta prirodnih vrednosti i uslova za opstanak svih živih bića (Sl. glasnik R.S., 2018b).

Zakon o zaštiti životne sredine ima ukupno jedanaest načela, od kojih su zbog važnosti za biodiverzitet, ovde biti pomenuta samo tri, i to načelo 2, 3, i 4.

- „Načelo prevencije i predostrožnosti - svaka aktivnost mora biti planirana i sprovedena na način da: prouzrokuje najmanju moguću promenu u životnoj sredini, predstavlja najmanji rizik po životnu sredinu i zdravlje ljudi, smanji opterećenje prostora i potrošnju sirovina i energije u izgradnji, proizvodnji, distribuciji i upotrebi, uključi mogućnost reciklaže i spreči ili ograniči uticaj na životnu sredinu na samom izvoru zagađivanja.

Načelo predostrožnosti ostvaruje se procenom uticaja na životnu sredinu i korišćenjem najboljih raspoloživih i dostupnih tehnologija, tehnika i opreme.

Nepostojanje pune naučne pouzdanosti ne može biti razlog za nepreduzimanje mera sprečavanja degradacije životne sredine u slučaju mogućih ili postojećih značajnih uticaja na životnu sredinu.

- Načelo očuvanja prirodnih vrednosti - prirodne vrednosti koriste se pod uslovima i na način kojima se obezbeđuje očuvanje vrednosti geodiverziteta, biodiverziteta, zaštićenih prirodnih dobara i predela (Sl. glasnik R.S., 2018b).

Neobnovljivi prirodni resursi koriste se pod uslovima koji obezbeđuju njihovo dugoročno ekonomično i razumno korišćenje, uključujući ograničavanje korišćenja strateških ili retkih prirodnih resursa i supstituciju drugim raspoloživim resursima, kompozitnim ili veštačkim materijalima.

- Načelo održivog razvoja - održivi razvoj je usklađeni sistem tehničko-tehnoloških, ekonomskih i društvenih aktivnosti u ukupnom razvoju u kojem se na principima ekonomičnosti i razumnosti koriste prirodne i stvorene vrednosti Republike Srbije sa ciljem da se sačuva i unapredi kvalitet životne sredine za sadašnje i buduće generacije” (Sl. glasnik R.S., 2018b).

*Zakon o potvrđivanju Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu* donelo je Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, a objavilo ga je u Službenom glasniku RS - Međunarodni ugovori broj 1 od 30. januara 2013 (Sl. glasnik R.S., 2013).

S obzirom na to da je Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva Republike Srbije Zakonom o potvrđivanju Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, ustvari preuzelo tekst Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, nije potrebno davati dodatna objašnjenja Zakona.

# Strategije biološke raznovrsnosti

## Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011. do 2018.

Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011. do 2018. koja je doneta na osnovu Zakona o Vladi 2011 (Sl. list R.S., 2005, Sl. list R.S., 2007, Sl. list R.S., 2008). Republika Srbija, priznaje i podržava globalne strateške ciljeve biodiverziteta, ciljeve usvojene na desetom sastanku država članica Konvencije održanom u oktobru 2010. u Nagoji. Republika Srbija je odvajanjem od Crne Gore postala potpisnica Deklaracije o životnoj sredini i održivom razvoju 2001. Aktivnosti o istraživanju biodiverziteta u prethodnom periodu odnosile su se uglavnom na prikupljanje kvalitativnih i kvantitativnih podataka o stanju vrsta, staništa i ekosistema. Međutim, i pored ovih aktivnosti, inventarizacija biodiverziteta u Republici Srbiji je još uvek nedovršena.

Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije u Uvodu naznačava da je osnov za donošenje Strategije Konvencija o biološkoj raznovrsnosti Ujedinjenih nacija, koja priznaje suvereno pravo svake države potpisnice da raspolaže svojim genetičkim resursima, ali se od država očekuje da pruže podršku za tri osnovna cilja Konvencije:

- 1 zaštitu biološke raznovrsnosti,
- 2 održivo korišćenje komponenti biodiverziteta i
- 3 pravičnu raspodelu dobiti nastalu od korišćenja genetičkih resursa.

U Strategiji se navode osnovna načela zaštite biodiverziteta, a ona su:

1. Načelo očuvanja *in-situ* - najefikasnije očuvanje biološkog diverziteta je *in situ*.
2. Načelo integralnosti - državni organi, odnosno organi autonomne pokrajine, kao i organi jedinice lokane samouprave, promovišu i pomažu integraciju zaštite i unapređivanja biodiverziteta u sve sektorske politike, sprovođenjem međusobno usaglašenih planova i programa i primenom propisa kroz sistem dozvola, tehničkih i drugih standarda i normativa, kao i finansiranjem zaštite biodiverziteta kroz podsticajne i druge mere.
3. Načelo prevencije i predostrožnosti - svaka aktivnost mora biti planirana i sprovedena na način da izaziva najmanju moguću promenu u životnoj sredini, predstavlja najmanji rizik po biodiverzitet i prirodne ekosisteme, smanji opterećenje prostora i potrošnju sirovina i energije u izgradnji, proizvodnji, distribuciji i upotrebi, uključi mogućnost reciklaže, spreči ili ograniči uticaj na životnu sredinu na samom izvoru zagađivanja. Načelo predostrožnosti ostvaruje se procenom uticaja na životnu sredinu i korišćenjem najboljih raspoloživih i dostupnih tehnologija, tehnika i opreme“ (Radović i Kozomara, 2011).

Cilj dela Strategije je da prikaže podatke o stanju biološke raznovrsnosti u Republici Srbiji, onog što je poznato o vrstama, ekosistemima i genetičkoj raznovrsnosti, i način na koji je država uredila ovu oblast.

Strategija biološke raznovrsnosti sa akcionim planom je u punoj saglasnosti i sa Strategijom održivog razvoja Republike Srbije, kojom je projektovano dostizanje nivoa izdvajanja u zaštitu životne sredine od 1,5% BDP do 2014, dok je dostizanje ciljanog izdvajanja za zaštitu životne sredine od 2,5% BDP bilo predviđeno u 2017, što odgovara nivou investicija u životnu sredinu novih država članica EU iz centralne Evrope u periodu pre pristupanja“ (Sl. glasnik RS, 2011b).

U Strategiji biološke raznovrsnosti navodi se, da kada su genetički resursi u pitanju, Republiku Srbiju karakteriše velika genetička, specijska i ekosistem-ska raznovrsnost. Visokoplaninska i planinska oblast Republike Srbije, kao deo Balkanskog poluostrva, predstavlja jedan od ukupno šest centara evropskog biodiverziteta. Uz to, Republika Srbija je po bogatstvu flore potencijalno jedan od globalnih centara biljne raznovrsnosti. Iako sa 88361 kvadratnih kilometara Republika Srbija čini samo 2,1% kopna Evrope, biološka raznovrsnost različitih grupa živih organizama je visoka. Na području Republike Srbije nalazi se:

- 1) 39% vaskularne flore Evrope,
- 2) 51% faune riba Evrope,
- 3) 49% faune gmizavaca i vodozemaca Evrope,
- 4) 74% faune ptica Evrope,
- 5) 67% faune sisara Evrope (Radović i Kozomara, 2011).

„Genetički resursi koji imaju značaj za proizvodnju hrane i poljoprivredu održavaju se u tradicionalnim poljoprivrednim sistemima ili u *ex situ* uslovima. Iako je do sada opisano preko 1200 biljnih zajednica, smatra se da ih u Republici Srbiji realno ima između 700 i 800. Balkanski endemiti čine oko 14,9% flore Republike Srbije (547 vrsta), dok lokalne endemične vrste čine 1,5% (59 vrsta). Pored raznovrsnosti biodiverziteta, Strategija obuhvata i Crvenu listu ugroženih vrsta koja predstavlja najobuhvatniji svetski inventar statusa zaštite biljaka i koja procenjuje rizik od nestanka vrsta i podvrsta. To su jedinstveni kriterijumi koji se podjednako primenjuju na sve vrste i regione. Crvena lista počiva na naučnim saznanjima, što je čini relevantnim izvorom podataka o stanju biološke raznovrsnosti u svetu” (Sl. glasnik RS, 2011b).

### **Strategija zaštite prirode za period od 2019. do 2025.**

Predlog Strategije zaštite prirode Republike Srbije pripremljen je u skladu s novim Zakonom o planskom sistemu Republike Srbije (Sl. glasnik R.S., 2018c) i jedan je od osnovnih dokumenata za zaštitu prirode i osnovni instrument za sprovođenje potvrđenih međunarodnih ugovora u oblasti zaštite prirode,

kojim se određuju dugoročni ciljevi i mere očuvanja biološke i geološke raznovrsnosti i predela i način njihovog sprovođenja.

Postupak izrade Predloga strategije zaštite prirode Republike Srbije za period 2019. - 2025, započet je u okviru projekta „Planiranje očuvanja biološke raznovrsnosti na nacionalnom nivou, kao podrška implementaciji Strateškog plana Konvencije o biološkoj raznovrsnosti za period 2011 - 2020 u Republici Srbiji“, koji je finansirao Globalni fond za životnu sredinu (*Global Environment Fund - GEF*) u saradnji sa UNDP kao implementacionom agencijom i završen je krajem 2016.

Sastavni deo ove strategije je revidirana Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011. do 2018, produženjem perioda na koji se donosi, do 2025, a u skladu sa globalnim Strateškim planom 2011-2020. i Aiči<sup>22</sup> ciljevima zaštite biodiverziteta (*Aichi Biodiversity Targets*), koji su doneti u okviru UN Konvencije o biološkoj raznovrsnosti.

Strategija zaštite prirode jedan je od osnovnih strateških dokumenata zaštite prirode, kojom se utvrđuju dugoročni planski okvir i politika integralne zaštite prirode, uključujući očuvanje biodiverziteta, predela i geonasleđa i izrađuje se na osnovu Izveštaja o stanju prirode koji podnosi nadležni Zavod za zaštitu prirode Srbije, u saradnji sa Pokrajinskim zavodom za zaštitu prirode.

Dugoročni planski okvir i politika integralne zaštite prirode utvrđuju se na osnovu stanja biološke i geološke raznovrsnosti i raznovrsnosti predela, opšti i posebni ciljevi su jasno određeni, merljivi, prihvatljivi, realni i vremenski određeni u Akcionom planu za sprovođenje Strategije zaštite prirode koji čini njen sastavni deo (tekst preuzet sa sajta Ministarstva zaštite životne sredine, 2018).

## ***Status biljnih genetičkog resursa u Republici Srbiji***

U Republici Srbiji se za hranu i komercijalnu poljoprivrednu proizvodnju koriste 193 biljne vrste, koje se označavaju kao mandatne vrste, podeljene u sledeće grupe: žita (12 vrsta), industrijske biljke (19 vrsta), krmne biljke (43 vrste), povrće (71 vrsta), voće i vinova loza (48 vrsta) i preko 400 vrsta lekovitih

---

<sup>22</sup>Aiči ciljevi zaštite biodiverziteta su:

**Strateški cilj A:** Upoznavanje sa osnovnim uzrocima gubitka biodiverziteta do usmeravanja biodiverziteta preko vlade i društva

**Strateški cilj B:** Smanjiti direktne pritiske na biodiverzitet i promovisati održivi razvoj

**Strateški cilj C:** Poboljšati status biodiverziteta, kroz očuvanje ekosistema, vrsta i genetičke raznolikosti

**Strateški cilj D:** Povećati korist svima od biodiverziteta i usluga ekosistema

**Strateški cilj E:** Povećati realizaciju kroz participativno planiranje, upravljanje znanjem i izgradnju kapaciteta (CBD, online, e)



biljaka. Nije poznat tačan broj biljnih genetičkih resursa u Republici Srbiji, iz razloga što ne postoji Nacionalni inventar biljnih genetičkih resursa, a procena je da se u Republici Srbiji čuva oko 25000 uzoraka sorti, starih sorti i lokalnih populacija gajenih biljaka, u obliku semena, i oko 3500 uzoraka voća i vinove loze u kolekcijama *ex situ*. U Republici Srbiji postoji oko 20 kolekcija smeštenih u nacionalnoj Banci biljnih gena i institutima (Mladenović Drnić i Savić Ivanov, 2017).

Kada se govori o genetičkim resursima strnih žita i kukuruza, ekonomski najvažnijih biljnih vrsta u Republici Srbiji, prema proceni (tačni zvanični podaci ne postoje) ima 8545 uzoraka iz grupe žita i kukuruza. Uzoraka pšenice (*Triticum* sp.) ima 1509, ječma (*Hordeum vulgare*) 447 uzoraka, ovsu (*Avena sativa*) 260 i raži (*Secale cereale*) 46 i kukuruza (*Zea mays*) 6384. *In situ* se održava 2758 uzoraka (sorti, oplemenjenih linija, populacija i srodnika) u kolekcijama germplazme državnih i privatnih institucija, kao i na poljima poljoprivrednika. *Ex situ* se održava 5888 uzoraka, od čega 2938 u nacionalnoj kolekciji, koja obuhvata 323 uzorka meke pšenice, 116 uzoraka tvrde pšenice, 117 uzoraka ječma, 180 uzoraka ovsu, 18 uzoraka raži i 2184 uzoraka kukuruza (Prodanović i sar., 2009). Nacionalna kolekcija se čuvala u Institutu za kukuruz Zemun Polje, a od 2015. se čuva u Nacionalnoj banci gena Republike Srbije (Anđelković, lična komunikacija). Podaci se mogu uzeti kao orijentacija, jer su do sada sigurno promenjeni.

U prošlosti, a i danas, u Srbiji je organizovan rad na domaćim i međunarodnim projektima sa ciljem očuvanja genetičkih resursa povrća, a prikupljeni uzorci se nalaze u Banci biljnih gena Republike Srbije i u bankama gena širom sveta, dok se značajan deo čuva u kolekcijama naših instituta. Uzorci su opisani na pasoškom nivou, a oni u kolekcijama instituta i detaljnije, međutim, sve to je nedovoljno (Lazić i sar., 2009). Poslednjih decenija u Srbiji mnogim populacijama i biljnim vrstama povrća pretila opasnost od nestajanja. Mnoga sela zamiru, retko koje domaćinstvo održava seme za sopstvene potrebe, a nestanak mnogobrojnih vrednih genotipova još više ubrzavaju nepovoljni vremenski uslovi. Najčešće u baštama, eventualno se još mogu naći vrste i sorte koje su gotovo prestale da se gaje na većim površinama. Za prikupljanje genetičkih resursa u Republici Srbiji organizuju se ekspedicije, mada ih je mali broj, nesistematične su i bez jasnog izvora finansiranja, a s državne sortne liste Republike Srbije poslednjih godina je skinut veliki broj sorti i vrsta povrća koje su se tradicionalno gajile kod nas (Lazić i sar., 2017).

U našoj zemlji izdvajaju se tri važna povrtarska reona: Ravničarski (duž reka Dinava, Tise i Save), Moravski (uz tri Morave i njihove pritoke) i Brdsko-planinski (istočna, jugoistočna i zapadna područja, Kosovo i Metohija). U tim regionima, u gajenoj i spontanoj flori, treba tražiti i genetičke resurse povrća, raznolike domaće i odomaćene populacije, nastale zahvaljujući prilagođavanju specifičnim abiotičkim i biotičkim činiocima, uključujući tu i izbor uzgajivača. Prva od akcija „dovođenja u red“ postojećih genetičkih resursa povrća, bila je

šezdesetih godina prošlog veka, u vreme intenzivnog razvoja poljoprivredne proizvodnje u tadašnjoj Jugoslaviji (Aleksić i sar., 1969). Danas se u oplemenjivačkim kolekcijama dva Instituta u Srbiji koja se bave povrćem, u Smederevskoj Palanci i Novom Sadu, nalazi preko 4000 uzoraka, neki od njih i iz prvog perioda prikupljanja (Vasić i sar., 2011). Od sveg biodiverziteta u Srbiji, kao povrće bi se moglo koristiti oko 150 vrsta biljaka, a koristi se oko 70, kao gajeno i samoniklo povrće. Lokalne populacije i stare sorte, uz samoniklo bilje i divlje srodnike, čine najvažnije genetske resurse jednog područja. Lokalne populacije i stare sorte, nastale izborom lokalnog stanovništva tokom dugog niza godina, prilagođene su klimatskim prilikama, navikama u načinu gajenja i ishrani i najčešće su dobrih nutritivnih vrednosti (Lazić, 2011).

Flora Republike Srbije pripada mediteranskom basenu, jednom od divergentnih centara sa velikim brojem biljnih vrsta, koje u spontanoj flori nose raznovrsnost formi za oplemenjivanje krmnih biljaka. Cilj očuvanja genetičkih resursa krmnog bilja je upravo očuvanje vrsta iz porodica višegodišnjih trava i jednogodišnjih leguminoza. Porodica *Fabaceae*, zastupa krmne biljne vrste u flori Srbije sa 34 roda sa najvažnijim: *Trifolium*, *Vicia*, *Medicago* i *Lotus*, dok je porodica *Poaceae* zastupljena sa 70 rodova od kojih su sa aspekta produkcije i kvaliteta krmnih vrsta važni: *Poa*, *Phleum*, *Festuca*, *Lolium*, *Agrostis*, *Dactylis* i *Bromus*. Pre 20 godina počelo se sa kolekcionisanjem krmnih biljaka u Institutu za krmno bilje u Kruševcu, nešto kasnije u Institutu u Zaječaru i Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, Odeljenju za krmno bilje u Novom Sadu. Rezultat toga rada su 283 uzoraka, 159 višegodišnjih legiminoza i 124 višegodišnjih trava, koje se danas čuvaju u Nacionalnoj banci gena. Svi uzorci su obrađeni po odgovarajućim deskriptorima Međunarodnog biodiverziteta za vrste *Medicago sativa* 71 uzorak, *Trifolium pratense* 24, *Trifolium repens* 53, *Trifolium montanum* 4, *Trifolium hybridum* 6, *Lotus corniculatus* 1, *Agrostis stolonifera* 34, *Agrostis gigantea* 15, *Agrostis capillaries* 35, *Lolium perenne* 10, *Lolium multiflorum* 4, *Dactylic glomerata* 12, *Festuca arundinacea* 5, *Festuca pratensis* 3, *Festuca rubra* 2 i *Phleum pratense* 4 uzorka (Tomić i sar., 2009; Tomić i sar., 2010).

## **Podrška razvojne mreže jugoistočne Evrope održavanju genetičkih resursa u Republici Srbiji**

Švedska međunarodna razvojna agencija (*Swedish International Development Agency - SIDA*) pokrenula je desetogodišnji program podrške za očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa u jugoistočnoj Evropi (*South East European Development Network - SeedNet*), jula 2004. Koordinator projekta bili su Švedski centar za biodiverzitet (*The Swedish Biodiversity Centre - CBM*) i Švedski univerzitet za poljoprivredu (*Swedish University of Agricultural Sciences*). U ime jugoistočne Evrope, projektom je rukovodio Poljoprivredni institut Slovenije. Jedna od najvažnijih odluka u vezi mreže jeste davanje man-

data Sloveniji da predstavlja interese SeedNet partnera u Evropskoj uniji, nakon ulaska Slovenije u ovu organizaciju, s ciljem da se osigura da ovaj evropski podregion učestvuje u raspodeli koristi od projekata Evropske unije, u oblasti biljnih genetičkih resursa. Tehničke usluge za SeedNet aktivnosti pružila je Nordijska banka gena (*Nordic Genetic Resource Center - NordGen*). SeedNet (razvojna mreža) projekat odvijao se u periodu od 2003. do 2010, s ciljem da se podigne i izjednači nivo razvoja rada u oblasti genetičkih resursa u regionu, te da se zainteresovane strane, na nacionalnom i regionalnom nivou, umreže i saraduju na očuvanju i korišćenju biljnih genetičkih resursa, velikog prirodnog bogatstva ovog područja. Osim kolekcionisanja uzoraka genetičkih resursa, u okviru projekta SeedNet, preko predavanja i stručnih članaka podizana je javna svest o značaju genetičkih resursa i rada s njima (Lazić i sar., 2017).

Primarni cilj SeedNet projekta je bio doprinos dugoročnom čuvanju i održivom korišćenju diverziteta biljnih genetičkih resursa unutar regiona jugoistočne Evrope, uz pomoć dobro koordinisane mreže funkcionalnih nacionalnih programa. Mreža, koja je obuhvatala devet institucija iz Albanije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Hrvatske, Kosova, Makedonije, Srbije i Slovenije, pružila je preko potrebnu dugoročnu podršku nacionalnim aktivnostima i regionalnim inicijativama, o saradnji vezanoj za biljne genetičke resurse. Jezgro projekta činilo je sedam radnih grupa, i to:

- žita i kukuruz (13 članova, Rumunija),
- medicinsko i aromatično bilje (12 članova, Srbija),
- povrće (14 članova, Hrvatska),
- voće i vinova loza (22 člana, B i H),
- krmno bilje (12 članova, Slovenija),
- industrijsko bilje (13 članova, B i H),
- dokumentacijom i informacijama rukovodila je Albanija.

U Srbiji je Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Direktorat za nacionalne laboratorije, bilo odgovorno za upravljanje projektom, a odgovorna osoba je bila dr Dajić Stevanović.

U okviru SeedNet projekta u Republici Srbiji formirana je grupa za rad sa povrtarskim vrstama. Njeni članovi ujedno rade i u okviru svojih institucija na projektima koje finansira Vlada Republike Srbije. U poslednjih nekoliko godina, evidentirano je postojeće stanje genetičkih resursa povrća i to kako gajenog tako i samoniklog. Urađeno je inventarisanje stanja kolekcija povrtarskog bilja u institutima, fakultetima, i nacionalnoj kolekciji (iz projekta BBGJ iz devedesetih godina). Na osnovu dosadašnjeg iskustva u radu sa genetičkim resursima i literaturnih podataka, posebno starih izvora, određeni su prioriteti rada. Najvažnije povrtarske vrste za rad su lukovi (crni, beli, aljma), zrne mahunjače (pasulj, boranija, bob), kupus, lisnato povrće, vrežasto (dinje, tikve) i plodovito povrće (paprika, paradajz). Obavljeno je inventarisanje, registrovanje i

kolekcionisanje starih domaćih sorti i populacija povrća na terenu, prvenstveno u povrtarskim regionima, kod proizvođača koji se ovim poslom bave generacijama. Kod mnogih povrtarskih biljnih vrsta, čuvanje na farmama bilo je najefikasnije (Vasić i sar., 2009).

Od 2007. Institut za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada učestvovao je u SeedNet projektu Švedske međunarodne razvojne agencije. Po tom projektu kolekcionisano je *ex situ* 56 uzoraka *Festuca pratensis* i 168 uzoraka *Trifolium pratense* poreklom sa Fruške gore, Avale, Kosmaja i Stare planine (Vasiljević i sar., 2012). U 2008 počelo se sa izvođenjem projekta koji uključuje *Dactylis glomerata* i *Medicago falcata*. Do sada je kolekcionisano 12 uzoraka *Dactylis glomerata* i 11 uzoraka *Medicago falcata*. Urađeni su pasoški podaci na deskripciji *Festuca pratensis*, a uzorci su u fazi regeneracije. Zbirka jednogodišnjih krmnih mahunarki koja je izvor genetičke varijabilnosti za potrebe oplemenjivanja Instituta sastoji se ukupno od 1460 uzoraka 16 rodova i 67 vrsta. Najveća vrednost Zbirke nalazi se u njenom korišćenju u stvaranju novih sorti. Karakterizacija uzoraka zbirke usmerena je na oblik semena, boju semenjače, boju kotiledona i boju cveta, kao i osobine svojstvene pojedinim vrstama, kao što je tip lista kod graška (sl. 28). Vršila se i evaluacija prinosa i hemijskog sastava krme i zrna i otpornosti na bolesti i štetočine kao i dejstvo niskih temperatura i suše (Tomić i sar., 2005; Mihailović i sar., 2006; Mihailović i sar., 2007; Mihailović i sar., 2016).



**Slika 28.** Različiti tip lista kod graška dobijen u procesu oplemenjivanja (a-*aphila* tip, b-intermedijarni, c-klasičan tip) (Foto: Mikić)

Genetički resursi lekovitog i aromatičnog bilja, čiji rukovodilac grupe je bila Republika Srbija, predstavljeni su ukupnim diverzitetom populacija samoniklih vrsta, kao i hibridima i sortama vrsta koje se gaje. Zaštita samoniklih populacija genetičkih rasursa lekovitog i aromatičnog bilja izvršena je putem *in situ* zaštite, shodno nizu ratifikovanih međunarodnih konvencija o zaštiti biodiverziteta i domaćoj legislativi u ovoj oblasti. To je od naročite važnosti kada su u pitanju ugroženi taksoni, čije je sakupljanje kao prirodnih retkosti zabranjeno. Pored *in situ* zaštite, *ex situ* zaštita genetičkih rasursa lekovitog i aromatičnog bilja sprovodi se kroz različite programe očuvanja i održivog korišćenja genetičkih rasursa, kao što je njihova konzervacija. Uzorci se nalaze u kolekciji banke biljnih gena i drugim kolekcijama (Institut za proučavanje lekovitog bilja

„Dr Josif Pančić“, Beograd, Institut za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada). U ostalim kolekcijama nalazi se preko 500 populacija, genotipova i sorti i preko 200 vrsta lekovitog i aromatičnog bilja. Kolekcionisanje uzoraka vrši se zahvaljujući Uredbi o utvrđivanju Programa o raspodeli i korišćenju podsticajnih sredstava za očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu za 2008 (Otvorena Vlada rs., online), kao i razvojnoj mreži jugoistočne Evrope za biljne genetičke resurse (SeedNet). Veliki doprinos u oblasti genetičkih resursa lekovitog i aromatičnog bilja učinjen je razvojem opštih i posebnih deskriptora za veći broj biljnih vrsta lekovitog i aromatičnog bilja u okviru radne grupe Evropskog kooperativnog programa za biljne i genetičke resurse (Dajić-Stevanović, 2009).

### **Podrška Evropskom kooperativnom programu biljnih genetičkih resursa u Republici Srbiji**

Saradnja Republike Srbije na polju biljnih genetičkih resursa sa Međunarodnim biodiverzitetom (*Biodiversity International - BI*), bivšim Međunarodnim institutom za biljne genetičke resurse (*The International Plant Genetic Resources Institute - IPGRI*) traje od 1974. Republika Srbija je od 1979. učesnik Evropskog kooperativnog programa za biljne genetičke resurse ECPGR (*The European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources - ECPGR*). Naučnu, stručnu i administrativnu koordinaciju za potrebe ovog programa vrši Međunarodni institut za biljne genetičke resurse. Osnovni cilj programa je da se dugoročno olakša *in situ* i *ex situ* čuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa u Evropi. Program se finansira od članarina koje uplaćuju zemlje učesnice. Međunarodni biodiverzitet pruža podršku u sakupljanju uzoraka, aktivnostima na očuvanju biljnih genetičkih resursa, obuci zaposlenih, kao i organizaciji sastanaka na nacionalnom i regionalnom nivou, preko svoje Regionalne kancelarije za Evropu iz Rima.

Evropski kooperativni program biljnih genetičkih resursa, bivši Evropski program za biljne genetičke resurse - ECP/GR (*European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks - ECP/GR*) postao je operativan 1980, kao projekat programa Ujedinjenih nacija za razvoj (*United Nations Development Program - UNDP/FAO*). Program se odvijao po fazama i ukupno je do sada imao osam faza. Relevantni podaci o fazi VIII (2009 - 2013) nalaze se na sajtu Evropskog kooperativnog programa biljnih genetičkih resursa (<http://www.ecpgr.cgiar.org/>), (Maggioni, 2010).

Prema Evropskom kooperativnom programu za genetičke resurse, biljni genetički resursi za hranu i poljoprivredu grupisani su u osam grupa: žitarice, krmne biljke, povrće, zrnaste leguminoze, voće, alternativne biljke, industrijske biljke i krompir (Mladenović - Drinić i Savić - Ivanov, 2017).

Baza podataka za kukuruz osnovana je 1996. u Institutu za kukuruz „Zemun Polje“, na inicijativu Evropskog kooperativnog programa za biljne genetičke resurse (*The European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources - ECPGR*). U bazi podataka banke semena Instituta nalaze se pasoški podaci o 11865 uzoraka, koji predstavljaju kolekciju kukuruza 15 evropskih članova iz 13 zemalja. Struktura Baze podataka je zasnovana na „IPGRI/FAO *Multi-Crop descriptor list*” principima. Institut za kukuruz Zemun Polje je do sada doprineo sakupljanju genetičkih resursa kukuruza sa 5437 uzoraka (Anđelković, online).

## **Nacionalni mehanizam za razmenu informacija Republike Srbije**

Nacionalni mehanizam za razmenu informacija predstavljao je informacionu mrežu za praćenje aktivnosti Globalnog plana akcije za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu u Republici Srbiji i na taj način doprinio je očuvanju i održivom korišćenju biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu. Nacionalni mehanizam za razmenu informacija imao je partnerski odnos sa zainteresovanim stranama za saradnju, koje je koordinisao. Sve zainteresovane inostrane institucije, koje doprinose prikupljanju, očuvanju, evaluaciji i održivom korišćenju biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu u Republici Srbiji, mogle su saradivati s Nacionalnim mehanizmom za razmenu informacija o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu (NISM, online). Spisak nacionalnih i međunarodnih institucija s kojima je saradivao Nacionalni mehanizam razmene informacija za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu naznačen je u tabeli 7. Nacionalni mehanizam za razmenu informacija posedovao je bazu podataka, koja se odnosila na spisak nacionalnih institucija, stručnjaka, publikacija, zakona i projekata, a poseban deo činio je spisak gajenih biljnih sorti.

Nacionalni mehanizam za razmenu informacija koristio se u cilju da:

- olakša razmenu informacija o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu,
- promovise razumevanje statusa i dinamike biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu,
- omogućiti smislenu analizu propusta i prioriteta za očuvanje i korišćenje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu,
- promovise donošenje odluka i planiranje raspoloživim resursima,
- istakne trenutne napore u očuvanju i održivom korišćenju biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu,
- očuva istorijski okvir biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu,
- unapredi kapacitete za upravljanje informacijama o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu i
- ispuni međunarodne obaveze podnošenja izveštaja (NISM, online).

Rad Nacionalnog mehanizma za razmenu informacija koordinisalo je Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Direkcija za nacionalne referentne laboratorije i Banka biljnih gena. Nacionalni mehanizam za razmenu informacija imao je za cilj da olakša pristup i analizu informacija o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu i pruži pomoć u donošenju odluka o očuvanju njihove istorijske pozadine. Izveštaj o stanju BGRHP<sup>23</sup> u Republici Srbiji ažurirao se na osnovu informacija iz baze podataka, koje su bile dostupne putem ovog mehanizma, i Republika Srbija je dostavljala podatke FAO komisiji za BGRHP, kao doprinos Republike Srbije Globalnom planu akcije (GPA). Republika Srbija je podnela dva izveštaja: prvi izveštaj je podnela 1995, a drugi 2009 (NISM, online).

**Tabela 7.** Institucije učesnice na nacionalnom i međunarodnom nivou sa kojima je sarađivao Nacionalni mehanizam razmene informacija za BGRHP (NISM, online)

Nacionalne institucije	Međunarodne institucije
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Globalni plan akcije - <i>Global Plan of Action - GPA</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Direkcija za nacionalne referentne laboratorije</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Globalni plan akcije olakšavajući mehanizam - <i>Global Plans of Action - GPA Facilitating Mechanism</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministarstvo zaštite životne sredine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mehanizam svetskog širenja informacija na sprovođenju Globalnog plana akcije - <i>World Information Sharing Mechanism - WISM on Global Plans of Action - GPA</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Beograd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informacije iz sveta i sistem ranog upozoravanja na BGRHP<sup>23</sup> - <i>World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture - PGRFA - WIEWS</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Institut za kukuruz Zemun polje, Zemun polje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Međunarodni ugovor o BGRHP- <i>International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Poljoprivredni fakultet, Novi Sad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komisija za genetičke resurse za hranu i poljoprivredu - <i>Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture</i></li> </ul>

<sup>23</sup> BGRHP - biljni genetički resursi za hranu i poljoprivredu

- Poljoprivredni fakultet, Beograd
  - Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
  - Institut za krmno bilje, Kruševac
  - Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka
  - Jedinica za proizvodnju i zaštitu FAO - *Plant Production and Protection Division AGP - Food and Agricultural Organization - FAO*
  - Međunarodna organizacija za hranu i poljoprivredu - *Food and Agricultural Organization - FAO*
  - Očuvanje globalnog biljnog biodiverziteta - *Global Crop Diversity Trust*
  - Međunarodni biodiverzitet - *Biodiversity International - BI*
  - Konvencija o biološkom diverzitetu - *Convention on Biological Diversity - CBD*
  - Evropski katalog za izučavanje biljnih genetičkih resursa - *The European Search Catalogue for Plant Genetic Resources - EURISCO*
- 

## Konzervacija biljnih genetičkih resursa

Prikupljanje i konzerviranje genetičkog diverziteta kod biljaka trajalo je skoro jedan vek. Banke gena koje predstavljaju žive kolekcije semena, služe kao jedan od izvora gena za poboljšanje poljoprivrednih proizvodnih karakteristika (Wilson i Peter, 1988). Oko 30000 vrsta su jestive, a oko 7000 se koristi u sistemu poljoprivredne proizvodnje ili se sakupljaju kao izvor hrane (*United Nations Environment Programme - UNEP*) (UNEP, 1995). Nekoliko hiljada biljnih vrsta se može nazvati izvorom sigurnosti za ljudsku ishranu. Među biljnim genetičkim resursima izdvaja se oko 30 biljnih vrsta koje „hrane svet“. To su tzv. „važne biljke“, biljke koje obezbeđuju 95% energije (kalorija) ili proteina u ishrani. Samo pšenica, pirinač i kukuruz obezbeđuju više od polovine energije u ishrani stanovništva u svetu. Sirak, proso, krompir, slatki krompir, soja, šećerna repa i trska obezbeđuju velikim delom potrebe u energiji. Povrće, voće i druge biljne vrste, uključujući i one koje se sakupljaju, a koriste se u ishrani, doprinose kvalitetu i raznovrsnosti ishrane (Myers, 1990).

Konzervacija genetičkih resursa jedan je od najvažnijih zadataka čovečanstva. Očuvanje prirode i genetičkih resursa znači i očuvanje budućnosti. Za različite biljne vrste, uglavnom vezano za način razmnožavanja, postoje i različiti načini konzervacije genetičkih resursa. Postoje dva osnovna načina konzerviranja genetičkih resursa, to su *in situ* i *ex situ* konzervacija, u okviru kojih se primenjuju brojne metode.

Biljni genetički resursi za hranu i poljoprivredu (*Plant Genetic Resources for Food and Agriculture - PGRFA*) sistematski su se prikupljali, razmenjivali i konzervisali, skoro jedan vek. Konzervacija se fokusira eksplicitno na održa-



vanje genetičke varijabilnosti unutar određene vrste ili taksona. Glavni razlozi za očuvanje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu su da osiguraju, u budućnosti, prilagodljivost sorti i divljih populacija novonastalim uslovima sredine, sačuvaju podatke i karakteristike koje obezbeđuju održivu poljoprivredu i promovišu korišćenje genetičkih resursa u poljoprivredi i biotehnologiji, u cilju očuvanja genetičke raznovrsnosti i iz kulturoloških razloga. Genetička varijabilnost biljnih vrsta, a i onih biljnih vrsta koje nisu predmet čuvanja, zavisi od njihove rasprostranjenosti, položaja u ekosistemu i kod stranooplodnih biljnih vrsta, prisustva vektora prenosnika polena. Zbog svega navedenog, postoji analogija predviđanja strukture populacije kod mnogih biljnih vrsta, na osnovu koje se može projektovati stanje genetičkih resursa u određenom vremenu (Wilson i Peter, 1988; Myers, 1990; Heywood i Watson, 1995; UNEP, 1995; FAO, 2019).

### ***Globalna strategija konzervacije biljaka***

Globalna strategija konzervacije biljaka (*The Global Strategy for Plant Conservation - GSDG*) ima za cilj da zaustavi stalni gubitak raznovrsnosti biljnih vrsta i da se na globalnom nivou spasi biljne vrste nabrojane u Konvenciji o biološkom diverzitetu. Postoji vizija da se obezbedi pozitivna i održiva budućnost, u kojoj se čovekovom aktivnošću podržava različitost biljnog sveta (uključujući i održavanje biljne genetičke raznolikosti, opstanak biljnih vrsta i zajednica i njihovih povezanih staništa i ekoloških udruženja) a raznovrsnost biljaka zauzvrat podržava i poboljšava naše živote i dobrobit (Goldschein, 2011). Cilj konzervacije genetičkih resursa je održavanje genetičke varijabilnosti u obnovljivom obliku, kao kombinacije gena ili održavanja specifičnih gena.

Vizija Globalne strategije konzervacije biljaka je da „bez biljaka, nema života“. Funkcionisanje planete Zemlje, i naš opstanak, zavisi od biljaka. Misija je sledeća: „Globalna strategija za zaštitu bilja je katalizator za zajednički rad na svim nivoima, lokalnom, nacionalnom, regionalnom i globalnom, njen cilj je da razume, očuva i održivo koristi ogromno bogatstvo biljne različitosti koja postoji na planeti Zemlji, dok promoviše izgradnju neophodnih kapaciteta za njegovo sprovođenje“.

Globalna strategija ima pet ciljeva, a to su:

- biljni diverzitet je prihvatljiv, dokumentovan i priznat,
- biljni diverzitet je potrebno hitno i efikasno očuvati,
- biljni diverzitet koristiti na održiv i pravičan način,
- podizanje svesti o biljnom diverzitetu, njegova uloga je u održivosti i značaju za život na Zemlji i
- za razvijanje strategije neophodno je vršiti promociju kapaciteta za razvoj i javno angažovanje (CBD, online).

Globalna strategija konzervacije biljaka je program UN i Konvencije o biološkoj raznovrsnosti osnovana 1999. s ciljem da se uspori tempo izumiranja biljaka širom sveta kroz primenu strategije. U aprilu 2002. Ujedinjene nacije i Konvencija o biološkom diverzitetu (*United Nations - Convention of Biological Diversity, UN - CBD*), usvojile su predlog koji je trebalo da se sprovede do 2010. U istoj godini, ciljevi Globalne strategije za konzervaciju biljaka ažurirani su, putem opsežnog procesa konsultacija, u okviru Konvencije o biološkom diverzitetu i doneti su revidirani ciljevi za 2020 (CBD, online, d).

Ciljevi Globalne strategije konzervacije biljaka detaljnije su obrazloženi u revidiranoj verziji na taj način što su u okviru svakog cilja razrađeni zadaci:

**Cilj I:** *Biljni diverzitet je prihvatljiv, dokumentovan i priznat*

**Zadatak 1:** online baza podataka flore svih poznatih biljaka,

**Zadatak 2:** procena stanja očuvanosti svih poznatih biljnih vrsta, koliko je to moguće, voditi akciju konzervacije i

**Zadatak 3:** u Strategiju je neophodno uključiti informacije, istraživanje i prateće izlaze, i metode, a informacije deliti.

**Cilj II:** *Biljni diverzitet je potrebno hitno i efikasno očuvati*

**Zadatak 4:** najmanje 15% svakog ekološkog regiona ili vegetacionog prostora osigurati kroz efikasno upravljanje i / ili obnovu,

**Zadatak 5:** najmanje 75% od najvažnijih oblasti za raznovrsnosti biljnih vrsta, svakog zaštićenog ekološkog područja osigurati efikasnim upravljanjem, kao mesta za očuvanje biljaka i njihove genetičke raznovrsnosti,

**Zadatak 6:** najmanje 75% proizvodnog zemljišta, u svakom ekološkom području, osigurati kroz efikasno upravljanje, na održiv način, u skladu sa zaštitom raznovrsnosti biljnih vrsta,

**Zadatak 7:** najmanje 75% poznatih ugroženih biljnih vrsta očuvati *in situ*,

**Zadatak 8:** najmanje 75% ugroženih biljnih vrsta u *ex situ*, očuvati, poželjno u zemlji porekla, i da najmanje 20% budu dostupne za oporavak i programe restauracije,

**Zadatak 9:** 70% genetičke raznolikosti useva očuvati, uključujući i njihove divlje srodnike i druge društveno ekonomski vredne biljne vrste, poštujući lokalno znanje,

**Zadatak 10:** imati efektivne planove u upravljanju genetičkim resursima, u cilju sprečavanja novih bioloških invazija i upravljanju ugroženim biljnim vrstama.

**Cilj III: Korišćenje biodiverziteta na održiv i pravičan način**

**Zadatak 11:** ni jedna vrsta divlje flore ne sme biti ugrožena međunarodnom trgovinom,

**Zadatak 12:** svi proizvodi dobijeni posle žetve divljih biljnih vrsta, moraju se koristiti na održiv način,

**Zadatak 13:** domaće i lokalne inovacije znanja i prakse, u vezi sa biljnim diverzitetom, zadržati ili proširiti, po potrebi, da podrže uobičajenu upotrebu, održiv život, bezbednost domaće hrane i zdravstvene zaštite.

**Cilj IV: Obrazovanje i svest o biljnom diverzitetu, promovisanje njegove uloge o održivosti i značaju za život na planeti Zemlji**

**Zadatak 14:** značaj biljne raznolikosti i potreba za konzervaciju inkorporirati u komunikaciju, obrazovanje i programe za podizanje javne svesti.

**Cilj V: Za razvijanje strategije neophodno je vršiti promociju kapaciteta za razvoj i javno angažovanje**

**Zadatak 15:** broj obučениh ljudi koji rade s odgovarajućom opremom, u skladu sa nacionalnim potrebama, trebalo bi da bude dovoljan za postizanje ciljeva ove Strategije.

**Zadatak 16:** institucije, mreže i partnerstva koji učestvuju u konzervaciji trebalo bi da budu pojačane na nacionalnom, regionalnom i međunarodnom nivou, kako bi se postigli ciljevi ove Strategije (CBD, online, c).

U 2012, Misuri Botanička bašta, Njujorška Botanička bašta, Kraljevska Botanička bašta u Edinburgu i Kraljevska botanička bašta u Kew (*Missouri Botanical Garden, New York Botanical Garden, Royal Botanic Garden, Edinburgh i Royal Botanic Gardens, Kew*), složili su se da sarađuju na razvijanju Svetske flore online (*World Flora Online*), kao odgovor na revidirane ciljeve, kao cilj broj jedan, zadatak broj jedan, a zatim i Globalnu strategiju za konzervaciju biljaka 2011-2020 (CBD, 2018).

Globalna strategija konzervacije biljaka daje okvir, korisnu referentnu tačku da bi se pokazao fundamentalni značaj biljaka na planeti Zemlji. Ono što je važno je da ukoliko se ne postigne očuvanje biljaka, dostignuća Globalne strategije konzervacije biljaka biće dovedena u pitanje.

## ***Istraživanja vezana za konzervaciju genetičkih resursa***

Efikasno očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa, zbog brzine njihovog uništavanja, od suštinske je važnosti i nikada nije bilo hitnije sačuvati ih u velikom broju, a to se najefikasnije može postići u bankama biljnih gena, kao što je prikazano u tabeli 8.

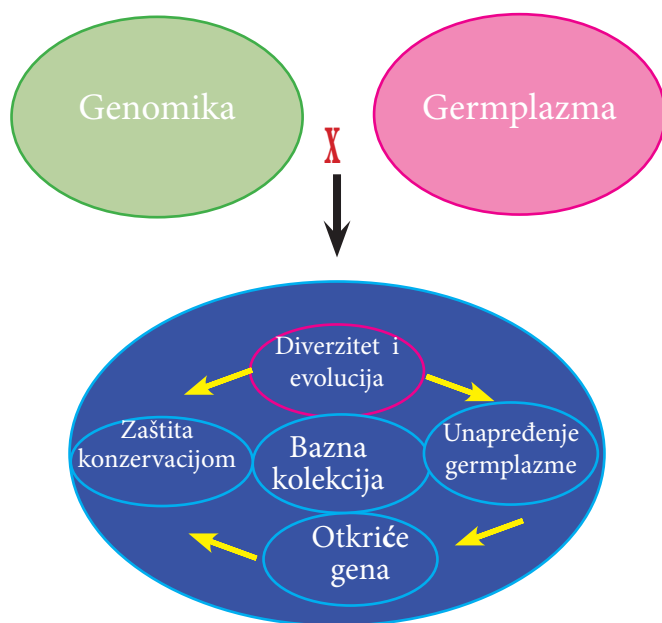
**Tabela 8.** Najveće kolekcije semena u svetu (Wambugu i sar., 2018).

<b>Biljna vrsta</b>	<b>Naziv</b>	<b>Broj uzoraka</b>
<i>Triticum aestivum</i>	pšenica	856 168
<i>Oryza sativa</i>	pirinač	773 948
<i>Hordeum vulgare</i>	ječam	466 531
<i>Zea mays</i>	kukuruz	327 932
<i>Phaseolus vulgaris</i>	pasulj	261 963
<i>Sorghum bicolor</i>	sirak	235 688
<i>Glycine max</i>	soja	229 944
<i>Avena sativa</i>	raž	130 653
<i>Arachis hypogaeae</i>	kikiriki	128 435
<i>Gossypium hirsutum</i>	pamuk	104 780

Pored administrativnih, pravnih i političkih mera koje su preduzimane, došlo je do napretka na naučnom polju, u istraživanjima, posebno sekvencioniranju genoma, koji ima potencijal da se njime reše neki od problema koji ograničavaju održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa. Sekvencioniranje genoma omogućilo je efikasno istraživanje genetičke raznolikosti, na nivou gena, kod biljaka, identifikaciju poželjnih gena i alela, kao i mogućnost njihovog prenosa u nove sorte, čime se značajno smanjilo vreme njihovog stvaranja, što je dovelo do velikih promena u tehnologiji rada, instrumentima koji se koriste, protoku materijala i troškova u bankama gena.

Dostignuća molekularne biologije, posebno u sekvencioniranju genoma, nisu uvek dostupna, kada je konzervacija biljnih genetičkih resursa u pitanju (FAO, 2010), mada istraživanja na drugim poljima bioloških nauka indirektno pomažu očuvanju i korišćenju biljnih genetičkih resursa u bankama gena, kako primećuju McCouch i saradnici (2012) i Treuren i Hintum (2014). Iz nekonzervisanih biljnih genetičkih resursa, iz prirode i onih sa farmi, može se

izvršiti analiza i identifikacija novih izvora varijabilnosti. Time se povećavaju postojeće kolekcije u bankama gena. Iz novih uzoraka u bankama gena može se izdvojiti posebno važna kolekcija i izvršiti njena fenotipizacija i genotipizacija. Genotipizacijom se, primenom novih molekularnih tehnologija, mogu izdvojiti korisni aleli za određena svojstva biljaka, koji će se koristiti u procesu oplemenjivanja za stvaranje sorti sa većim prinosom, boljim kvalitetom zrna, otpornih na biotičke i abiotičke stresove, klimatske promene i dr. (sl. 29) (McCouch i sar., 2012).



**Slika 29.** Šematski prikaz primene genomske tehnologije u korišćenju germplazme (Jizeng i sar, 2017)

Uopšteno gledano, u oblasti genetike dolazi do brzih promena i iz tog razloga se ne može tačno predvideti šta će se dešavati u primeni genetike u bankama gena. Iako je naznačeno da trenutna genomska revolucija može dramatično da promeni aktivnosti u bankama gena, ta vizija će verovatno još dugo ostati neprimenjena, osim ako postoji obrazac promena u načinu doživljavanja banaka gena, njihovog organizovanja, upravljanja i finansiranja. Jedan od načina da banke gena ostvare korist od napretka u genomskim tehnologijama je kroz veću saradnju sa zajednicom korisnika. Neke od veza i saradnja koja je uspostavljena u cilju podrške zaštite, upravljanja i korišćenja biljnih genetičkih resursa za hranu

i poljoprivredu (PGRFA) uključuju DivSeek<sup>24</sup> i Globalni informacijski sistem (*Global Information System - GLIS*). Digitalni identifikator objekta<sup>25</sup> (*Digital Object Identifiers - DOI*) je stalni identifikator biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu, koji olakšava podjelu informacija o njima, tako da se može lako doći do željenog uzorka u bankama gena. Tako će, na primer, biti lako povezati istraživačke rezultate sa uzorcima biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu (FAO, 2018a). Međutim, Međunarodni sporazum o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu (u daljem tekstu: Ugovor) je okončao svoju saradnju s DivSeek inicijativom (IPC, 2017). Saradnja s preostalim učesnicima sigurno će pomoći bankama gena da povećaju uticaj na infrastrukturne, tehničke i finansijske kapacitete, koje trenutno ima na raspolaganju zajednica korisnika (Wambugu i sar, 2018).

Kao najznačajniji, što se tiče primene novih, molekularnih tehnologija, kod ustanovljavanja genetičke konsitucije biljnih resursa, u bankama gena, može se izdvojiti sledeće:

- Genomika je našla široku primenu u očuvanju i korišćenju genetičkih resursa i ima potencijal da načini revoluciju u načinu na koji se upravlja bankama gena.
- Korišćenje germplazme bilo je nepotpuno, sadašnja primena tehnologija sekvencioniranja i genotipizacija imaju potencijal da prevaziđu dosadašnja ograničenja i germplazma koristi učinkovitije.
- Iako većina banaka gena nema dovoljno kapaciteta za pristup i korišćenje postojeće genomske tehnologije, mogu da zaobiđu ovaj izazov na taj način što će obezbediti veću saradnju sa zajednicom korisnika (Wambugu et al., 2018).

### ***In situ konzervacija genetičkih resursa***

Za očuvanje ukupne genetičke varijabilnosti, na naučnim osnovama, staraju se banke gena. Banke biljnih gena, predstavljaju žive kolekcije semena i služe kao jedan od izvora gena za poboljšanje poljoprivrednih proizvodnih karakteristika. One vode računa o genetičkim resursima počev od proučavanja terena, sa

---

<sup>24</sup> DivSeek je zajednica neprofitnih organizacija, koju čini raznolik skupa organizacija članica, koje su dobrovoljno došle do zaključka da je potrebno da se otkrije potencijal različitosti useva, tako da se može koristiti za poboljšanje produktivnosti, održivosti i otpornost useva i poljoprivrednih sistema. Misija DivSeek je da omogući oplemenjivačima i istraživačima da mobilišu širok spektar biljnih genetičkih različitosti, da ubrzaju stope poboljšanja useva i obezbede dovoljnu količinu hrane za rastuću ljudsku populaciju (DeevSEk, online).

<sup>25</sup> Digitalni identifikator objekta - U računarstvu, identifikator digitalnih objekata (DOI) jeste postojani identifikator ili ručica, koja se koristi za identifikaciju objekata jedinstveno, standardizovano od strane Međunarodne organizacije za standardizaciju. Implementacija sistema ručice je u širokoj upotrebi i kod akademskih identifikacija, istraživačkih izveštaja i skupova podataka (DOI, online)

koga ih sakupljaju, kolekcionisanja, čuvanja do razmene informacija i uzoraka (Myers, 1990; Milošević i Malešević, 2004; Vasić i sar., 2015; Fulton i sar., 2017). Sa gledišta očuvanja genetičkog diverziteta posebno je važno izvršiti pozicioniranje starih, autohtonih sorti i divljih populacija (Milošević i sar., 2010a). Dva osnovna načina čuvanja genetičkih resursa je *in situ* i *ex situ*.

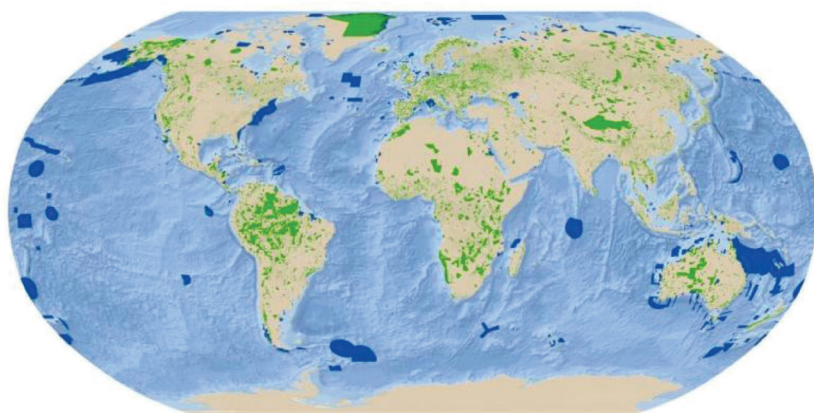
*In situ* konzervacija omogućava čuvanje i održavanje biljne populacije u njenom prirodnom okruženju, prepuštajući evolucionim procesima da oblikuju genetičku divergentnost i nastavak procesa adaptabilnosti biljne populacije. U slučaju konzervacije genetičkih resursa na farmi, omogućen je nastavak adaptacionih procesa, populacije nastavljaju da evoluiraju. Uticaj prirodne selekcije, kao i selekcionog pritiska, uslovljava poljoprivredni proizvođač tako što omogućava nastavak procesa adaptacije. *In situ* konzervacija može biti saglasna sa povećanjem upotrebe biljnih genetičkih resursa na lokalnom nivou (Frankel i Soule, 1981).

*In situ* konzervacija može se definisati i kao konzervacija ekosistema i prirodnog okruženja, održavanje i oporavak populacija postojećih vrsta u njihovom prirodnom okruženju, a u slučaju odomaćenih vrsta i populacija, okruženju gde su razvijene njihove važne osobine. Potreba razvoja različitih prilaza *in situ* konzervaciji biljnih genetičkih resursa ustanovljena je na međunarodnom nivou. Prilazi uključuju specifičnosti mera konzervacije za divlje srodnike koji se koriste u ishrani, posebno u zaštićenim područjima.

## Zaštićena područja

Zaštićena područja su osnova zaštite biodiverziteta. Definicija zaštićenih područja glasi: „Zaštićeno područje je jasno definisan geografski prostor, prepoznat kao takav, kojim se upravlja putem pravnih ili drugih efikasnih sredstava, kako bi se postiglo dugoročno očuvanje prirode i povezanih usluga ekosistema, kao i kulturnih vrednosti“ (Dudley i Stolton, 2007). Zaštićena područja danas imaju veliki značaj, jer su to jedina mesta gde mogu da se nađu biljne vrste koje su pred izumiranjem. U zaštićenim zonama često se nalaze biljne vrste sa FAO/IPGRI Crvene liste.

Zaštićena područja su nacionalni parkovi, divlji predeli, očuvana područja zajednice, rezervati prirode i tako dalje. One su oslonac očuvanja biodiverziteta, istovremeno doprinoseći obezbeđivanju sredstava za život ljudi, posebno na lokalnom nivou. Zaštićena područja predstavljaju srž napora ka očuvanju prirode i usluga koje ona pruža, a to su hrana, čista voda, lekovi i zaštita od uticaja prirodnih katastrofa. Lokacije zaštićenih područja u svetu prikazane su na slici 30 (IUCN, online, a). Uloga zaštićenih područja sve više se prepoznaje i dobija na značaju u pomaganju, ublažavanju i adaptaciji na klimatske promene. Procenjeno je da globalna mreža zaštićenih područja skladišti najmanje 15% ugljenika na planeti Zemlji.



**Slika 30.** Zaštićena područja u svetu (Capain for future, online)

Kao primer zaštićenog područja u našoj zemlji, može se navesti rezervat Zasavica (sl. 31). Zasavica predstavlja poseban prirodni rezervat sa više od 700 biljnih vrsta, od kojih su neke naznačene u Crvenoj knjizi flore Srbije. Zasavica je stanište za više od 180 vrsta ptica, 20 vrsta riba, velikog broja vodozemaca i gmizavaca. Globalno ugrožena insektivorna vrsta *Aldrovanda vesiculosa* najznačajniji je primerak u flori rezervata Zasavica, za koju je Zasavica jedino stanište u Srbiji. U Zasavici su prisutne vrste testerica (*Stratiotes aloides*), vodeni orašak (*Trapa natans*) i vodena tupica (*Aldrovanda vesiculosa*), koje su rasle na obali tropskih močvara, oko Panonskog mora. Retka biljna vrsta slatinski stolisnik (*Achillea asplenifolia*) naseljava močvarne livade i niske muljevite obale Zasavice. U rezervatu Zasavica prisutno je pet kritično ugroženih biljnih vrsta, i to borak (*Hippuris vulgaris*), močvarna rebratica (*Hottonia palustris*), puza vi ljućić (*Ranunculus*), močvarna kopriva (*Urtica kioviensis*) i trožilni ljubor (*Lindernia procumbens*), a poslednje dve su predložene da uđu u drugu ediciju „Crvene knjige flore Srbije” (Zasavica, 2011).



**Slika 31.** Zaštićene zone u Zasavici, specijalnom rezervatu prirode (Zasavica, online)



## Konzervacija na poljoprivrednom gazdinstvu

*In situ* konzervacija uključuje „konzervaciju na poljoprivrednom gazdinstvu“ i definisana je kao „kontinuirano gajenje i upravljanje raznolikom populacijom, od strane poljoprivrednika, u agroekosistemu gde su usevi evoluirali“ (Bellon, 2004). *In situ* konzervacija populacija i tradicionalnih sorti na poljoprivrednim gazdinstvima ima veoma veliki značaj, jer su populacije godinama odgajane u određenom okruženju i zadovoljavaju u potpunosti zahteve uzgajivača, kao što je na primer ukus. Poljoprivredna gazdinstva su mini centri održavanja genetičke divergentnosti, posebno populacija. Populacije se mogu definisati kao lokalno adaptirane vrste selekcionisane tradicionalnim metoda- ma direktne selekcije (Ravan, 2004).

Definicija *in situ* konzervacije u Konvenciji o biološkom diverzitetu obuhvata dva različita procesa: konzervaciju biljaka na poljoprivrednim gazdinstvima i konzervaciju divljih biljnih vrsta. U okviru pomenuta dva sistema, konstatovano je da su manje istraživani genetički resursi konzervisani tradicionalnim načinom, na poljoprivrednim gazdinstvima. Ovi rezultati bi mogli poslužiti za stvaranje modela konzervacije genetičkog diverziteta na poljoprivrednim gazdinstvima (Maxted, 2002).

Kod konzervacije genetičkih resursa postoji mogućnost introdukcije pojedinih gena iz divljih srodnika, tokom vremena, u stare sorte i populacije, ali i izmene gena delovanjem uzgajivača (Malhotra i sar., 2019). Konzervacija na poljoprivrednim gazdinstvima zbog toga zahteva kontinuirani proces selekcije koji obavljaju poljoprivrednici, oblikujući i razvijajući diverzitet na sebi svojstven način. Tradicionalno znanje i praksa, koji su uključeni u taj proces, od ključnog su interesa za čuvanje genetičkih resursa na poljoprivrednim gazdinstvima. Održavanje, korišćenje i razvoj biljnih genetičkih resursa, na poljoprivrednom gazdinstvu i u njenoj okolini, pruža brojne mogućnosti za kombinovanje konzervacije genetičkih resursa i razvoja poljoprivrede. Studije urađene na retkim vrstama ukazuju da između 30% i 40% produktivnosti žita ne može biti sačuvano bez održavanja, evaluacije i upotrebe populacija. Prosečan godišnji dohodak ostvaren od vrednosti populacija je 1,5%, i ukazuje na to da je materijal u tim kolekcijama vredan 0,2%, ili oko 150 do 200 miliona američkih dolara godišnje (Evenson, 1994). Nastavak održavanja i upotrebe populacija od strane poljoprivrednika praćen je brojnim antropološkim i socioekonomskim dešavanjima.

Konzervacija genetičkih resursa na poljoprivrednom gazdinstvu je kompleksna i rizična zbog uticaja spoljašnjih činilaca, ali i pored toga raste interes za čuvanjem genetičkih resursa na ovaj način, posebno u razvijenim delovima Evrope i severne Amerike. Na Andima stanovnici i danas gaje na poljoprivrednim gazdinstvima oko 3000 sorti i populacija krompira. Stvaranjem uslova za stranooplodnju kod različitih sorti i populacija, mali poljoprivredni proizvođači na Andima pospešuju prenos gena, obogaćujući tako genofond, što je od vitalnog značaja za održavanje diverziteta koji se koristi u razvijanju novih sorti krompira (Machida-Hirano, 2015).

U mnogim zemljama čuvanje genetičkih resursa na poljoprivrednim gazdinstvima odvija se vekovima. Po predanju, Nojeva barka je bila mesto u kome se čuvalo seme, da bi posle prirodne katastrofe mogao da se započne neki drugi život, uz osiguran izvor hrane. Danas je Nojeva barka banka gena u Svalbald, u kojoj se čuvaju rezervni uzorci semena iz celog sveta. U Evropi je *in situ* konzervacija podržana od strane Evropske unije i proglašena javnom delatnošću od značaja, a odvija se kroz veću upotrebu tradicionalnih, organskih i integrisanih sistema poljoprivredne proizvodnje na poljoprivrednim gazdinstvima (Kovačević i Milošević, 2015).

Važno je to što je konzervacija na poljoprivrednim gazdinstvima primenjena u sklopu razvojne globalne poljoprivredne strategije, u smislu promocije razvoja već konzervisanog diverziteta. Održavanje resursa na poljoprivrednim gazdinstvima posebno je korisno kod ekonomski manje važnih povrtarskih i voćnih biljnih vrsta. Razvoj tržišta za pomenute biljne vrste može biti značajan za njihovu konzervaciju i upotrebu. Sistem održavanja genetičkih resursa na poljoprivrednim gazdinstvima pogodan je i za krmne biljne vrste. Brojne aktivnosti mogu se promovisati na poljoprivrednim gazdinstvima, a da pritom doprinose poboljšanju uslova života na njima. Aktivnosti koje se mogu promovisati na poljoprivrednim gazdinstvima su sledeće:

- podrška razvoju sorti stvorenih na poljoprivrednim gazdinstvima,
- stvaranje veze između *in situ* i *ex situ* konzervacije, uključujući povećanu upotrebu populacija potrebnu za *ex situ* konzervaciju,
- promocija proizvodnje semena na poljoprivrednim gazdinstvima i podrška za neformalnu razmenu semena i
- poboljšavanje odnosa prema *in situ* konzervaciji na poljoprivrednim gazdinstvima, u službi održavanja genetičkih resursa (Feber i Macdonald, 2013).

Napred navedeno doprinosi poboljšanju saradnje između institucionalnog i privatnog, poljoprivrednog sektora. Oba sistema potencijalno su kompatibilna i stvaraju međusobnu vezu za najisplativiji put upotrebe raspoloživih resursa.

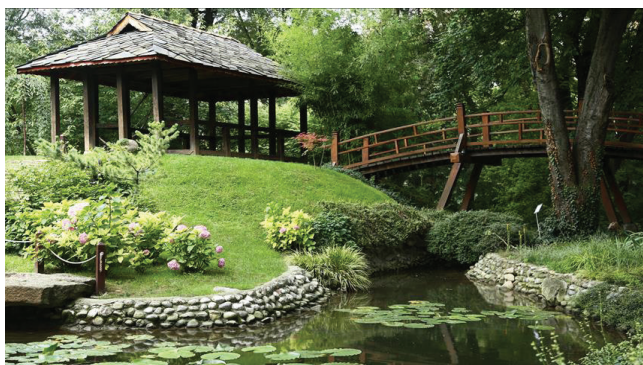
U raznim studijama analizirane su različite situacije u kojima okućnice (bašte) učestvuju u biodiverzitetu, u ekosistemu i na genetičkom nivou. Na nivou ekosistema, okućnice obezbeđuju mikrokruženje, koje povezuje kompleks prirodnog ekosistema. Ustanovljeno je da okućnice imitiraju prirodnu strukturu sistema šuma. Jedina velika razlika je u tome, što se biljne vrste iz okućnice koriste u ishrani (Watson i Eyzaguirre, 2001; Biodiversity gardening, online; Goddard i sar., 2010).

Dok selekcija koju čine poljoprivrednici može biti prilagođena zahtevima poljoprivrednog sistema koji se odnosi na spoljne efekte, produktivnost takvog sistema obično je veoma niska da bi obezbedila materijalnu sigurnost poljopri-

vredniku. Veća produktivnost postiže se na taj način što se poljoprivrednicima obezbeđuje stručna pomoć državnog sektora za poboljšanje pristupa genetičkim resursima, kao i pomoć u usavršavanju metoda selekcije, kroz obuku, kao što je to u Evropskoj uniji. Poljoprivrednicima je glavno merilo u selekciji fenotipska karakterizacija, koju mogu lako vizuelno uočiti, što to im je mnogo lakše od genotipske karakterizacije, koju dobijaju od oplemenjivača koji koriste naučne metode. Mnogo više rada potrebno je da bi poljoprivrednik povećao osobinu za prinos i druge karakteristike, od njihove želje za tim (EC, online).

## Botaničke bašte

Tradicionalna botanička bašta (uključujući arboretrume) „mesto je sa urednim dokumentovanim označenim, sakupljenim živim biljkama, sa pristupom otvorenim za javnost, sa kolekcijama, koje se koriste, uglavnom za istraživanje i edukaciju“ (Watson, 1993) (sl. 32).



Slika 32. Botanička bašta Jevremovac (Beograd) (Stojanović, 2018)

Vremenom je početni obim čuvanja genetičkih resursa proširen i počeo je da obuhvata pitanje očuvanja, poput očuvanja ugroženih biljnih vrsta (Heywood, 2009). Dok je za divlje srodnike očuvanje *ex situ* dugo smatrano podružetkom *in situ* konzervacije, u sektoru poljoprivrede *ex situ* konzervacija (seme u bankama gena ili na poljoprivrednom gazdinstvu) primarna je strategija očuvanje i *in situ* nije bio formalno prepoznat do 1996 (FAO, 1996a). Nije iznenađujuće, što su većina *ex situ* protokola o uzorkovanju, standardi za banke gena i tehnika skladištenja pripremljeni iz poljoprivrednog sektora, a zatim ih je usvajao sektor za divlje srodnike, posebno od strane onih koji rade u botaničkim baštama (Volis, 2017).

Botaničke bašte su mesta u kojima se uzgajaju i čuvaju mnoge specifične biljne vrste i na taj način doprinosi se proširenju znanja o biljkama i njihovom okruženju. One se mogu definisati i kao male naučne institucije, u kojima se

biljke čuvaju i izučavaju u parkovima, staklenicima, laboratorijama, herbarijumima i predstavljaju mesta za očuvanje biljnog genetičkog materijala (Spencer i Cross, 2017). Botaničke bašte su i mesta na kojima se obrazuju kako istraživači, tako i studenti. U njima se odvijaju brojni istraživački projekti, sa ciljem iznalaženja načina za umnožavanje retkih biljnih vrsta i njihovu klasifikaciju. U Čikaškoj botaničkoj bašti (*Chicago Botanic Garden*) postoji oplemenjivački program za uvođenje novih hortikulturnih vrsta u trgovinske tokove (Anonymous, online).

Prema podacima Easy grow iz 2017, u svetu ima oko 1755 botaničkih bašta (EG, 2017), a prema podacima *Biodiversity research* ima ih oko 2000 (Crop Life, 2019). Mnoge banke gena u svojim kolekcijama nemaju seme biljnih vrsta koje se nalaze u botaničkim baštama, stoga botaničke bašte deluju kao poluga koja podržava *ex situ* konzervaciju, omogućavajući biljkama da se održavaju u svom prirodnom okruženju (Fassil i Engels, 1997).

### ***Ex situ konzervacija genetičkih resursa***

*Ex situ* konzervacija predstavlja čuvanje genetičkih resursa u bankama gena (Braverman, 2014) i ima jednako važnu ulogu u čuvanju genetičkog diverziteta, odnosno genetičkih resursa, kao i *in situ* konzervacija, a danas još i veću. Kako je napred opisano, postoji čvrsta veza između ova dva načina čuvanja (Brown i Briggs, 1991). Strategija konzervacije genetičkih varijacija u *ex situ* kolekcijama primenjuje se i na ugrožene biljne vrste (Falk i sar., 2001).

Kolekcije mogu biti izvor izgubljenog genetičkog diverziteta, uzrokovanog genetičkom erozijom, zbog nepovoljnih uslova gajenja, suše i drugih destruktivnih pojava. Iz tog razloga značajno je da postoje nacionalne banke gena, kako bi genetički materijal, između ostalog, mogao biti umnožavan i distribuiran korisnicima. Jedan od ciljeva *ex situ* konzervacije je reintrodukcija tradicionalnih sorti u područja sličnog klimata (Guerran i sar., 2004; IPGRI, 2004).

Aktivnosti koje se obavljaju u *ex situ* konzervaciji su sledeće:

- održavanje *ex situ* kolekcija lokalnih sorti na nacionalnom, regionalnom i međunarodnom nivou u bankama gena,
- razvijanje komplementarne strategije konzervacije korišćenjem *in situ* i *ex situ* metoda, radi veće sigurnosti čuvanja i
- uspostavljanje ranog sistema uzbunjivanja za praćenje genetičke erozije, kako *in situ* tako i u *ex situ* konzervaciji, od strane nacionalnih koordinatora, korišćenjem tradicionalnog znanja kao i modernih naučnih pristupa (Engelmann i Engels, 2002).

U prošlosti je bio ograničen prenos genetičkih resursa, zbog toga što su se stare sorte čvale skoro isključivo u *in situ* kolekcijama. Danas je konzervacija *ex situ* uobičajen način čuvanja starih sorti, a *in situ* konzervacija osigurava

kontinuitet u njihovom razvoju, kao i adaptabilnost na uslove u kojima se održavaju.

Potpisivanjem Konvencije o biološkom diverzitetu i njenom primenom, došlo se do konstatacije da postoji potreba za konzervacijom biološkog diverziteta, uz ravnopravnu primenu oba načina konzervacije, kako *in situ* tako i *ex situ*. Mnogo više naučnih istraživanja rađeno je na *ex situ* metodama konzervacije, u odnosu na *in situ*.

## Standardi za *ex situ* konzervaciju u bankama gena

Komisija za biljne genetičke resurse koja deluje u okviru FAO, odredila je 1993. u Rimu standarde za rad banaka biljnih gena, koje je dopunila i unapredila 2013. Standardi su doneti na osnovu izveštaja eksperata koji deluju pri FAO/IBPGR. Standarde je pripremila Komisija za genetičke resurse za hranu i poljoprivredu, pod rukovodstvom FAO, na svom četrnaestom redovnom zasedanju 2013, propisujući procedure koje treba slediti za očuvanje biljnih genetičkih resursa. Komisija za genetičke resurse za hranu i poljoprivredu smatra standarde za rad banaka biljnih gena univerzalnom vrednosti u očuvanju germplazme širom sveta. Glavni zadatak komisije bio je da obezbedi takve standarde koji osiguravaju dugoročno i bezbedno čuvanje uzoraka (FAO, 2014a).

Dobrovoljni standardi primenjuju se kako na seme u bankama gena, tako i na vegetativno umnožen sadni materijal, uključujući i poljske banke gena<sup>26</sup>. Standardi su postavili kriterijume za sadašnju naučnu i tehničku praksu i odražavaju ključne međunarodne instrumente politike za očuvanje i korišćenje biljnih genetičkih resursa. Dobrovoljni standardi važan su instrument u sprovođenju Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, kao i komponenta podrške drugom Globalnom akcionom planu za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu. U svetu se u bankama gena čuva oko 7,5 miliona uzoraka koji uglavnom potiču od biljnih vrsta koje najviše utiču na snabdevanje hranom ljudi i životinja, ali i divljih srodnika i populacija, kao i useva od lokalnog značaja i nedovoljno korišćenih vrsta (FAO, 2014).

Tokom pripreme faze izrade standarda, ažurirani su standardi za ortodokšno seme<sup>27</sup> i za poljske banke gena za *in vitro* kulturu tkiva i krioprezervaciju uz konsultaciju s CGIAR, a posebno Međunarodnim biodiverzitetom. Standardi se oslanjaju na Konvenciju o biološkoj raznovrsnosti, Međunarodni ugovor o biljnim genetičkim resursima, Međunarodnu konvenciju za zaštitu

<sup>26</sup>Poljske banke gena predviđene su za očuvanje pojedinih vrednih genotipova, koji poseduju specifične gene. Za tu svrhu, kreiraju se veštački ekosistemi. Ovom metodom mogu se uporediti i detaljno proučiti razlike između biljaka različitih vrsta. Za formiranje poljske banke gena potrebno je adekvatno zemljište, vreme, itd. Poljska banka gena postoji u Centralnom institutu za istraživanje pirinča, Orissi, Indija, gde su konzervirane 42.000 sorte pirinča (Kameswara i sar., 2006).

<sup>27</sup> Ortodokšno seme je seme dugog životnog veka i može se uspešno sušiti na nizak sadržaj vlage, do 3-5%. To je seme koje dozvoljava zamrzavanje, a može da se regeneriše bez značajnijih promena u strukturi (Walters i Towill, 2004).

bilja (*The International Plant Protection Convention - IPPC*) i Sanitarni i fitosanitarni ugovor (*The Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures, the "SPS Agreement"*) Svetske trgovinske organizacije (*World Trade Organization - WTO*). Konvencija o biološkoj raznovrsnosti usvojila je 2010. Nagoja Protokol o pristupu genetičkim resursima i pravednoj raspodeli dobiti po osnovu njihovog korišćenja, koja ima potencijal za uticaj na razmenu genetičkih resursa. Na naučnom polju došlo je do napretka vezanog za tehnologiju čuvanje semena, biotehnologiju i informacione i komunikacione tehnologije, koje su dale novu dimenziju zaštiti biljnih genetičkih resursa. Komisija je prihvatila standarde i pozvala na njihovo usvajanje na svojoj četrnaestoj sednici u 2013 (FAO, 2014c). Presudnu ulogu u pružanju dragocenih informacija vezanih za način čuvanja genetičkih resursa imali su menadžeri banaka gena, relevantne akademske i istraživačke institucije.

Cilj standarda je očuvanje biljnih genetičkih resursa pod uslovima koji ih zadovoljavaju, na osnovu trenutnih i raspoloživih tehnoloških i naučnih znanja. Svi standardi doneti su na osnovu principa koji su zajednički za sve vrste banaka gena, a pri izradi standarda uzete su u obzir promene u upravljanju semenom, posebno standardi koji obuhvataju i dostignuća u oblasti sistema dokumentovanja i informacionih sistema, koji sve više postaju centralne tačke poboljšanja upravljanja bankama gena u optimizaciji čuvanja genetičkih resursa (Khanna i Singh, 1991).

Standardi za ortodoksno seme vezani su za sakupljanje semena, njegovo sušenje i čuvanje, monitoring održivosti, regeneraciju, karakterizaciju, dokumentaciju, distribuciju, sigurnosne uzorke i bezbednost semena i osoblja. Standardi za banku gena u polju obuhvataju izbor lokacije, sakupljanje genetičkog materijala, uspostavljanje zbirke na terenu, upravljanje na terenu, regeneraciju i umnožavanje, karakterizaciju, procenu uzoraka, dokumentaciju, distribuciju, sigurnost i bezbednost duplih uzoraka biljaka (Reed i sar., 2004). Tokom poslednjih 10-20 godina istraživanja se više fokusiraju na konzervaciju semena, uzimajući posebno u obzir raznovrsnost biljnih vrsta. Danas postoji značajnije ekogeografsko razumevanje ponašanja semena divljih srodnika i relativne dugovečnosti ortodoksnog semena prilikom njegovog čuvanja, i zato je moguće predvideti koje vrste treba konzervirati korišćenjem određenih tehnika (Hay i Probert, 2013; Osawaru i Ogwu, 2014).

Standardi za čuvanje uzoraka *in vitro*/krioprezervacijom obuhvataju sakupljanje germplazme za seme koje nije otrodoksno (rekalцитrantno), za biljke koje se razmnožavaju vegetativno, testiranje stanja i procenu sadržaja vode, energiju klijanja i vitalnost, hidratisanje za čuvanje rekalцитrantnog semena *in vitro*/krioprezervacijom, dokumentaciju, distribuciju i razmenu, bezbednost i sigurnost umnožavanja (Engelmann, 1999; Engelmann i Takagi, 2000; Reed, 2010).

Banke gena širom sveta, dele mnogo istih osnovnih ciljeva, ali njihove misije, resursi, kao i sistemi delovanja često su različiti. Kao rezultat toga, ukazala se potreba optimizacije sistema rada u bankama gena, što zahteva rešenja pitanja

upravljanja, koji mogu biti različiti. Principi na kojima se zasniva tehnologija rada banke biljnih gena zahtevaju optimizaciju sistema i svrhu konzervacije biljnih genetičkih resursa. Ovi principi daju osnov za uspostavljanje normi i standarda neophodnih za nesmetano funkcionisanje banaka gena. Osnovni principi za očuvanje su:

*Identitet uzorka* - Treba voditi računa da se obezbedi identitet uzoraka semena i postupanja s uzorkom koji se konzervira u banci gena, održava kroz različite procese, počevši od dobijanja do skladištenja i distribucije, pravilne identifikacije uzoraka semena očuvanih u bankama gena, što zahteva pažljivo dokumentovanje podataka i informacija o materijalu. Proces započinje snimanjem pasoških podatka i prikupljanjem podataka dobijenih od donatora, po potrebi.

*Održavanje vitalnosti* - Krajnji cilj upravljanja bankama gena je održavanje vitalnosti genetičkog identiteta i kvaliteta uzoraka semena, stoga je važno pridržavati se propisanih standarda u bankama gena, neophodnih da se osigura propisani nivo vitalnosti. Da bi se postigla održivost rada banke biljnih gena, posebnu pažnju treba posvetiti standardima koji se odnose na aktivaciju germplazme, obradu uzorka i skladištenje, a za seme koje nije ortodoksno procena se vrši vizuelnim pregledom, kako bi se ustanovila eventualna oštećenja semena (Probert, 2003).

*Održavanje genetičkog identiteta* - Potreba da se održi genetički identitet tesno je povezana s održavanjem vitalnosti i raznolikosti originalno prikupljenih uzoraka. Svi procesi u bankama gena, počevši od prikupljanja do skladištenja, regeneracije i distribucije, važni su za održavanje genetičkog identiteta, vodeći računa o tome da se genetički identitet uzoraka u bankama gena održava u skladu sa standardima. Različite molekularne tehnike, uključujući istraživanja mogućih epigenetskih<sup>28</sup> promena, koje mogu ali ne moraju biti reverzibilne, potrebne su da se oceni da li je očuvana genomska stabilnost, naročito kada su uzorci preuzeti iz kriobanaka. Put koji pređe biljka od setve do sakupljanja semena je dug, zbog čega se često pristupa regeneraciji semena u polju. Ponovnu regeneraciju uzoraka koji se čuvaju u bankama gena treba preduzeti kada postoje znaci opadanja vitalnosti i održivosti semena. Održavanje genetičkog identiteta jednako je važno i za germplazmu konzervisanu *in vitro*, naročito u pogledu rizika u somaklonalnim varijacijama.

*Održavanje zdravstvenog stanja germplazme* - Ovaj postupak u bankama gena trebalo bi da osigura da seme, koje se konzervira ili distribuira, bude

---

<sup>28</sup>Epigenetika u biologiji, a naročito u genetici, proučava nasledne promene koje nisu prouzrokovane promenama DNK sekvence. U manjoj meri, epigenetika opisuje i proučava i stabilnije, dugoročne promene u transkripcionom potencijalu ćelije, koje nisu nužno nasledne. Za razliku od „standardne“ genetike, zasnovane na proučavanju strukture i funkcije DNK (genotipa), epigenetika je usmerena na promene u ekspresiji gena ili ćelije, koje imaju druge uzroke, što opisuje termin *epizoda*, tj. njen prefiks (grč. *επι* - *epi* = preko, izvan, oko) + genetika (Spector, 2012; Braszewska-Zalewska i sar., 2013).

slobodno od prouzrokovala bolesti koji se prenose semenom (bakterija, virus, gljiva) i insekata. Uzročnici bolesti koji se nalaze na površini semena lako se eliminišu primenom postupaka za površinsku dezinfekciju. Banke gena često nemaju kapacitet ili potrebne resurse za testiranje semena na prisustvo prouzrokovala bolesti. Posebnu važnost ima testiranje uzoraka koji su dobijeni od trećih lica.

*Fizička sigurnost kolekcije* - Osnovni princip očuvanja germplazme je da fizičke strukture objekata u kojima se germplazma konzervira ispunjavaju adekvatne standarde, da su objekti sagrađeni od odgovarajućih materijala, koji štite banku gena od bilo kakvih spoljnih činilaca, uključujući prirodne katastrofe i oštećenja koja mogu da prouzrokuju ljudi. Standardi za čuvanje semena u bankama gena obezbeđuju se adekvatnim sistemima, koji bi trebalo da postoje kako bi se osigurali traženi uslovi za siguran rad. Pogotovo je važno da održavanje temperature bude adekvatno, a održavanju adekvatne temperature doprinose pomoćni generatori i oprema, kao i stalni monitoring procesi koji se dešavaju u banci gena (Upadhyaya i Gowda 2009).

Dostupnost i korišćenje genetičkog materijala - Konzervisan materijal mora biti na raspolaganju za sadašnju i buduću upotrebu, važno je da svi procesi poslovanja i upravljanja u bankama gena doprinose tom cilju, a takođe je potrebno obezbediti dovoljnu količinu semena i informacija o njemu. Za pojedinačne biljke, ukoliko su prisutne u poljskim bankama gena, trebalo bi naći način da se seme tih biljaka dodatno umnoži, i brzo obezbedi dovoljna količina semena za distribuciju (Engels i Visser, 2003).

*Dostupnost informacija* - Pristup, dostupnost i deljenje informacija trebalo bi da bude prioritet, jer dovodi do boljeg i racionalnijeg očuvanja i obnavljanja podataka, kako bi se formirala i redovno ažurirala baza podataka. Istraživanje podataka, iz baze podataka, može da pomogne istraživačima pri izboru genetičkog materijala i dobijanje povratnih informacija o uzorcima, ako su informacije o očuvanoj germplazmi lako dostupne i pristupačne, što može poboljšati korišćenje germplazme. Dalje, dostupnost podacima može pomoći upravljačkom telu u bankama gena da planira umnožavanje i regeneraciju uzoraka (FAO, 2014a).



# Banke biljnih gena

## Istorijat banaka biljnih gena

Razvoj banaka biljnih gena teče od *ex situ* kolekcija u botaničkim baštama, preko prvih nacionalnih banaka gena, VIR, St. Petersburg, Rusija, osnovane 1894, koju je razvio Vavilov, zatim JKP Gatersleben, Nemačka, 1943. i Nacionalne laboratorije za ispitivanje uslova čuvanja semena - NSSL, USA, 1947. i prve Međunarodne banke biljnih gena IBPGR, 1974, sada Međunarodni biodiverzitet, kao koordinatora sakupljanja i očuvanja biljnih genetičkih resursa. Razvojem kolekcija razvijaju se i informacioni sistemi, kao bitan činilac u razmeni informacija i genetičkih resursa (Kameswara i sar., 2006).

Broj banaka gena naglo je porastao osamdesetih godina prošlog veka. Formiranje kolekcija odvijalo se sledećim hronološkim redom: SAD (1958), Gana (1964), Japan (1966), Kanada (1970), Nemačka (1970), Italija (1970), Poljska (1971), Turska (1972), Brazil (1974) i Etiopija (1976), mada se specijalizovana banka gena za pirinač pominje još 1932. na Madagaskaru. Krajem sedamdesetih godina prošlog veka formirano je 54 banke gena, od kojih su 24 imale mogućnost dugoročnog čuvanja uzoraka. Danas postoji, pored međunarodne banke gena (*International Agricultural Research Center - IARC*), još 1300 nacionalnih i regionalnih banaka gena, od kojih 379 omogućava srednjeročno i dugoročno čuvanje kolekcija (CGIR, 2020).

U Evropi su pored mediteranskih zemalja, koje su već imale razvijen sistem čuvanja genetičkih resursa, aktivnost značajno povećale zemlje zapadne Evrope. Posebno su aktivni Kraljevska botanička bašta (*Royal Botanic Gardens - RBG*) u Engleskoj, Centar za genetičke resurse (*Centre for Genetic Resources - CGN*) u Holandiji, Nacionalni istraživački odbor (*National Research Council - CNR*) u Italiji i Institut za biljnu genetiku i istraživanja u biljnoj proizvodnji (*Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung - IPK*) u Leibniz u Nemačkoj.

## Vrste banaka biljnih gena

Banke biljnih gena su ustanove za čuvanje genetičkog materijala (germplazme), u obliku semena, polena, embriona, kao i *in vitro* kulture tkiva, organizama ili zamrznutog naslednog materijala, u DNK bibliotekama. U bankama gena se čuvaju najraznovrsniji genotipovi biljaka. Adekvatno sačuvan genetički materijal predstavlja potencijalan genetički resurs i može se koristiti, posebno u slučaju genetičke erozije izazvane delovanjem čoveka u ekosistemima, kao što je nestanak pojedinih biljnih vrsta neispitanih genetičkih mogućnosti, upotreba sačuvanih genotipova divljih vrsta za poboljšanje osobina savremenih sorti. Iz tog razloga, banke gena su značajne kao genetički resursi pojedinačnih vrsta

specifične vrednosti, ali i kao izvor genetičkog materijala značajnog za obnovu i unapređenje ukupnog diverziteta ekosistema u cilju sigurnijeg opstanka budućih generacija (Kovačević i Milošević, 2015).

Banke gena podeljene su shodno materijalu koji se konzervira, te tako postoje:

- banke semena,
- banke kulture tkiva,
- krio banke,
- banke polena i
- DNK banke gena (Karafyllis, 2018).

Detaljan rad pojedinih banaka gena biće dat u jednom od narednih poglavlja, a sada će biti naznačene samo osnove rada navedenih banaka.

*Banke semena:* skladištenje semena u kontrolisanom okruženju temperature i vlage. Ova tehnika se koristi za ortodoksno seme koje podnosi dehidraciju, dok se rekalcitrantno seme<sup>29</sup> ne čuva u bankama gena, jer ne može dovoljno da mu se smanji sadržaj vlage, a da se zadrži vitalnost (Drori, 2009).

*Banke kulture tkiva:* Neke biljke proizvode seme koje nije pogodno za čuvanje u bankama semena, dok neke biljke uopšte ne proizvode seme; alternativni način čuvanja ovih vrsta je kulturom njihovih tkiva. Kultura tkiva podrazumeva uzimanje vrlo malih biljnih delova (pupoljci, izdanci, ili drugi delovi), koji se uzgajaju na specijalnim hranljivim podlogama u sterilnim uslovima. Ova tehnika ima prednost nad ostalim metodama, kada su u pitanju veoma retke biljne vrste (Australian Plantbank, online).

*Krio banke:* U krio bankama koristi se metod čuvanja semena metodom krioprezervacije. Krioprezervacija je višestruko korisna za dugoročno čuvanje semena u *in vitro* kulturama. Čuvanje biljnog materijala ovom metodom obezbeđuje ekonomično i sigurno, dugoročno skladištenje genetičkih resursa i to vrsta koje imaju rekalcitrantno seme ili koje se vegetativno umnožavaju (CGIR, 2012).

*Banka polena:* Čuvanjem polena, u bankama polena, može biti sačuvana velika količina polenovih zrna na relativno malom prostoru, a koji stoji na raspolaganju oplemenjivačima za upotrebu u programima za poboljšanje kvaliteta useva, kao dopuna u očuvanju biljnih genetičkih resursa i za istraživačke programe. Polen kao jednoćelijski organizam pruža jednostavan model za istraživanja o načinu njegovog očuvanja. Prikupljeni polen služi za održavanje i

---

<sup>29</sup> Rekalcitrantno seme (neortodoksno seme) je seme koje ne može da se suši ispod relativno visokog nivoa vlage (25% do 45%), stoga ne može da se skladišti na temperaturama zamrzavanja, jer nepovratno gubi klijavost (Bonner i Karrfalt, 2008). Termin je nastao od latinske reči *recalcitro* - neposlušan, nepokoran. Za razliku od drugih vrsta, u uslovima koji generalno odgovaraju očuvanju klijavosti (niska temperatura i vlažnost, kao i ograničen priliv kiseonika), rekalcitrantno seme gubi životnu sposobnost (Vozzo, 2002).

očuvanje alela, biljaka ili populacija, a čuvanje polena u bankama polena obezbeđuje dostupnost uzorku tokom cele godine (Ganeshan i sar., 2008).

*DNK banka gena*: DNK banka gena predstavlja skup velikog broja DNK sekvenci koje su klonirane u vektore i omogućava istraživanja koja se rade u oblastima kao što su proteini, inženjering antitela, inženjering enzima sintetičke biologije<sup>30</sup>, istraživačke biologije i strukturne biologije, kojima mogu da se identifikuju i izoluju DNK fragmenti, interesantni za dalja naučna istraživanja (Volk, online).

### ***Uloga i zadaci banke biljnih gena***

Uloga banke biljnih gena u prikupljanju, karakterizaciji i čuvanju genetičkih resursa, dobija danas poseban značaj zbog velike ugroženosti genetičkog diverziteta, uzrokovane gentičkom erozijom, globalnom promenom klime i drugim činiocima (Brown i Hodkin, 2015).

Osnovni zadatak im je da sačuvaju uzorak tako da mu produže životnu sposobnost koliko god je to moguće. Uzorak se tokom čuvanja nadzire, u smislu održavanja njegove životne sposobnosti (GPA, online). Osnova operativnosti banke gena je obezbeđivanje reprodukcije, zvane regeneracija, kod biljnog materijala. Uzorak semena mora biti povremeno obnavljan u polju, da bi bilo dobijeno novo seme, jer i pored najboljih uslova čuvanja seme može izgubiti kvalitet, najčešće u funkciji vremena.

U bankama gena obavljaju se i taksonomska, fitopatološka, entomološka, genetička i druga istraživanja. Osnovu rada banke biljnih gena čine fiziološka ispitivanja, koja obuhvataju prethodna istraživanja u fazi ispitivanja klijavosti, istraživanja za vreme čuvanja, ustanovljavanje vrednosti uzoraka, konzervacija i čuvanje uzoraka u kulturi tkiva, kao i DNK kolekcije.

Međutim, banke gena ne rade samo na konzervisanju genetičkih resursa. One imaju intenciju da resursi budu korišćeni, bez obzira na to da li se radi o gajenju kod poljoprivrednika, u okviru oplemenjivačkih programa ili u istraživačkim centrima. To znači da treba da postoji sigurnost da je kolekcija odgovarajuće karakterizovana i dokumentovana i da je dokumentacija dostupna svima kojima je potrebna. Informacioni sistem koji se koristi u bankama gena veoma je važan da bi istraživači i oplemenjivači mogli da pristupe podacima o uzorcima koji su im neophodni za rad (IRRI, online).

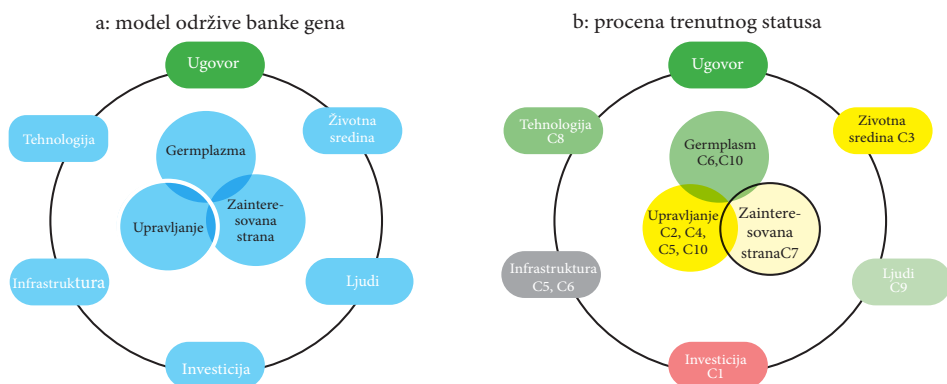
---

<sup>30</sup>Sintetička biologija (SinBio) je multidisciplinarna oblast istraživanja, koja nastoji da stvori nove biološke delove, uređaje i sisteme ili da redizajnira sisteme koji se već nalaze u prirodi (Bueso i Tangney, 2017).

## Analiza ranjivosti semena u bankama gena

Kada se posmatra rad svih banaka gena u svetu, ne može a da se ne postavi pitanje da li one sve rade po propisanim standardima i da li postoji rizik da se pojedini uzorci izgube. Tada analiza ranjivosti očuvanja germplazme postaje od suštinske važnosti za održivost sistema banaka gena. Dosta je učinjeno na razvoju procedura za procenu rizika i analizu upravljanja rizicima u bankama gena (Romero i sar., 2010), ali malo se zna o primeni upravljanja rizicima širom sveta, u bankama gena (Yong-Bi, 2017).

Konfigurisan je model za idealan održiv sistem rada banke gena (sl. 33a), gde bi se ostvario dugoročni cilj očuvanja i korišćenja biljne germplazme, s ciljem što lakšeg izvođenja analize ranjivosti. Ovaj model ima tri elementa genetičkog materijala, upravljanje i interesne grupe, kao glavne integrisane operatore koji pružaju bankama gena vrednost u šest elemenata (ugovor, političko okruženje, javne investicije, infrastrukturu, kadrove i primenjene tehnologije), da bi obezbedili zajedničku podršku radu banke gena. Ugovorna osnova zasniva se na pretpostavci da su biljni genetički resursi javna dobra, a da njihovo očuvanje predstavlja oblik društvenog osiguranja i, kako navodi Perrings (1995), predstavlja političko opredeljenje, zajedno sa dugoročnim javnim investicijama u bankama gena, infrastrukturi i resursima, da podrži dugoročni rad banaka gena. Stoga, održivost biljnih genetičkih resursa i banaka biljnih gena, može da se uspostavi, barem teoretski, kao što je prikazano na slici 33a. Međutim, model ne mora uvek biti stabilan, jer može doći do promena u nekim elementima podrške, naročito kada je povećan broj uzoraka koji se konzervira, tokom vremena. Postoje dva kritična elementa, a to su kolebanja u ekonomiji, koja se odražava na slabost modela, i privatni podsticaji za očuvanje genetičkog materijala, kao javna dobra, ako nisu dovoljno jaki za postizanje javnih ciljeva, dodatno smanjujući izvore finansijske podrške za javne banke gena.



**Slika 33.** Model idealnog sistema održive banke gena i procena trenutnog stanja; (a) model za održivu banku gena; (b) tekući rad banke gena uglavnom je stresan; problemi su numerisani od 1-10 (Yong-Bi, 2017)

Na osnovu izazova koji su navedeni u tekstu, ukupna procena trenutnog stanja u bankama gena, u odnosu na predstavljanje modela je da banke gena širom sveta uglavnom rade pod stresnim uslovima, zbog neadekvatnih javnih investicija, oslabljene političke podrške i nedovoljnog angažovanja zainteresovanih strana (sl. 33b). Istovremeno se pogoršava stanje s osobljem koje radi u bankama gena, dok se neka konzervisana germplazma gubi (C10) (FAO, 2010). Kao što je prikazano na slici 33b u tački C1, kako broj uzoraka sačuvane germplazme raste, rastu i troškovi njenog čuvanja, a javne investicije u sistemima banaka gena ne povećavaju se istim tempom kojim se povećava broj uzoraka u sistemima. Slika 33b, u tački C7 pokazuje da privatni sektor nije aktivno podržao sisteme javnih banaka gena, a većina aktera ne pruža podršku upravljanju bankama gena za dugoročno čuvanje uzoraka. Nedostatak dovoljne podrške uticao je na svaki segment operacija koje se odvijaju u bankama gena, kao što je to prikazano na slici 33b, objašnjavajući rizik od genetičke erozije u okviru banaka gena (Yong-Bi, 2017).

### ***Banke semena***

Banke semena, uglavnom se nazivaju bankama gena, mada se vidi da banke gena mogu da čuvaju i druge materijale, drugim tehnologijama. Osnovni način čuvanja semena u bankama biljnih gena je čuvanje ortodoksnog semena. Kod čuvanja semena u bankama biljnih gena vlaga u semenu se svodi na nizak procenat i ono se skladišti na temperaturi +4°C za srednjoročne uslove čuvanja, ispod nule u hladnim komorama ili dubokim zamrzavanjem u zamrzivačima na -20°C, za dugoročne uslove čuvanja. Prema podacima FAO, ovaj način čuvanja obuhvata 90% od svih uzoraka koji se čuvaju *ex situ* i iznosi oko 6 miliona (FAO, 1996). Broj uzoraka, prema podacima FAO za 2014, iznosio je oko 7,5 miliona (FAO, 2014b).

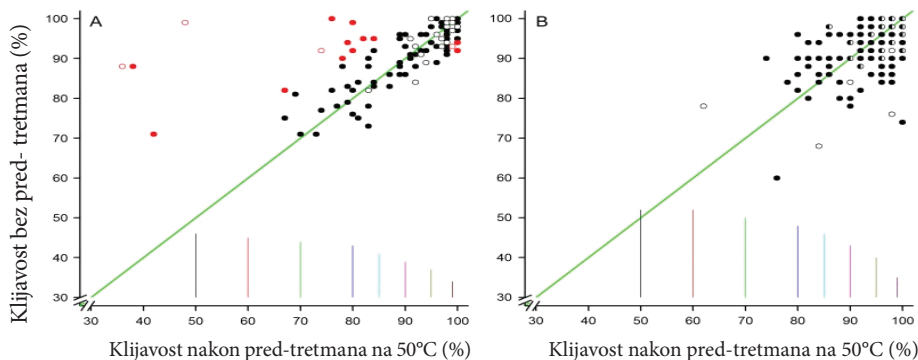
Postoje dve vrste kolekcija, kada se govori o čuvanju semena u bankama semena, i to u odnosu na njihovu namenu, a to su bazne i aktivne kolekcije. Bazne kolekcije, namenjene dugoročnom čuvanju semena, definisane su kao set uzoraka od kojih svaki poseduje genetički integritet što bliži po osobinama izvornom uzorku, koji je tako pripremljen da se može dugoročno čuvati. Iz ove kolekcije ne može se slati seme po zahtevu nekom drugom korisniku. U baznim kolekcijama uzorak semena se pakuje u najvećem broju, u aluminijske folije, mase je oko 1 kg (1000 - 2500 semena) za svaki uzorak i seme se u baznoj kolekciji čuva na -18°C +/- 2°C, pri sadržaju vlage u semenu od 3% - 7%, u proseku, u zavisnosti od biljne vrste. Ukoliko su pomenuti uslovi ispunjeni, životna sposobnost semena, koja se čuva, može biti 60 i više godina (FAO/IPGRI, 1994).

Dugoročno čuvanje, u baznim kolekcijama semena, trebalo bi da ispunjava sledeće uslove:

- da se seme čuva po međunarodnim standardima;
- da oprema za čuvanje ima dovoljan kapacitet za čuvanje i rezervni izvor energije i
- da poseduje proceduru za obezbeđenje sigurnog čuvanja i obnavljanja rezervnih uzoraka (duplikata) koji se čuvaju na drugoj lokaciji.

Aktivne kolekcije namenjene su srednjeročnom skladištenju semena čuvaju se obično na temperaturi u rasponu od 0 - 10°C, pri relativnoj vlažnosti vazduha 25% - 30% i vlažnosti semena od  $5 \pm 1\%$ . U pomenutim uslovima čuvanja, životna sposobnost semena može da se održi 30 godina i duže. Precizni uslovi skladištenja, za obezbeđivanje pomenutih zahteva, uveliko zavise od biljne vrste (FAO 2013; Ellis i sar., 2018). Aktivne kolekcije čine uzorci semena koji su spremni za umnožavanje ili distribuciju drugom korisniku. Distribucija ili razmena uzoraka predstavlja slanje uzoraka drugim bankama gena ili oplemenjivačima, radi istraživanja, karakterizacije, evaluacije ili regeneracije. U aktivnim kolekcijama, uzorci semena čuvaju se obično u plastičnim kontejnerima, koji mogu da prime otprilike 2 - 3 kg (5000 - 10000 semena). Uzorci semena mogu da se koriste za razmenu, po zahtevu, koji se dostavlja banci gena.

Praćenje vitalnosti semena putem testova bi trebalo češće izvoditi, jer se tako može proceniti njegova dugovečnost kod dugoročnog i srednjeročnog čuvanja, što je potrebno za efikasno upravljanje bankama semena (Hay i sar., 2015), posebno kod divljih vrsta gde rizik od gubitka genotipa može biti visok (Probert i sar., 2009). Mirovanje semena može trajati dugo kod divljih srodnika, te je potrebno koristiti različite načine uklanjanja dormantnosti, kako bi rezultati testa klijavosti bili objektivni (Ellis et al. 1985a,b). Pitanje uklanjanja dormantnosti u bankama semena nije do kraja razrešeno, a mirovanje je poseban problem za banke gena koje čuvaju seme divljih biljnih vrsta (Perez-Garcia i sar., 2007; ISTA, 2013).



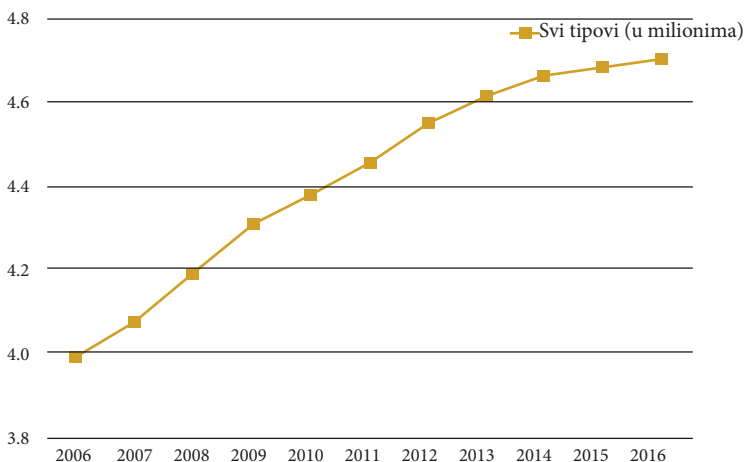
**Slika 35.** Razlike u procentu klijanja semena pirinča, kod aktivne i bazne kolekcije (Hay i Whitehouse, 2017)

Hay i Whitehouse (2017) su kod uzoraka semena pirinča ispitivali klijavost semena i to kod uzoraka koji su čuvani u aktivnoj kolekciji (na 2 - 4°C; A) i baznoj kolekciji (-20°C; B), u Međunarodnoj banci gena za pirinač, tokom 5 - 6 godina (tačkaste oznake) i između 10 - 36 godina (puna linija) (sl. 34). Kod slike B, poluispunjene tačke označavaju rezultate klijavosti, koji su posmatrani za obe dužine skladištenja semena, iz istog uzorka klijala su, sa ili bez standardne hemijsko termičke obrade (50°C tokom 7 dana). Dijagonalne zelene linije pokazuju liniju jednakosti, odnosno situaciju gde ne postoji razlika u klijanju, u zavisnosti od toga da li su semena imala prethodni tretman. Za ilustraciju, crveni simboli na slici A pokazuju posmatranje dva rezultata. Ako je seme tretirano identično, crveni simboli su odstupali od tolerancije ako se primeni metoda klijanja Međunarodne organizacije za ispitivanje semena ISTA. Vertikalne linije na slici A predstavljaju razliku koja se maksimalno toleriše, između dva ponavljanja od po 100 semena svakim procentom prosečnog klijanja, kako je to označeno na horizontalnoj osi, za prag značajnosti od 5%. Vertikalne linije na slici B predstavljaju maksimalno tolerisanu razliku između dva ponavljanja, u ispitivanju 50 semena (Cooke i sar., 2017).

Kontrolisana atmosfera neophodna je za bezbedno skladištenje semena, kako za dugoročno tako i za srednjoročno čuvanje semena, mada uslovi za dugoročno čuvanje iziskuju preciznije uslove zbog toga što se seme čuva na duži vremenski period. Operativni troškovi kod čuvanja semena, pogotovo skladišnog prostora po uzorku semena, povećavaju značajno cenu čuvanja zbog zahteva za određenom temperaturom i relativnom vlažnosti vazduha. Stoga bi se, pre čuvanja semena, morala doneti odluka o tome koja vrsta čuvanja semena je potrebna, a donošenje odluke može biti povezano s vremenskim periodom za koji se očekuje čuvanje semena i karakteristikama skladištenja biljnih vrsta (Khanna i Singh, online).

Za statistiku o bankama gena i broju uzoraka na međunarodnom nivou odgovorno je Statističko odeljenje Ujedinjenih nacija (*The UN Statistics Division - UNSD*), kao i za objedinjavanje ciljeva o održivom razvoju (*Sustainable Development Goals - SDG*), koji se mogu naći na njihovom sajtu (SDG, 2017). Prema podacima UNDS, do kraja 2016. 4,7 miliona uzoraka semena i drugog biljnog genetičkog materijala konzervisano je u 602 banke gena, u 82 zemlje i 14 regionalnih i međunarodnih centara. Tokom proteklih 10 godina, stopa rasta broja uzoraka u bankama gena je usporena, kako je to prikazano na slici 35 (Guarino, 2017).

Broj uzoraka biljnih genetičkih resursa srednjeročno i dugoročno čuvanih u periodu 2006-2016 (izraženo u milionima)



**Slika 35.** Broj uzoraka koji se srednjeročno i dugoročno čuva u bankama gena u poslednjih 10 godina u svetu (Guarino, 2017)

## Prikupljanje semena

Plucknett i saradnici (1987) opisali su kako je tokom istorije evoluiralo sakupljanje semena, od najranijih ekspedicija u Samarićana, Egipćana, Grka i Rimljana, do Vavilova, koji je sačinio najopsežnija istraživanja širom sveta prvom polovinom dvadesetog veka. Prikupljanje i konzervisanje genetičkih resursa kod biljaka trajalo je skoro jedan vek. Paralelno sa razvojem oplemenjivanja i drugih naučnih istraživanja, formirane su i prve banke gena koje predstavljaju žive kolekcije semena i služe kao jedan od izvora gena za poboljšanje poljoprivrednih proizvodnih karakteristika (Maggioni i sar., 2015).

Zbog genetičke divergentnosti koju poseduju, populacije su često predmet konzervacije. U središtu interesovanja su korenaste i krtolaste vrste sa Anda, posebno vrste divljeg krompira *Solanum andigena*, *S. phurea*, *S. chaucha*, *S. gonocalyx*, *S. curtilobum*, *S. ajanhuiri*, *S. juzepczukii*, *S. Stenotomum*, kao osnove za obiman program „Nova hrana za novi milenijum“ (William i Ynouye, 2007).

Zbog pojave erozije genetičkih resursa, FAO je 1963. formirao Panel eksperata za korišćenje biljnih genetičkih resursa. Tada je organizovano masovno prikupljanje biljnih vrsta sve do kraja osamdesetih godina prošlog veka. Ostvareno je mnogo sakupljačkih ekspedicija i formirana je Međunarodna konsultativna grupa za istraživanja u poljoprivredi (*Consultative Group on International Agricultural Research - CGIAR*). Ona je ustanovila kolekciju germplazme važ-



njih biljnih vrsta i usmerila svoj rad na inventarizaciju, karakterizaciju, dokumentaciju i regeneraciju uzoraka.

Mnoge zemlje prepoznale su značaj genetičkih resursa i razvile svoje nacionalne programe, sa sopstvenim prioritetima. Prepoznat je i značaj daljeg kolekcionisanja genetičkih resursa. Ovog puta težište je stavljeno na ugrožene i ekonomski manje značajne biljne vrste, kao i nedostajuće biljne vrste, važne za zemlju ili region. Potreba za integrisanim sistemom konzervacije i kompleksnost *ex situ* čuvanja je takođe prepoznata kao prioritet (Kovačević i Milošević, 2015).

Kao primer ugrožene autohtone vrste, može se navesti ekonomski manje značajna vrsta samoniklog luka *Allium ursinum* subsp. *ucrainicum*, koji raste na teritoriji Srbije, ali i u umerenom klimatu Evrope od Engleske do Kavkaza. U narodu se naziva medveđi luk, ili srećuš. Podvrsta se javlja u šumskim zonama, sa razvijenim populacijama na različitim nadmorskim visinama, od 260m do 1150m (Anačkov, 2002). Gajenje ove vrste samoniklog luka, koji se koristi, čak je i klasifikovan, kao lekovito bilje, nije moguće jer je biljka osetljiva na promenu uslova sredine.

Kao i za sve postupke, koji prate čuvanje uzoraka u bankama gena, postoji tehnički vodič za sakupljanje biljnog genetičkog diverziteta (*Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines*), koji je inoviran 2011 (Guarino i sar., 2011; BI, online, g). Knjiga „Tehnički vodič za sakupljanje biljnog genetičkog diverziteta“ daje specifična, praktična, teoretska uputstva za sakupljanje biljnih genetičkih resursa i na taj način olakšava rad sakupljačima (Goldberg, 2011).

Razlog sakupljanja germplazme je da se obezbedi dovoljno genetičke različitosti, koja može da zadovolji trenutne i buduće potrebe u genetičkim resursima, a ostali razlozi za sakupljanje uključuju:

- genetičku eroziju: kada postoji opasnost od gubitka genetičke raznovrsnosti, prisutne u određenoj oblasti, a *in situ* čuvanje nije moguće,
- popunjavanje nedostataka: kada raznovrsnost nedostaje ili je zastupljena u postojećoj kolekciji,
- potrebu za sakupljanjem: kada je germplazma potrebna za uzgoj, istraživanje ili razvoj posla i
- neplanirano sakupljanje: na neplanirani, slučajan način prikupljeni uzorci, kod kojih su ustanovljene određene prednosti (Rao i sar., 2006).

Uzorci za potrebe banke semena mogu da se prikupljaju od poljoprivrednika, sa divljih staništa ili na tržištu, posebno u poznatim centrima raznovrsnosti. Drugi način na koji se može doći do uzoraka i obezbediti materijal od interesa je putem prepiske i razmene sa drugim centrima za sakupljanje biljaka, banaka gena, naučnim radnicima, privatnim proizvođačima semena ili drugim dobavljačima germplazme.

Prilikom sakupljanja semena potrebno je voditi računa o ujednačenoj zrelosti semena, jer ukoliko je seme ujednačeno zrelo, očekuje se veći procenat klijavosti, što je veoma važno jer uzorci nisu veliki, ali su jedinstveni po svojoj genetičkoj konstituciji.

Kod sakupljanja uzoraka veoma je važno voditi računa i o sadržaju vlage (10 - 20%) i ukoliko se proceni, da je seme s višim sadržajem vlage, potrebno ga je sušiti, ako su ekspedicije duže, u hladovini ili provetреноj prostoriji, na paprinoj podlozi. Isto kao i uzimanje uzoraka određenog sadržaja vlage, potrebno je izvršiti primarno čišćenje uzorka, koje podrazumeva uklanjanje fizičke nečistoće, koja može povećati sadržaj vlage ili fizički oštetiti seme. Uzorci se pakuju u papirne ili platnene kese, kako bi se omogućilo da seme normalno diše do dopremanja u banku semena. Novo prikupljeni uzorak semena prati dokumentacija, odnosno pasoški podaci.

Banke gena treba da budu svesne opasnosti nenamernog uvođenja gena ili genetički modifikovanih useva u toku umnožavanja germplazme i moraju preduzeti mere za minimiziranje istih. Kada se planira prikupljanje novih uzoraka, osoblje banke gena trebalo bi da sprovede analizu rizika, kako bi se utvrdilo:

- da li ima transgenih biljaka (komercijalni ili istraživački) ili prisutnih taksona u oblasti prikupljanja uzorka,
- rastojanje između lokacije na kojoj se sakupljaju uzorci za banke gena i oblasti u kojima se nalaze transgene biljke i
- da li dobavljači germplazme mogu da obezbede adekvatnu dokumentaciju u vezi sa materijalom koji je u pitanju (Rao i sar., 2006).

## **Postupak sa uzorcima u bankama semena**

Čuvanje semena jedna je od najosetljivih faza u očuvanju genetičkih resursa. Ono se sastoji iz nekoliko logično sledljivih postupaka, kako bi uzorci koji se čuvaju bili obeleženi, imali određene kvalitativne osobine i bili adekvatno upakovani i uskladišteni pod odgovarajućim uslovima.

U celokupnom postupku potrebno je ispoštovati postojeći protokol za banke gena, kao što je Standardni protokol za banke gena iz 1994, dopunjen i inoviran 2013 (FAO/IBPGRI, 1994, FAO, 2013), koji predviđa sledeće korake u čuvanju semena, za potrebe banke semena:

1. registracija uzoraka,
2. čišćenje semena,
3. inicijalni test klijavosti semena,
4. sušenje uzoraka semena,
5. ispitivanje zdravstvenog stanja semena,

6. pakovanje semena,
7. periodični test klijanja semena i
8. regeneracija uzoraka semena.

## Registracija uzoraka

Pre nego što se uzorak semena podvrgne ispitivanju inicijalne klijavosti, neophodno je pristupiti registraciji i čišćenju uzorka.

Po prijemu uzorka, a pre registracije, proverava se da li se prispeli uzorak već nalazi u banci semena, da li je kvalitet semena vizuelno odgovorajući i posle toga se pristupa registraciji uzorka. Postupak registracije uzorka podrazumeva da svaki uzorak po prispeću u banku semena mora biti registrovan, odnosno mora dobiti broj ili šifru pod kojom će se voditi. Dati broj se upisuje u podatke koji prate uzorak i to su takozvani pasoški podaci. Pasoški podaci koji se odnose na obeležavanje uzoraka podrazumevaju:

- Institutski kod (INSTCODE) - kod instituta u kome se uzorak održava. Kodovi se sastoje od 3 slova što je određeno standardnom ISO 3166<sup>31</sup> koji se odnosi na međunarodni kod zemlje u kojoj se nalazi institut plus broj. Sadašnji set Institutskih kodova je dostupan na sajtu FAO.
- Broj uzorka (ACCENUMB) - ovaj broj je unikatni identifikator za uzorke i on se utvrđuje kada se uzorak pridružuje kolekciji. Broj koji dobija uzorak se više ne daje drugim uzorcima u kolekciji, pa čak i u slučaju da je uzorak izgubljen, broj tog uzorka nikada više ne sme biti upotrebljen. Broj uzorka može sadržati i slova koja se stavljaju ispred broja, da bi identifikovala banku semena ili nacionalni sistem, npr. IDG su slova koja se koriste da identifikuju banku gena u Bariju, Italija, CGN indikuje na banku gena u Vageningenu, Holandija, itd.
- Botaničko ime (BOTNAME) - za botaničko ime naznačava se latinski naziv uzorka, saglasan botaničkoj klasifikaciji koja se koristi u zemlji u kojoj se uzorak čuva. Naziv uzorka se obeležava sa ACCNAME.
- Ime autora vste ili roda (SPAUTHOR) - ime autoriteta po kome je dobijeno ime, npr. *Pisum sativum* L. (Line)
- Porodica (FAMILIA) - botanička porodica (npr. *Fabaceae*, *Leguminosae*)
- Naziv biljne vrste (CROPNAME) - naziv biljne vrste na jeziku vođenja pasoških podataka (uljana repica)
- Zemlja porekla (ORICCTY) - kao zemlja porekla uzorka naznačava se ime zemlje iz koje on potiče. Upotrebom standarda ISO 3166 obezbeđuje se kod, npr. upotrebljavaju se tri slova koda zemlje. Za Srbiju bi to bilo SRB.

---

<sup>31</sup> Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) stvorila je i održava ISO 3166 standard - kodove za predstavljanje imena zemalja i njihovih delova (ISO 3166, 2018)

- Godina uključenja u kolekciju (INYEAR) - za potrebe vođenja evidencije o godišnjem povećanju kolekcije u banci gena, unosi se datum kada je uzorak uključen u kolekciju. Ukoliko datum nedostaje, ubacuju se slova (MM ili DD), mada može biti označen i crticom, a vodeće nule su obavezne. Na primer, za: 1968 ---- : 20020620
- Lokacija na kojoj je uzorak uzet (COLLSITE) - Informacije o lokaciji, nadmorskoj visini zemlje gde je prikupljen uzorak, što bi moglo obuhvatiti udaljenost u kilometrima i pravac od najbližeg grada ili sela.
- Geografska širina - stepena (2 cifre), minuta (2 cifre) i sekunde (2 cifre), a potom S (sever) ili J (jug) (npr 103020S). Ako neki podatak, recimo minuta, sekunde nedostaje, označava se crtom (npr. 1-S; 011530N; 4531-S).
- Nadmorska visina na kojoj je uzorak uzet - označava se visina iznad nivoa mora.
- Datum sakupljanja uzorka (COLLDATE) - datum sakupljanja uzorka obeležava se YYYYMMDD. Podaci koji nedostaju obeležavaju se slovima (MM ili DD), mada može biti označen i crticom, a vodeće nule su obavezne.
- Kod instituta u kome je materijal kreiran (BREDCODE) - institut u kome je kreiran materijal.
- Biološki status pristupanja (SAMPSTAT) - predloženi kod šeme može se koristiti na 2 različita nivoa: korišćenjem opštih kodova (podebljano), kao što su 100, 200, 300, 400 ili pomoću više specifičnih kodova poput 110, 120 itd., npr. 100) divlja 110) iz prirode 120) polu prirodna poludivlja, 200) korov 300) tradicionalna sorta/populacija 400) nastao ukrštanjem/istraživački materijal, 410) oplemenjivačka linija, 411) sintetička populacija, 412 ) hibrid, 413) bazna populacija, 414) inbred linija (roditelj hibridnog sorte), 415) segregaciona populacija, 500) naprednija/poboljšana sorta, 999) ostalo.
- Istorija podataka (ANCEST) - informacije o pedigreu, ili drugi opis predaka (npr. roditelj sorti u slučaju mutanata ili selekcije).
- Izvor sakupljanja/dobijanja (COLLSRC) - predložena kodna šema, može se koristiti na 2 različita nivoa u pogledu detalja: bilo korišćenjem opštih kodova (podebljano), kao što je 10, 20, 30, 40 ili pomoću više specifičnih kodova poput 10, 11, 12 itd.) divlje stanište, 11) šuma/šumovit 12) žbunje, 13) travnjak, 15) vodena staništa, 20) farma ili obrađeno stanište, 21) polje, 22) voćnjak, 23) dvorište, ili okućnica, 24) neobrađeno zemljište, 25) pašnjak, 26) prodavnica na poljoprivrednom gazdinstvu, 27) gumno, 28) park, 30) prodavnica 40) institut, ekperimentalna stanica, istraživačka organizacija, banka gena 50) semenska kompanija, 60) poremećena ili ruderalna staništa 61) na putu 62) margina polja, 99) ostalo.
- Kod instituta donatora (DONORCODE) - Institut, institut koji je kreirao materijal.
- Pristupni broj donatora (DONORNUMB) je broj dodeljen kod pristupanja od strane donatora.

- Drugi identifikacioni broj (!) je u vezi sa pridruživanjem (OTHER-NUMB), to su bilo koji drugi identifikacioni brojevi (!), a da je poznato da postoje u drugim kolekcijama za ovo pristupanje. Koristi se sledeći sistem: INSTCODE: ACCENUMB; INSTCODE: ACCENUMB; INSTCODE a ACCENUMB prati opisani standardne, odvojeni su dvotačkom; parovi INSTCODE i ACCENUMB su odvojeni zarezom bez razmaka; kada nije poznat institut, broju bi trebalo da prethodi naznaka.
- Lokacija sigurnosnih duplikata (DUPLSITE) - kod instituta gde se održava sigurnosni duplikat, kod se sastoji od 3 slova ISO 3166 međunarodni kod zemlje, u kojoj se nalazi institut plus broj.
- Vrsta germplazme skladištenje - ako je germplazma održavana u različitim tipovima skladištenja, višestruki izbori su dozvoljeni, odvojeni su zarezom (npr. 20, 30). (Pogledajte FAO/IPGRI GeneBank standardima 1994/2013 za detalje o vrsti skladišta 10) prikupljanje semena 11) kratkoročni 12) srednjoročni 13) dugoročni 20) poljska kolekcija 30) *in vitro* kolekcija 40) kolekcija čuvana metodom krioprezervacije 99) drugo.
- Pristupanje URL adresi (ACCEURL) - URL adresa je povezivanje sa dodatnim podacima o pristupanju bilo u kojoj banci gena koja održava uzorak ili iz nekog drugog izvora.
- Status u multilateralniom sistemu (MLSSTAT) informacije, ako je rod/vrsta navedena u Aneksu 1 Međunarodnog ugovora (da = 1, ne = 0) AEGIS status (AEGISSTAT) informacije ako je prikupljanje deo AEGIS projekta (da = 1, ne = 0) (Rao i sar., 2006).

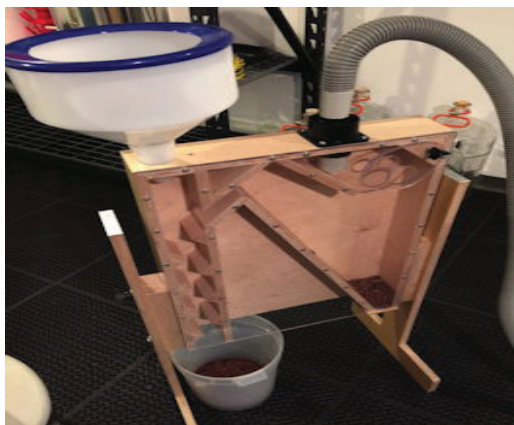
### Prečišćavanje semena

Postupak prečišćavanja semena se obavlja po prijemu uzorka, kako bi se iz uzorka odstranilo sve što nije željeno seme, kao što su biljni ostaci, plodonosna tela gljiva (sl. 36) i dr. Ukoliko prečišćavanje nije moguće uraditi po prispeću semena, ono se odlaže na temperaturu od 10 - 15°C, do postupka čišćenja.



**Slika 36.** Plodonosna tela gljive (sklerocije) *Claviceps purpurea* (orig.)

Prečišćavanje se obavlja i posle umnožavanja semena, u polju i žetve. Obično se vrši ručno jer se radi o manjim količinama semena. Preporuka svih koji rade s uzorcima u bankama semena je da se proces prečišćavanja vrši ručno, najviše zbog toga da ne bi došlo do mehaničkih povreda semena koje na taj način gubi na kvalitetu. Ukoliko se koriste male laboratorijske mašine, obično se koristi duvatelj, kako bi se izbacila prašina i lakši inertni materijal iz mase semena (sl. 37), mada može da se koristi i sistem sita koja imaju sličnu svrhu kao i duvatelj, ili njihova kombinacija. Sita mogu da se koriste i za kalibrisanje semena, ako postoji veća količina semena, da bi se dobila ujednačena frakcija semena koja ima sličan kvalitet. U procesu čišćenja posebna pažnja se poklanja odstranjivanju nedozrelog semena, bolesnog semena i semena kontaminiranog insektima.



**Slika 37.** Ručno izrađena mašina za čišćenje semena (usisna posuda, vazдушna struja mehaničke prepreke, do pada semena u posudu koja ga sakuplja (Real Seed, online)

### **Inicijalni test klijavosti semena**

Vitalnost semena ili njegova životna sposobnost određuje se kroz proces ispitivanja klijavosti i mogućnosti obrazovanja nove jedinke. Sam proces klijanja, sa aspekta posmatranja ćelije, počinje bubrenjem, disanjem, enzimskim aktivnostima, sintezom RNK i proteina, što omogućava intenzivnu deobu ćelija (Milošević i Ćirović, 1994). Određivanje klijavosti vrši se po standardnim metodama, koje uvažavaju specifične zahteve biljnih vrsta (ISTA, 2019). Klijavost semena može se određivati primenom različitih metoda, a izbor metoda zavisi od krupnoće, hemijskog sastava semena, kao i same svrhe ispitivanja:

- na i u filter papiru,
- na i u pesku i (sl. 38)
- u zemlji.



**Slika 38.** Ispitivanje klijavosti semena u pesku (Foto: Vujaković.)

Temperatura na kojoj se vrši ispitivanje klijavosti zavisi od zahteva biljne vrste, ali se uglavnom vrši u rasponu od 10 - 30°C ili takozvanoj alternativnoj temperaturi, kada se seme izlaže osam sati višoj temperaturi, obično 30°C, a zatim šesnaest sati nižoj temperaturi od 20°C.

Za dobro čuvan uzorak semena, koji je imao početnu klijavost nešto ispod 100%, posle 40 godina inicijalna klijavost postaje irelevantna, zbog toga što ona ne može da se održi na početnom nivou. Kod divljih srodnika i nekih gajenih biljnih vrsta, klijavost može biti niža i značajno se promeniti tokom skladištenja, zbog mirovanja semena (Ellis i sar., 1993; Pérez-García i sar., 2007).

Kod semena može biti prisutan visok nivo mirovanja, posle žetve, kao što su sitnozrne leguminoze, šećerna repa, suncokret, pšenica, koje je potrebno ukloniti. Za uklanjanje mirovanja postoje brojne metode, počev od niske ili visoke temperature kojoj se seme izlaže, skarifikacije (mehanička, koncentrovana  $\text{HNO}_3$  ili  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), primene hormonskih preparata, kao što je giberelinska kiselina,  $\text{KNO}_3$ , ispiranje semena i drugih metoda, kako bi se dobila slika o realnoj klijavosti semena. Ako je vrednost inicijalnog testa klijavosti 65%, to ne znači da je 35% semena mrtvo, nego da recimo 35% semena može biti u stanju mirovanja. Kod semena, kod kog nije prisutan period mirovanja, nivo greške koja se dobija ispitivanjem klijavosti je minorna (Milošević et al., 1996; Marjanović-Jeromela i sar., 2008; Marjanović-Jeromela i sar., 2016).

## Sušenje semena

Sadržaj vlage je količina vode u semenu i obično se izražava u procentima. Može biti izračunata na vlažnoj osnovi mase semena (gde je sadržaj vlage izražen kao procenat sveže mase semena) ili na bazi suve mase semena (gde je sadržaj vlage izražen kao procenat suve mase semena). U banci gena sadržaj vlage

u semenu obično se izražava na osnovu vlažne mase semena i sva opredeljenja i kalkulacije treba da prate ovo pravilo. Sadržaj vlage u semenu može se precizno odrediti eksperimentalno, naučnim tehnikama, ili se može predvideti približno iz dostupnih informacija (Biodiversity International, online, d). Destruktivne metode, poput mlevenja semena radi ustanovljavanja sadržaja vlage, ne mogu se koristiti ukoliko se radi o malom uzorku semena. Mala promena u sadržaju vlage u semenu ima veliki uticaj na njegovu životnu sposobnost u skladištu, zato je važno da se zna sadržaj vlage u semenu, kako bi se izvršile precizne procene o mogućnostima njegovog čuvanja. Sadržaj vlage u semenu se izračunava po formuli Međunarodne organizacije za ispitivanje semena (ISTA, 2019).

$$\% \text{ Moisture Content} = \frac{\text{Weight of fresh seeds} - \text{Weight of dry seeds}}{\text{Weight of fresh seeds}} \times 100\%$$

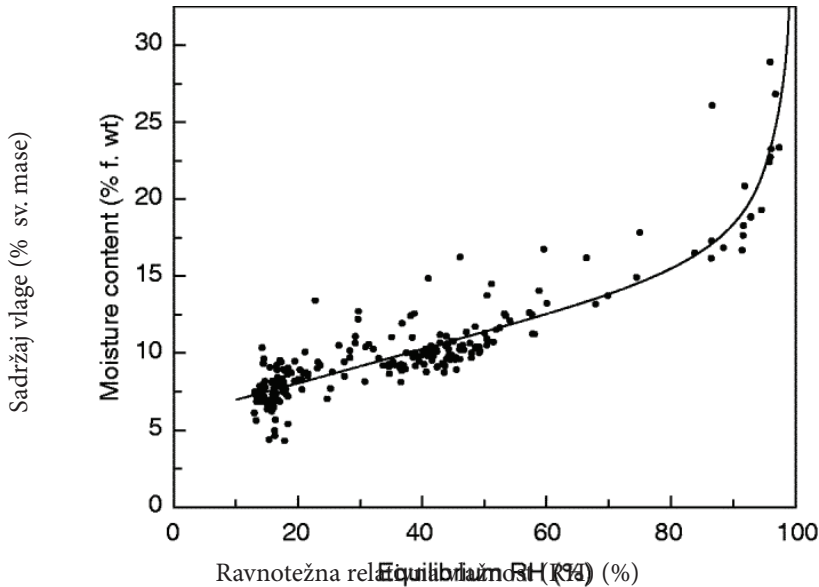
Za seme skoro svih biljnih vrsta potrebno je dodatno sušenje. Ako se seme dodatno suši koristi se formula (ISTA, 2019).

$$\text{Final \% moisture content} = S1 + S2 - \frac{S1 \times S2}{100} \%$$

Gde je S1 = % sadržaja vlage iz prve faze sušenja i S2 = % sadržaja vlage iz druge faze sušenja.

Sadržaj vlage u semenu je važan pokazatelj, jer određuje kvalitet semena u datom momentu i ustanovljava mogućnost dužeg čuvanja. Ukoliko je početni sadržaj vlage visok, može doći do pokretanja fizioloških i biohemijskih procesa, usled čega seme gubi kiljavost, a ukoliko je suviše niska stvaraju se preduslovi za nastajanje mehaničkih oštećenja (Milošević i Malešević, 2004). Sušenje semena vrši se uglavnom izlaganjem semena sobnoj temperaturi, kako bi se uspostavila ravnoteža između vlage u semenu i vlage u prostoriji u kojoj je smešteno seme, tzv. ekvilibrijum. Odnos vlažnosti semena i ravnotežne relativne vlažnosti vazduha tokom sušenja 20 uzoraka semena pirinča, prikazan je na slici 39. Sva merenja relativne vlažnosti izvedena su na temperaturi koja je varirala od 20,8°C do 24,7°C. Seme je ili odmah osušeno u suvoj prostoriji ili inicijalno osušeno u sušnici. Iz dobijenih podataka izračunata je desorpciona izoterma, koja ima nagib 13% i 80% - 85% sadržaja relativne vlažnosti vazduha (7,3% i 15,5% - 16,6% vlažnosti svih uzoraka semena). Puna linija je rezultat uklapanja podataka i predstavlja modifikovanu verziju jednačine D'Arce-Vatt izoterme (Whitehouse i sar., 2015).





**Slika 39.** Izgled desorpcione izoterme, koja pokazuje odnos između vlažnosti semena i ravnotežne relativne vlažnosti vazduha (eRH) kod sušenja 20 uzoraka semena pirinča (Whitehouse i sar., 2015)

Preporuke su da se seme suši na temperaturama u rasponu od 0°C do 40°C, u zavisnosti od biljne vrste ili, ako se radi o malim količinama semena, na suvoj površini u dobro provetrenoj prostoriji, ili u hladovini (Milošević, 1989; ISTA, 2019).

## Metod čuvanja ultra suvog semena

Efikasnost čuvanja semena zavisi od sadržaja vlage i temperature skladištenja, koji mogu predstavljati problem u zemljama u razvoju, gde su troškovi skladištenja na niskim temperaturama previsoki. Iz tog razloga dobro je seme sušiti do ultra niskog sadržaja vlage.

Tehnologija skladištenja ultra suvog semena jedan je od idealnih metoda za njegovo čuvanje za duži period, pomoću sredstva za sušenje u hermetički zatvorenom kontejneru, na sobnoj temperaturi, mada je pogodnija niska temperatura skladišta, bez smanjenja kvaliteta semena. To je pogodna tehnologija za male količine semena u bankama gena i to za čuvanje veoma vrednog semena. Skladištenje ultra suvog semena je tehnika za smanjenje sadržaja vlage u semenu, pomoću sredstva za sušenje, desikanata. Desikant je higroskopna supstanca koja izaziva ili održava stanje suvoće (sušenja) u blizini

semena. Najčešće se za sušenje koristi silika gel ili drugi desikanti, uključujući aktivni ugalj, bentonit, kalcijum sulfat, kalcijum hlorid i zeolit. Neke studije su potvrdile da se niska vlažnost skladištenja ne koristi samo za održavanje kvaliteta semena, nego i za poboljšanje sposobnosti skladištenja (Wang i sar.; 2005). Ova metoda sušenja u velikoj meri može da smanji troškove izgradnje i održavanja banaka semena (Zheng i sar., 1998). Međutim, pri takvom sadržaju vlage postoji realna mogućnost oštećenja semena u momentu kada seme želi da se dovede na nivo optimalnog sadržaja vlage. Oštećenja koja eventualno mogu da nastanu zavise od biljne vrste ili od toga da li se seme suši na nizak sadržaj vlage u sušnicama, na određenoj temperaturi, ili desikantima (Walters i Engels, 1998).

Seme petnaest vrsta iz porodice *Brassicaceae* čuvano je hermetički zatvoreno u banci semena (na  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$ ), sa niskim procentom vlage, tokom 40 godina (Pérez-García i sar., 2009). Periodičnim proverama procenta klijavosti ustanovljeno je da je kod nekih uzoraka čak došlo do povećanja procenta klijanja, jer se tokom vremena skladištenja izgubila dormantnost. Kod nekih biljnih vrsta se period mirovanja zadržao i posle 40 godina, te je bio uklonjen primenom giberelinske kiseline. Bez obzira na nivo dormantnosti i način njenog uklanjanja, klijavost semena je opala samo za 7%, u periodu od 1966. do 2006. Podaci Pérez-García (2007) i Pérez-García i saradnici (2009) dokazali su da kada se seme čuva 40 godina kao ultra suvo, gde je dehidracija izvršena plavim silika gelom, može da se održi veoma visok nivo klijavosti bez strukturalnih oštećenja semena biljnih vrsta iz porodice *Brassicaceae*.

Za ortodoksno seme preporučuje se sušenje do sadržaja vlage ultra suvog semena, a posebno upotrebom silika gela. Prednost korišćenja silika gela je višestruka:

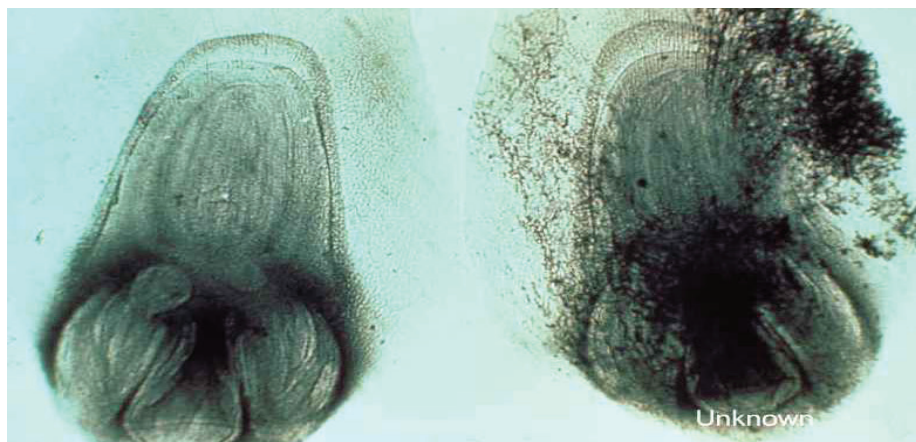
- suši seme do nivoa ultra suvog semena,
- efikasno održava dostignuti nivo vlage u vodootpornim kontejnerima,
- menja boju ukazujući na neke nenadane i neželjene promene i
- dodatno čuva seme, apsorbujući štetne gasove prouzrokovane starenjem semena tokom skladištenja (Ashok i Basave, 2017).

Bez obzira na to što se metod čuvanja ultra suvog semena već primenjuje, još uvek je predmet brojnih izučavanja. Nije ni čudo da ova metoda budi toliku pažnju, jer uvodi održavanje ultra suvog semena u ambijentalne uslove ili delimično rashlađene, koji mogu osigurati alternativu za dugoročno čuvanje semena, uz nisku cenu koštanja.

## Ispitivanje zdravstvenog stanja semena

Biljke su često zaražene velikim brojem patogena koji se prenose semenom ili prouzrokovničima sistemične zaraze, koji ne moraju biti vidljivi ili lako prepoznatljivi tokom kolekcionisanja semena, kao što je infekcija semena ječma

gljivom *Ustilago*, prisutna u embrionu ječma (sl. 40) a seme okularno izgleda potpuno zdravo. Inokulum koji se nalazi u semenu smanjuje životni vek semena, smanjuje klijavost ili menja fenotipske karakteristike biljaka u polju. Izmena obolelog materijala ubrzava prenošenje bolesti i insekata u druge regione. Stoga banke semena treba da osiguraju zdravo seme za konzervaciju. Posebno je značajno imati zdravo seme, kada se radi o metodama kulture *in vitro* i krioprezervaciji.



**Slika 40.** Obojena micelija gljive *Ustilago* prisutna u embrionu ječma (ISTA, 2002)

Ustanovljavanje zdravstvenog stanja semena predstavlja jednu od osnova održavanja njegovog dobrog kvaliteta u bankama gena, a pogotovo je važno ustanoviti eventualno postojanje karantinskih biljnih bolesti, ukoliko se radi o međunarodnoj razmeni uzoraka. Jedna od važnih mera koja se preduzima u sprečavanju širenja štetnih organizama je biljni karantin. On deluje u zemlji i van nje. Postoji opravdanost postojanja unutrašnjeg i spoljašnjeg karantina i sigurno da je značaj spoljašnjeg karantina veći, jer je nepoznavanje kvaliteta pošiljke veća. Iz tog razloga se ovoj vrsti karantina poklanja mnogo veća pažnja.

Cilj biljnog karantina je da se banke semena i biljnog materijala zaštite od uvezenih, zaraženih uzorka štetnim organizmima, jer uvođenje štetnih organizama u banke gena može dovesti do kontaminacije drugih uzoraka i prouzrokovati značajne štete (Milošević, 2001), a rizik od uvođenja novih štetočina i patogena je:

- nizak za germplazmu prikupljenu ili proizvedenu u oblasti ili zemlji u kojoj se nalazi banka gena,
- srednji za germplazme prikupljene ili proizvedene u istom geografskom području ili kontinentu u kojoj se nalazi zemlja domaćin i

- visok za germplazme prikupljene ili proizvedene na drugim kontinentima i vegetativni materijal (Ebbels, 2003).

U cilju smanjenja rizika od ulaska štetočina, patogena i korova, većina zemalja ima zakone kojima se reguliše ulazak egzotičnih materijala za razmnožavanje, uključujući i seme. Uvoznik mora da obezbedi poštovanje svih fitosanitarnih zahteva zemlje destinacije, pre uvoza semena ili bilo drugog biljnog materijala, kao što su sadnice, reznice i dr. (Hay i Smith, 2003).

Seme gajenih biljaka je veoma pogodan supstrat za razvoj mikroorganizama, prouzrokovala oboljenja. U zavisnosti od vrste semena, prirode prouzrokovala bolesti, kao i spoljnih činilaca, rezultira visina štete na gajenim biljnim vrstama (Jovičević i Milošević, 1989; Jevtić i sar., 2018). Štetnost se izražava na različite načine:

- procentom zaraženog semena,
- masom smanjenog prinosa,
- umanjenjem ukupnog kvaliteta semena i
- finansijskim gubicima na druge načine (Jevtić i sar., 2018).

Metode za određivanje zdravstvenog stanja semena pretrpele su velike promene od 1957, kada je ispitivanje započelo. One su uglavnom bile namenjene sumiranju rezultata infekcije semena gljivama, zasnivale su se isključivo na inkubaciji i identifikaciji, brojanju zaraženog semena, a posle predviđenog perioda inkubacije zaraženost semena izražavala se u procentima. Ove analize zavisile su od iskustva i nivoa znanja onog ko je očitavao rezultate. Danas postoji mnogo više podataka o prouzrokovala bolesti semena i savremenijim metoda detekcije. U tabeli 9 prikazane su opšte karakteristike testova za ispitivanja zdravstvenog stanja semena, kao što je potrebno vreme izvođenja testa, osetljivost testa, lakoća primene, primenljivost za detekciju vrste štetnih organizama, kao što su gljive, bakterije i virusi.

Tehnološki napredak omogućio je otkrivanje prouzrokovala bolesti, kod niskog nivoa infekcije, na specifičnim hranljivim podlogama (sl. 41). Upotreba antibiotika i drugih proizvoda dozvoljena je kod izolacije patogena iz semena, a danas se koriste nove molekularne metode i tehnike, uz upotrebu mono ili poliklonalnih antiseruma, molekularnih markera i dr. (Wallcot, 2003).



**Slika 41.** *Fusarium* spp. na semenu pšenice na filter papiru (levo); *Fusarium* spp. na semenu pšenice, na PDA hranljivoj podlozi (u sredini); čista kultura gljive *Cochliobolus carbonum* na PDA hranljivoj podlozi (desno) (orig.)

**Tabela 9.** Opšte karakteristike testova za ispitivanje zdravstvenog stanja semena (Walcott, 2003)

Metod	Vreme ispitivanja	Osetljivost	Pogodnost pirmene	Specifičnost
Vizuelni pregled	5–10 min	Niska	jednostavna i jeftina (traži iskustvo)	niska
Selektivna podloga	2–14 dana	srednja	jednostavna i jeftina	niska-umerena
Porast ponika	2–3 nedelje	niska	jednostavna i jeftina	niska
Metode zasnovane na serologiji	2–4 sata	srednja, visoka	jednostavna, umereno skupa	srednja-visoka
Ekstrakcija DNK i PCR,	5–6 sati	visoka	komplikovana, lako se interpretira, skupa	vrlo visoka
BIO-PCR	3–4 dana	vrlo visoka	komplikovana, skupa	vrlo visoka
IMS-PCR (imunomagnetna separacija i PCR)	2–5 sati	vrlo visoka	komplikovana, skupa	vrlo visoka
MCH-PCR (magnetna hibridzacija i PCR)	2–5 sati	vrlo visoka	komplikovana, skupa	vrlo visoka
Real-time PCR	40–60 min	vrlo visoka	komplikovana, skupa	vrlo visoka
DNA microarrays	6 sati	vrlo visoka	komplikovana, vrlo skupa	vrlo visoka

Svaka banka gena može da se odluči koji metod će koristiti. Obično su to međunarodno priznate metode, na primer metode koje primenjuje Međunarodna organizacija za ispitivanje semena (*International Seed Testing Association - ISTA*) (ISTA, 2019), koja u okviru ispitivanja ukupnog kvaliteta semena ima deo koji se odnosi na ispitivanje zdravstvenog stanja semena. Pored ove, postoje i druge organizacije koje unapređuju metode ispitivanja zdravstvenog stanja semena, poput Američke asocijacije za ispitivanje semena (*Association of Official Seed Analysts - AOSA*), Evropske organizacije za zaštitu bilja (*European Plant Protection Organization - EPPO*), Međunarodne inicijative za ispitivanje semena povrća (*The International Seed Health Initiative for Vegetable Crops - ISHI - Veg*) i dr.

U banci biljnih gena, ispitivanje zdravstvenog stanja semena uglavnom obuhvata sledeće metode:

- metod za ustanovljavanje gljiva: na filter papiru, na filter papiru sa zamrzavanjem, ispiranjem uz centrifugiranje, test embriona, na hranljivoj podlozi,
- metod za ustanovljavanje bakterija: aglutinozni test,
- metod za ustanovljavanje virusa: ćelijski - blot imuno esej test, ELISA test,
- metod za ustanovljavanje nematoda: test za nematode i
- PCR test i drugi testovi zasnovani na primeni molekularne biologije.

Prethodno navedene metode ispitivanja zdravstvenog stanja semena koriste se još dugo, s obzirom na različiti nivo opremljenosti banaka gena kako instrumentima, tako i kadrom.

Međunarodna federacija za seme (*International Seed Federation - ISF*) sačinila je bazu podataka prouzrokovaca bolesti semena, a podaci se mogu naći na zvaničnom sajtu ove organizacije. ISF je objavila najsveobuhvatniji prikaz prouzrokovaca bolesti, po biljnim vrstama i vrstama prouzrokovaca (gljive, bakterije, virusi), a spiskovi prouzrokovaca bolesti se redovno inoviraju (ISF, online).

Pored ispitivanja zdravstvenog stanja semena u laboratoriji, neophodno je pratiti zdravstveno stanje biljaka u polju. U polju se vrše sledeće kontrole:

- kontrola na parcelicama za umnožavanje uzoraka i
- post karantinska kontrola: inspekcija na karantinskom polju ili u postkarantinskom plateniku (stakleniku).

## **Hemijska zaštita semena**

Hemijska zaštita semena ima zadatak da zaštiti i održi vitalnost semena i inhibira napad patogenih organizama koji izazivaju trulež semena, ponika ili oba, a većina bolesti koje se prenose mogu se kontrolisati hemijskim tretmanima (Kochand i Zink, 2009).

Pored toga što je nosilac genetskog potencijala za razvoj biljaka i ostvarenje visokih prinosa, seme je nosilac raznih prouzročivača bolesti i insekata koji se njima hrane. Radi zaštite semena od eventualne pojave bolesti i insekata u banci semena, vrši se:

- primena fungicida namenjena specifičnim bolestima i
- fumigacija prostora u kome se seme skladišti i samog semena na niskim temperaturama, kao i kontrola skladišnih štetočina.

Tretiranje semena hemijskim preparatima uglavnom podrazumeva upotrebu fungicida ili kombinaciju fungicida i insekticida. Definicija fungicida je da je to svaka supstanca ili organizam namenjen za uništavanje ili kontrolu bilo koje vrste gljiva tokom proizvodnje, skladištenja ili distribucije poljoprivredne robe, hrane ili ukrasnih biljaka, ali da ne sme da ugrožava zdravlje životinja ili ljudi. Fungicidi se mogu klasifikovati po hemijskim grupama, opštem načinu delovanja, specifičnom načinu delovanja ili na osnovu fizičkih karakteristika (Smar, 2003).

Hronološki gledano, u praksu su prvo uvedeni preparati na bazi neselektivnih organskih materija, uglavnom na bazi žive, zatim organski selektivni i na kraju preparati sa sistemčnim delovanjem. Preparati sa sistemčnim delovanjem se danas veoma uspešno primenjuju u suzbijanju bolesti semena. Kao nova sredstva uvedeni su biološki preparati. To su preparati koji sadrže žive bakterije ili gljive, antagoniste, a primenjuju se za suzbijanje patogena koji se razvijaju u semenu i zemljištu. Prvi preparat namenjen tržištu sadržavao je *Bacillus subtilis*, zatim *Pseudomonas cepacia*, itd. (Milošević i Malešević, 2004).

Insekticidi su pesticidi, koji se koriste za uništavanje insekata, obuhvataju i ovicide i larvicide, koji se upotrebljavaju protiv jaja i larvi insekata. Smatra se da je korištenje insekticida jedan od najvažnijih činioca, koji su doveli do povećanja efikasnosti poljoprivrede u 20 veku. Gotovo svi insekticidi imaju potencijal za značajnu promenu ekosistema. Mnogi od njih su otrovni i za ljude, dok se drugi koncentrišu u lancu ishrane (Van Emdem i Pealall, 1996; Stephenson i sar., 2006).

Insekticidi se često sistematizuju na nekoliko načina: *sistemčni* insekticidi su oni koji su sadržani unutar tretirane biljke, a deluju tako što ih insekti unesu u organizam jedući biljke; *kontaktni* insekticidi otrovni su za one insekte koji dođu u direktni kontakt s njima, a efikasnost je često vezana za način i kvalitet načina upotrebe pesticida, u vidu malih kapi (poput aerosola) da bi se poboljšalo delovanje; *prirodni* insekticidi, kao što su nikotin, piretrum i slični ekstrakti, koje same biljke proizvode kao odbranu protiv insekata; *zaštitni* insekticidi, koji spadaju u sistemčne insekticide, dizajnirani su tako da ih sama transgena biljka proizvodi, a kao primer takvih insekticida je biocidalni protein iz grampozitivne bakterije *Bacillus thuringiensis*, kojeg proizvodi kukuruz i druge biljke, tako što je gen iz te bakterije odgovoran za proizvodnju insekticida *prebačen* u ćeliju kukuruza. Tako insekti koji se hrane kukuruzom, nakon

što konzumiraju takav transgeni kukuruz, uginjavaju zbog sadržaja insekticida; *neorganski* insekticidi su kontaktni insekticidi koji se proizvode sa metalnim jedinjenjima, a uključuju jedinjenje arsena, bakra i fluora, koji se vrlo retko koriste, kao i sumpor, koji se vrlo često koristi; *organski* insekticidi su kontaktni insekticidi koji obuhvataju najveći broj danas dostupnih pesticida na tržištu (US EPA, 2020).

Ukoliko se ustanovi prisustvo sitnih glodara ili insekata u skladištu, potrebno je u što kraćem roku izvršiti fumigaciju. Za izvođenje fumigacije na niskim temperaturama preporučuju se preparati za tu namenu. Ukoliko je potrebno vrlo brzo izvršiti fumigaciju, može se koristiti fostoksin, mada on ima veoma visoku otrovnost i primenjuje se samo u izuzetnim slučajevima. Preparati koji se koriste u bankama gena trebalo bi da su visoko efikasni, da dobro prodiru u pakovanje semena, ali u isto vreme treba voditi računa o tome da su veoma otrovni i da predstavljaju opasnost po čovekovo zdravlje. Fumigacija se obično izvodi u komorama za fumigaciju (Yadav i sar., 2007).

## Pakovanje uzoraka semena

Efikasno skladištenje semena zajednička je briga sve većeg broja banaka semena koje čuvaju seme *ex situ*. Svojstva kontejnera za pakovanje uzoraka u velikoj meri utiču na interakciju semena sa okolinom i na ukupne troškove čuvanja semena. Kontejneri u koje se pakuje seme mogu biti sačinjeni od stakla, plastike, metala i drugih materijala. Za aktivne kolekcije sitnozrnih biljnih vrsta koriste se mahom staklene tube, sa plastičnim zatvaračima. U tube se stavlja jedan sloj silika gela, a zatim seme. Kada se želi postići napredak i korist od korišćenja metoda sa silika gelom, transparentnost posuda je ključna za čuvanje uzoraka, jer je moguće vizuelno pratiti eventualne promene boje silika gela, odnosno promene u kvalitetu čuvanog uzorka.

Najpovoljniji načini pakovanja semena za čuvanje u baznoj banci semena, u sistemu dugoročnog čuvanja na temperaturi od - 20°C su:

- lamelirana aluminijumska folija (sl. 42),
- metalne kutije i
- staklene tegle (sl. 43).



**Slika 42.** Seme pakovano u troslojne lamelirane folije (levo); u staklene tegle (desno) za potrebe čuvanja u banci gena (Anonymous, online, a)



Između ova tri načina pakovanja, lamelirana aluminijumska folija ima prednost zbog mogućnosti prilagođavanja pakovanja veličini uzorka, jednostavno i lako je obezbediti subuzorak za proveru vitalnosti semena. Na taj način se ne narušava integritet osnovnog uzorka. Folija je pogodna i za pakovanje uzoraka za kratkoročno čuvanje na sobnoj temperaturi, dok su za srednjeročno čuvanje najpogodnije čvrste plastične ili staklene kutije (Milošević, 1989).

Jedan od uzroka lošeg čuvanja semena u bankama semena mogu biti neodgovarajući kontejneri. Mnogi kontejneri nisu hermetički zatvoreni kod dugoročnog čuvanja semena, tako da se vlaga u semenu izjednačava sa sadržajem vlage u hladnoj komori. Samo četiri od četrdeset testiranih kontejnera u skladištima, ispunili su uslove da su vodootporni, te se preporučuje, radi veće sigurnosti čuvanja uzoraka semena, korišćenje silika gela (Gómez-Campo, 2002). Kilner (Scotch) je tip hermetičkih posuda koje sadrže silika gel, a mogu obezbediti najbolje uslove čuvanja za krupnozrno seme i sprečiti naglo starenje uzoraka.

## Regeneracija uzoraka

Monitoring klijavosti izvodi se obično putem za to predviđenih testova i predstavlja ključni aspekt upravljanja bankama gena. Kod niske klijavosti vrši se regeneracija uzoraka, kako se ne bi izgubila genetička varijabilnost, a uzorak ostao konzerviran sa određenim kvalitetom i dostupan za distribuciju. Međutim, redovno praćenje održavanja klijavosti semena velikih kolekcija je skupo. Hay i Whitehouse (2017) predložili su alternative aktuelnoj normi inicijalnog testa klijanja, ubrzo po dolasku u banku gena, a zatim testiranje nakon redovnih intervala tokom skladištenja, kao što je to preporučeno u FAO Standardima za banke gena za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu. Periodični test klijavosti izvodi se istim metodama kao i inicijalni test klijavosti, uglavnom primenom pravila Međunarodne organizacije za ispitivanje kvaliteta semena ISTA, koja je u poslednjoj dekadi sačinila brojne izmene vezane za ovu oblast (Milivojević i sar., 2018; ISTA, 2019).

Kontrolisanje kvaliteta semena čuvanog u bankama semena vrši se posle izvesnog vremenskog perioda, jer seme gubi vitalnost sporije ili brže u zavisnosti od biljne vrste i uslova čuvanja. Učestalost regeneracije zavisi od:

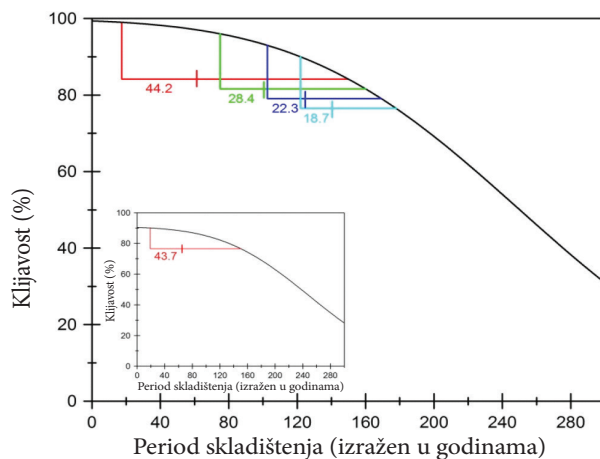
- početne vitalnosti semena,
- brzine opadanja vitalnosti i
- regeneracijskih standarda.

Pod regeneracijom se podrazumeva obnavljanje uzorka genetički sličnog originalu iz kolekcije, kada je klijavost semena niska. Regeneracija je potrebna novim uzorcima koji se dugoročno čuvaju, ukoliko ne postoji dovoljna veličina uzorka, ili seme zbog sanitarnih uslova ne ispunjava kriterijume za čuvanje.

Teoretska predviđanja mogućnosti čuvanja ortodoksnog semena postoje, međutim rezultati koji su saopšteni iz mnogih banaka gena nisu ohrabrujući i retko gde se može operisati sa visokim procentom klijavosti posle 40 godina čuvanja semena u bankama biljnih gena. Prisutni su i problemi sa regeneracijom semena, posebno kod prelaska sa temperature od  $-20^{\circ}\text{C}$  na sobnu, mada ne kod svih biljnih vrsta. Za uzorke semena koji se čuvaju do 40 godina, periodično testiranje klijavosti nije od velike koristi. Kada se seme čuva duže, tada se preporučuje ovaj postupak. Za seme koje se čuva, na primer, duže od 60 do 75 godina, preporučuje se provera klijavosti svakih 5 do 10 godina (Ramiro i sar., 1995).

Ispitivana je klijavost semena šesnaest uzoraka, kod četiri vrste iz porodice *Brassicaceae* (*B. cretica*, *B. incana*, *B. montana* i *B. oleracea*), u vremenu od 5 do 22 godine, skladištenih u banci biljnih gena. Upoređivani su rezultati klijavosti semena koje je dugoročno čuvano ( $-10^{\circ}\text{C}$  i 3% sadržaja vlage u semenu), u odnosu na seme koje je kratkoročno čuvano ( $5^{\circ}\text{C}$  i 8% sadržaja vlage u semenu). Kod dugoročno čuvanog semena nije došlo do oštećenja, a klijavost je bila zadovoljavajuća tokom 22 godine čuvanja. Klijavost kod srednjeročno čuvanog semena opala je posle 10 - 12 godina do kritičnog nivoa, posebno kod vrsta *B. cretica* i *B. montana*, što ukazuje na obavezu regeneracije uzoraka posle 10 godina (Ramiro i sar., 1995).

Ispitivana je klijavost i životna sposobnost semena kod vrsta *Coincya rupestris*, *Iberis pectinata*, *Moricandia moricandioides* i *Vella pseudocytisus*, pri čemu je seme skladišteno dugoročno (24 do 30 godina) i srednjeročno. Uzeti su i sveži uzorci iz polja i s njihovim vrednostima upoređivana klijavost i životna sposobnost uzoraka semena čuvanih u banci gena, kako bi se ustanovio efekat dugoročnog i srednjeročnog čuvanja na ispitivane osobine semena. Dugoročno čuvanje se pokazalo značajno sigurnijim od srednjeročnog, što se tiče održavanja klijavosti tokom godina skladištenja (Maselli i sar., 1999; Pérez-García i sar., 2007).



**Slika 43.** Ustanovljavanje intervala za izvođenje testa regeneracije uzoraka semena u bankama gena (Hay i Whitehouse, 2017)

Prema istraživanjima Hay i Whitehouse (2017), interval uzorkovanja za izvođenje testa klijavosti kod njegove regeneracije obuhvata trećinu vremena potrebnog da se klijavost u uzorku semena smanji na 85% od početne, što znači da intervali uzorkovanja variraju. Krive preživljavanja semena prikazane su na slici 43, za seme pirinča uskladištenog sa 7% sadržaja vlage i čuvanog na 3°C (procena napravljena korišćenjem *Seed Information Database; Royal Botanic Gardens Kew, 2016*). Seme je imalo različitu početnu klijavosti: 99% (crveno), 96% (zeleno), 93% (plavo) i 90% (ljubičasto). Teorijski intervali uzorkovanja (crveno, zeleno, plavo, ljubičasto) prikazani su za svaku krivu, izračunatu kao jedna trećina vremena predviđenog za smanjenje klijavosti, od prvobitne klijavosti (iskazanu u godinama). Manja slika, u slici 43, pokazuje da je prikladnije koristiti početnu klijavost semena od 85% za određivanje intervala uzorkovanja (u ovom slučaju 10%), ako je proporcija semena sa neodgovarajućom populacijom za određivanje klijanja. Stoga, mada je prvobitna isplativost bila blizu 90%, interval uzorkovanja je skoro duplo veći kod partije semena na glavnoj slici, sa 90% klijavosti.

Standardi banke gena preporučuju korišćenje Ellis i Roberts (1980) formule za klijavost semena i predviđanje vremena smanjenja životne sposobnosti do 85% od inicijalne vitalnosti, postavljanjem monitoring intervala za jednu trećinu tog vremena (FAO, 2014b).

Banke semena moraju održati nivo klijavosti uzoraka semena što je moguće duže, jer i kod najboljih uslova čuvanja dolazi do oštećenja semena i ono mora biti regenerisano. Iz tog razloga je FAO (FAO/IPGRI, 1994 i FAO, 2013) publikovao proceduru (vodič) za regeneraciju uzoraka semena.

Za većinu biljnih vrsta uzorak se regeneriše:

- kada je klijavost semena ispod 85% od procenta inicijalne klijavosti, u aktivnoj kolekciji, što se ustanovljava monitoringom (FAO/IPGRI, 1994, FAO, 2013, Rao i sar., 2006, ISTA., 2019),
- kada je inicijalna klijavost, pre skladištenja, niža od 85%; u nekim bankama semena ona je niža i iznosi 75%, ali samo kod divljih srodnika i
- kada broj klijavih semena po uzorku nije veći od 1500 u aktivnim ili baznim kolekcijama, ili ako nije veći od 250 semena kod inbred linija (Dulloo i sar., 2008).

### **Broj semena koji zahteva regeneraciju se može izračunati po formuli:**

Broj semena koji zahteva regeneraciju =  $\text{Željena populacija biljaka za regeneraciju} / (\text{procenat klijavosti}^{32} \times \text{procenat od očekivanog broja biljaka u polju})^{33}$   
(Rao i sar., 2006)

<sup>32</sup> klijavost i broj biljaka u polju izražavaju se decimalom, npr. 95% se izražava sa 0,95

<sup>33</sup> broj biljaka u polju je obično 5% manji od procenta klijavosti u lošim uslovima, a 1% manji u dobrim uslovima za nicanje

## Uslovi koji dovode do gubitka klijavosti semena

Stresni uslovi, kojima je seme izloženo pre ili za vreme žetve, imaju veliki uticaj na kasnije čuvanje semena. Vreme u polju, pogotovo u uslovima visoke vlage ili niskih temperatura, dovodi do pojave semena inferiornog kvaliteta u odnosu na seme koje nije bilo u takvim uslovima (Karpov, 1980). Ukoliko nije primenjen odgovarajući način sušenja semena, može doći do umanjenja kvaliteta, pogotovo klijavosti (Harrington, 1972). Mehanička oštećenja koja nastaju prilikom žetve, sušenja i daljeg manipulisanja semenom, utiču na njegovu životnu sposobnost.

Dugovečnost semena definiše se kao sposobnost skladištenja i stoga opisuje ukupni životni vek semena (Rajjou i Debeaujon, 2008). Interakcija genetičkih i činilaca životne sredine imaju uticaja na umanjenje kvaliteta semena u žetvi i tokom skladištenja. Pošto je skladištenje semena povezano sa smanjenjem njegove dugovečnosti, uslovi za čuvanje semena moraju biti optimalni za održavanje genetičke i komercijalne vrednosti semena tokom skladištenja (Rajjou et al., 2007). Tokom skladištenja seme propada i gubi vitalnost, a kao rezultat toga postaje osetljivije na stresne uslove tokom klijanja, da bi na kraju uginulo. Stopa starenja najviše zavisi od sadržaja vlage u semenu, zrelosti semena, temperature i početnog kvaliteta semena (Walters et al., 2005a). Dugovečnost semena je kvantitativna osobina, kod koje su prisutne varijacije i za koju postoje određeni lokusi za te kvalitativne osobine (KTL, *Qualitative Trait Loci* - QTL). KTL za dugovečnost semena identifikovane su nakon procesa prirodnog starenja kod *Arabidopsis* (Clerkk i sar., 2004b), zelene salate (*Lactuca sativa*) (Schwember i Bradford, 2010) i pirinča (*Oriza sativa*) (Sasaki i sar., 2005).

Zrelost semena ima značajan uticaj na njegovu dugovečnost i, iz tog razloga, žetva nedozrelog semena se ne preporučuje. Ellis i Roberts (1981) proučavali su dugovečnost semena ječma za dva nivoa zrelosti, uskladištenog na 30 - 40°C, sa sadržajem vlage od 15% i više. Prema rezultatima eksperimenta, nije se moglo zaključiti da zrelost semena ima uticaj na starenje, mada su isti naučnici, u radu objavljenom nekoliko godina ranije, utvrdili da je klijavost pre izgubilo seme koje je bilo nedozrelo od onog koje je bilo fiziološki zrelo.

Prema podacima Kavalchuk (1973) sitnije seme pšenice pre gubi klijavost od krupnijeg. Kavalchuk je izveo eksperiment s kalibracijom semena pšenice u tri frakcije, a zatim su frakcije semena čuvane 6 godina i posle tog perioda ispitivana je klijavost pojedinačnih frakcija semena pšenice, kao i intenzitet klijanja. Utvrđeno je da je sitnije seme pre gubilo životnu sposobnost. Krupnoća semena ječma može uticati na klijavost semena i vitalnost ponika. Istraživanja Massimi (2018) govore o uticaju krupnoće semena ječma na vitalnost ponika u Jordanu. Ova studija je dizajnirana da ispita uticaj krupnoće semena ječma na procenat klijanja, suhu masu ponika i indeks vigora. Ispitivane su tri frakcije semena: velika, srednja i mala (prečnik > 2,75 mm, 2,5-2,75 mm i < 2.5mm). Kvalitet se razlikovao u odnosu na krupnoću semena. Rezultati su pokazali značajne pozitivne razlike kod krupnog semena za procenat klijanja, suhu masu semena

i indeksa vigora. Može se zaključiti da je krupno seme ječma pokazalo najbolji kvalitet. Krupnije seme pirinča i pšenice sporije gubi klijavost od sitnog semena, podaci su i Ghassemi-Golezani (2013). Međutim, postoje podaci da sitnije seme soje sporije gubi klijavost tokom skladištenja (Kueneman, 1983), što se objašnjava time da je sitnije seme manje podložno mehaničkim oštećenjima. Singh i Setia (1974) navode da je seme soje, koje ima oštećen semeni omotač, pokazalo raniji pad klijavosti od onog koje nije oštećeno. Kod semena kukuruza nije bilo značajnog uticaja krupnoće semena u odnosu na njegovo starenje.

Manje je poznat uticaj majčinske biljke za vreme sazrevanja u odnosu na dugovečnost semena. U istraživanjima kod semena mrkve, salate i paprike ukazano je na to da seme, koje je sazrelo u ekstremnim uslovima nedostatka kalcijuma i kalijuma, brže gubi vitalnost u toku čuvanja od onog koje je imalo odgovarajuću ishranu. Uticaj azota na majčinsku biljku može biti značajan. Izveden je ogled gde su biljke uzgajane s različitim sadržajem azota i dobijeno je seme s visokim (20 - 21%) i niskim (12 - 14%) sadržajem proteina primenom testa ubrzanog starenja, pri čemu je seme s niskim sadržajem proteina brže gubilo klijavost (Milošević i Ćirović, 1994).

Pojava tvrdog semena, kao što je to slučaj kod leguminoza ili porodice *Malvaceae*, pozitivno utiče na dugovečnost semena. Procenat tvrdog semena menja se tokom skladištenja. Suvlji uslovi imaju tendenciju da naglase ovu karakteristiku, dok visoka relativna vlažnost i niske temperature ubrzavaju gubljenje tvrdog semena. Dokazano je da dugovečnost tvrdog semena može da traje nekoliko decenija. Kod hibridne deteline je to 25 godina, kod abutilona 23 godine. Mnoga istraživanja semena leguminoza ukazala su na to da tvrdo seme unutar određene partije semena zadržava klijavost duže u skladištu od ostalog semena (Milošević i Malešević, 2004).

## Starenja semena

Starenje semena je proces koji se dešava pod uticajem brojnih činilaca tokom proizvodnje i skladištenja semena. Brzina kojom se proces starenja semena odvija, zavisi od sposobnosti semena da se odupre degradivnim promenama, kao i postojanje određenog nivoa zaštitnog mehanizma semena, koji je specifičan i zavisi od biljne vrste. Trajanje perioda starenja karakteriše biljna vrsta, ali i stepen oštećenja semena.

Brzina starenja zavisi i od hemijskog sastava semena. Ukazivano je od strane brojnih istraživača da postoji veza između hemijskog sastava semena i njegove sposobnosti za čuvanje (Pritchard i Dickie, 2003; Wang i sar., 2005; Mbofung, 2012). Seme s visokim sadržajem ulja ima nizak indeks skladištenja, a seme bogato lipidima ima kraći životni vek od semena sa visokim sadržajem skroba (Pristley, 1986).

Karakteristike hemijskog sastava uljarica (soje i suncokreta), na primer, odnose se na specifične procese koji se dešavaju u semenu tokom skladištenja. Razlike u osetljivosti raznih genotipova semena soje na uslove trajanja perioda skladištenja evidentni su i praćene su razlike u odnosu na osetljivost raznih genotipova semena suncokreta (Balešević-Tubić i sar., 2007). Testiranjem su praćene promene u kvalitetu semena, u odnosu na seme suncokreta i soje slične početne kijavosti, 90% i 89,7%. Ustanovljeno je da je pad klijavosti, nakon šest i dvanaest meseci čuvanja, bio izraženiji kod semena genotipova soje u poređenju sa genotipovima semena suncokreta. Dobijeni rezultati su pokazali da je soja bila znatno osetljivija na trajanje perioda skladištenja, kao i uslove skladištenja. Suncokret je stabilniji u pogledu vremena skladištenja, posle 12 meseci čuvanja u približno jednakim uslovima. Padu klijavosti genotipova soje nakon šest meseci skladištenja, kako pod kontrolisanim (suncokret 81,6%, soja 81,0%), tako i pod konvencionalnim uslovima (suncokret 78,2%, soja 76,8%), bio je nešto manji. Prema vrlo značajnoj zavisnosti od početne klijavosti semena suncokreta i semena soje, kao i klijavosti semena nakon određenog perioda čuvanja, može se reći da se početna klijavost semena suncokreta može koristiti kao pouzdani činilac prilikom odlučivanja o trajanju skladištenja. Na seme soje značajnog efekta imali su i drugi činoci, tako da se inicijalna klijavost mora posmatrati pažljivo, naročito pod nekontrolisanim uslovima skladištenja (Tatić i sar., 2011).

Brzina starenja u odnosu na hemijski sastav naročito je izražena kod kukuruza. U ogledu koji je trajao 20 godina, u otvorenom skladištu, ustanovljeno je da je kukuruz tvrdunac mnogo duže održao klijavost od onog sa više skroba (Pai-rochteerakul i sar., 2018). Ova posmatranja ukazala su na to da seme kukuruza sa povišenim sadržajem skroba, u otvorenom skladištu, lakše usvaja atmosfersku vlagu i kao posledica toga brže gubi klijavost. Ova posmatranja mogu da se primene i na druge biljne vrste. Tako je na primer, u Indiji, dugovečnost semena pirinča određivana preko brzine usvajanja vode.

Aksenov i saradnici (1969) razvili su hipotezu o sposobnosti pojedinih vrsta semena da ne usvajaju atmosfersku vlagu, kako bi objasnili naglašenu dugovečnost semena, koje sadrži skrob, kao rezervnu materiju. Pretpostavilo se da je embrion, koji se nalazi blizu skroba u semenu, na primer u endospermu žita, zaštićen od velikih kolebanja u atmosferskoj vlazi i da zbog toga takvo seme duže održava životnu sposobnost. Oštećenje semena može biti uzrokovano kolebanjem vlage u atmosferi, otuda postoje teoretska razmišljanja da se prednost može dati semenu koje je zaštićeno od promene sadržaja vlage ili koje vrlo malo reaguje na promene u spoljašnjoj vlažnosti vazduha (Wang i sar., 2018).

Neke vrste semena, kao što su lucerka, detelina, šećerna repa i paradajz, bolje podnose čuvanje od drugih, dok ovas održava klijavost duže od raži, pod istim uslovima skladištenja. Seme koje može najduže da se čuva pripada familiji *Fabaceae* (Milošević i Malešević, 2004). Neke biljne vrste su imale kratkotrajnu mogućnost čuvanja semena u skladištu, kao što su biljne vrste iz porodica *Apiaceae*, a neke su dugovečne, kao vrste iz porodica *Malvaceae* i *Chenopodiaceae* (Walters i sar., 2005; Wang i sar., 2018).

## **Efekti genotipa na starenje semena**

Kod semena soje Adsul i saradnici (2018), pokazali su da na dužinu čuvanja semena soje utiču sadržaj lignina u semenom omotaču, gustina semena i udeo semenog omotača u semenu. Prisutan je problem čuvanja soje u tropskim uslovima, zbog čega je Kueneman (1983) korišćenjem genotipova, superiornih i inferiornih u odnosu na mogućnost dugog skladištenja, izvršio povratna ukrštanja. Ustanovio je da je majčinska biljka pokazala značajan uticaj na dugovečnost semena  $F_1$  generacije. Pomenuti autor procenio je sposobnost skladištenja semena korišćenjem testa ubrzanog starenja. Uticaj majčinske biljke verovatno se vrši preko karakteristika semene opne, jer se ona nasleđuje od majke. U kasnijoj analizi, Kueneman (1983) je takođe ukazao na to, da je svaki efekat citoplazme na sposobnost skladištenja veoma mali. Ovaj rad na soji ukazuje da se dugovečnost, posebno u vlažnim i toplim uslovima, može poboljšati odgo-varajućim selekcionim postupcima (Liu et al., 2016).

Postoje brojni radovi koji ukazuju na to da je dugovečnost semena genetički određena (Paulsen i sar., 1981; Wien i Kueneman, 1981; Sonowaski i Kumar, 1999; Wozny, 2017). Genetička osnova za osetljivost na starenje najbolje je proučena kod kukuruza. Ova biljna vrsta ima nekoliko gena koji mogu da proizvode nezavisno žuto telo (*luteus*). Seme homozigotno na *luteus 2* ili *luteus 4* gene, ima povećanu osetljivost na starenje i gubi klijavost u periodu od dve godine, u otvorenom skladištu. Semenski materijal, homozigotan za druge *luteus* gene, pokazao je dugovečnost. Lindstrom (1942) je izolovao brojne takozvane dugovečne i kratkovečne linije kukuruza, a dokaz za dominantnu osobinu dugovečnosti je dobiten iz analiza načinjenih kod uskladištenog semena jednolinijskih hibrida. Rezultati Scott (1981) ukazali su na veliki uticaj citoplazmatskih činioca sa osvrtom na sposobnost dobrog uskladištenja. Da bi se to dokazalo, korišćen je test ubrzanog starenja, na osnovu koga se vršio izbor linija kukuruza s naglašenom otpornošću na starenje. Posle tri selekciona ciklusa, osetljivost na postupak ubrzanog starenja bila je značajno smanjena (Bewley i sar., 2013). Genetički efekti na starenje semena istraživani su i kod drugih biljnih vrsta. Nakayama i Saito (1980) su kod pasulja koristili dialelna ukrštanja linija, kako bi ustanovili način nasleđivanja pojedinih svojstava. U tri odvojene analize jedan genotip je preneo dominantno svojstvo za osobinu dugotrajnog skladištenja na potomstvo (Nagel i sar., 2016).

## **Banke kultura tkiva**

Jedan od načina čuvanja genetičkih resursa *ex situ* je i *in vitro* metod kulture tkiva. Delovi biljaka koji se čuvaju na ovaj način mogu biti različiti, počev od ponika, lista, meristemskog tkiva, stabla i ćelija korena (Anwar i Parveen, 2013).

Metod *in vitro* konzervacije razvijen je kao alternativan ili dopunski način čuvanja genetičkih resursa, koji se vegetativno umnožavaju za biljke koje imaju dug životni ciklus, kao i za rekalcitrantno seme. Čuvanje dormantnih pupoljaka, apeksnih meristema i somatskih embriona u *in vitro* kulturama tkiva, smatra se pogodnom alternativnom metodom, koja može da obezbedi dugoročnu sigurnost germplazme, kod nekih biljnih vrsta. Vegetativna propagacija *in vitro* ima veoma veliku primenu, pogotovo u hortikulturi. Rezultati iz Holandije pokazuju da se samo u toku jedne godine komercijalnom propagacijom umnoži preko 43 miliona biljaka.

Prednost skladištenja genetičkih resursa *in vitro* je u tome što čuvanje ne zavisi od uslova okruženja i što se od postojećeg materijala, ukoliko se za to ukaže potreba, u veoma kratkom vremenu može umnožiti veliki broj biljaka. *In vitro* konzervacijom, na hranljivim podlogama, može se srednjeročno i dugoročno čuvati genetički materijal u bankama gena (Pierik, online).

*In vitro* propagacija ili mikropropagacija, predstavlja vegetativan način umnožavanja i uključuje više različitih metoda, kao što su somatska embrogeneza, organogeneza, hibridizacija protoplasta, kultura antera, kultura jajne ćelije, kultura meristema i mikropropagacija. Sve ove metode ne bi imale praktičnu korist u poljoprivredi, posebno u procesu čuvanja pomenutih, da se njome ne postiže regeneracija celih biljaka (Mezei, 1995; Engelmann i Dussert, 2000).

Široko rasprostranjena metoda *in vitro* regeneracije ima mnoge prednosti. Naravno, tu su i mnogi nedostaci. Uslovi za uspeh u *in vitro* kloniranju su sledeći: ne postoje indikatori mutacija, materijal mora biti bez prouzrokovaca bolesti, poreklom iz meristemskih ćelija, prenos iz test tube ili kontejnera u zemljište gde će se biljka gajiti nije posebno problematičan, regenerativne sposobnosti ne smeju biti izgubljene. Ovakav način skladištenja omogućava čuvanje zdravstveno bezbednog genetičkog materijala (Santos i Stushnoff, 2002).

Pored vegetativnog umnožavanja i umnožavanja semenom, kultura *in vitro* može biti oruđe za:

- transport biljaka bez obolenja,
- povećanje genetičke varijabilnosti i to putem somatskih varijacija i genetičkih manipulacija,
- indukciju haploida, razdvajanje himera, moguće dobijanje tetraploida, skladištenje materijala u bankama gena, u uslovima ograničenog rasta i razvića (Pierik, online),
- indukciju varijacija i selekciju genotipa i
- održavanje i umnožavanje željene sorte (Mousumi i sar., 2006).

Kultura tkiva sadrži ćelije koje se razvijaju kao relativno organizovana masa ćelija na podlozi od agara (kultura kalusa) ili kao suspenzija slobodnih ćelija ili malih skupina u tečnom rastvoru (suspenzija kultura).



Kod banaka kulture tkiva obavlja se postupak prikupljanja uzoraka, iskorenjivanja bolesti (karantin), karakterizacija, evaluacija, zasejavanje na podlogu, skladištenje i distribucija. Postoje dve osnovne opcije za *in vitro* skladištenje kulture sporog rasta za kratkoročno i srednjeročno čuvanje i krioprezervacija za dugoročno čuvanje (Rajasekharan i Sahijram, 2015; Bahadur i sar., 2015).

Podloga koja se koristi za uzgoj ćelija obično je bogata saharozom i drugim organskim hranjivim sastojcima, koji mogu da podrže organogenezu kod biljaka (sl. 44), ali mogu i da pospeše i rast mnogih mikroorganizama (kao što su bakterije i gljive). Iz tog razloga potrebno je izvršiti sterilizaciju podloge, koja se izvodi obično u autoklavu, a podrazumeva autoklaviranje na temperaturi od 121°C, pritiskom od 105 kPa u trajanju od 20 minuta. Za inhibiranje razvoja nekih biljnih vrsta potrebno je u podlogu dodati regulatore rasta, poput gibberelinske kiseline (GA3), zeatina, abscisinske kiseline (ABA), uree, određenih vitamina, pantotenske kiseline, antitela, kolhicina biljnih ekstrakata i enzima. Regulatori rasta su termolabilni i dodaju se posle sterilizacije (Bakrudeen Ali Ahmed i sar., 2012). Dodavanje regulatora rasta može da dovede do toga da se biljka počne abnormalno razvijati, a to predstavlja problem kod njihove regeneracije. Prisustvo inhibitora rasta može dovesti do selekcije linija otpornih ili tolerantnih prema inhibitorima rasta i do pojave indukovanih mutacija, jer neki inhibitori imaju mutagena svojstva.



**Slika 44.** Kultura tkiva (GRIP, online)

U većini slučajeva, temperatura skladištenja zavisi od biljne vrste. Za većinu biljnih vrsta je to temperatura u rasponu između 1°C i 10°C, dok se tropske biljne vrste čuvaju u rasponu temperature od 10°C - 22°C. Intenzitet svetlosti može biti smanjen za 60% u odnosu na standardne zahteve biljaka potrebne za normalan razvoj. Metod *in vitro* kulture tkiva veoma je jednostavan i lak za upotrebu i može biti primenjen kod velikog broja biljnih vrsta (Cha-um i Kirdmanne, 2007).

## Totipotencija

Totipotencija (*Totipotency*) opisuje kapacitet i mogućnost regeneracije cele biljke, primenom kulture tkiva. Uglavnom se za to koristi meristemsko tkivo. Mnoge biljne ćelije su totipotencijalne, što znači da svaka od njih može da reprodukuje celu biljku. Na ovoj činjenici počiva osnova celokupnog rada na kulturi tkiva. Tehnika se razvila sredinom XIX veka. U to vreme, bio je to važan događaj u oblasti kulture tkiva.

Izolovane pojedinačne ćelije biljke duvana prvo su uspešno gajene na biljnim ćelijama, koje su izolovane filtracijom filter papirom i to je bio način proizvodnje kalusa tkiva. Kasnije, izolovane pojedinačne ćelije duvana rastle su u mikromorama i formirale su grupice ćelija, koje su se zatim mogle diferencirati tako da su formirale odraslu biljku duvana. Indirektni dokaz o totipotenciji viših biljnih ćelija je takođe uočen kod velikog broja drugih biljaka. Strukture slične embrionu (ili embrioidi) ili cele biljke, ili oba, dobijeni su i iz visoko diferenciranih ćelija, kao što su polenova zrna, palisadne ćelije u listovima, epidermis ćelije iz hipokotila, i triploidne-ćelije endosperma. Svi ovi tipovi ćelija obavljaju veoma visoko specijalizovane funkcije u biljci. Biljni protoplasti (ćelijski zid se odstrani enzimima) mogu da se uzgoje i dovedu do stvaranja normalnih odraslih biljaka. U mnogim slučajevima, embrioidi su proizvedeni *in vitro* od nekoliko vrsta cvetnica, koje ne pokazuju takvu aseksualnu aktivnost u prirodi. Ovi embrioidi se obično ne razlikuju morfološki mnogo od embriona proizvedenih fuzijom gameta, često prate isti obrazac ćelijskih deoba i diferencijacije zigota u razvoju, i oni su ekonomski važni jer omogućavaju klonalnu propagaciju (Vasil i Vasil, 1972).

## Krio banke

Krioprezervacija je metod za dugoročno čuvanje biljnih genetičkih resursa, korišćenjem vrlo niskih temperatura, koje se postižu tečnim azotom (-196°C) ili parom azota (-150 do -195) i prepoznat je kao praktično i efikasno sredstvo za dugoročno skladištenje germplazme. Metode krioprezervacije mogu obezbediti uslove za neograničeno očuvanje bioloških materijala, smanjenjem metaboličke aktivnosti semena ili drugog materijala koji se čuva u bankama gena.

Tokom krioprezervacije, sve biohemijske aktivnosti značajno su smanjene, a biološko starenje je zaustavljeno. Pored toga, većina fizičkih procesa zaustavljena je na tako niskoj temperaturi. Čuvanje ortodoksnog semena u tečnom azotu na -196°C pokazalo se uspešnim za širok spektar biljnih vrsta, na neograničeno vreme. Biljke mogu da se čuvaju veoma dugo bez negativnih uticaja na genetičku stabilnost i rizika od slobodnog pristupanja zbog kon-

taminacije ili ljudske greške tokom pripreme subkultura, jer su ti problemi prevaziđeni.

Tehnika krioprezervacije od posebnog je značaja kod prikupljanja i očuvanja biljnih genetičkih resursa, koje imaju ograničenu mogućnost skladištenja semena. Metoda se sve više koristi u cilju očuvanja biljnih vrsta koje ne proizvode seme (kao što su banane), ne uzgajaju se iz „pravog” semena (npr. krompir, luk) ili imaju seme biljnih vrsta koje su osjetljive na desikaciju, kao i na hladne uslove, stoga ne mogu biti skladištene kao suvo seme u hladnim komorama banaka gena (npr. tropsko voće) (Popova i sar., 2015; Vollmer i sar., 2016; Pritchard i sar., 2017; Cryopreservation, online). Ova tehnika ne može da se koristi za sve biljne vrste. Naime, postoji ograničen broj biljnih vrsta kod kojih može da se primeni metod krioprezervacije, a proces bi trebalo prilagoditi svakoj biljnoj vrsti i zbog toga se ulažu stalni naponi u unapređnju i razvoju novih tehnika krioprezervacije (Pritchard, 2007).

Razvojem tehnike krioprezervacije za seme, kulture polena *in vitro*, veliki broj biljaka, kao što je proso, uljana repica, suncokret, susam, povrće, a u okviru njega luk, mrkva, čili paprika, rotkvica i paradajz, mogu se podvrgnuti procesu krioprezervacije. Biljke ili njihovi delovi, kao što su duvan i mak, godinama se već čuvaju u tečnom azotu (Engelmann, 2004). Istraživački rad doveo je do formiranja protokola za krioprezervaciju nešto manje od 150 biljnih vrsta, kao što su jagodičasto voće (*Rubus*), kruška (*Pyrus*), povrće koje pripada porodici *Solanaceae*, kafa (*Coffea arabica*) i dr (Dulloo i sar, 2001).

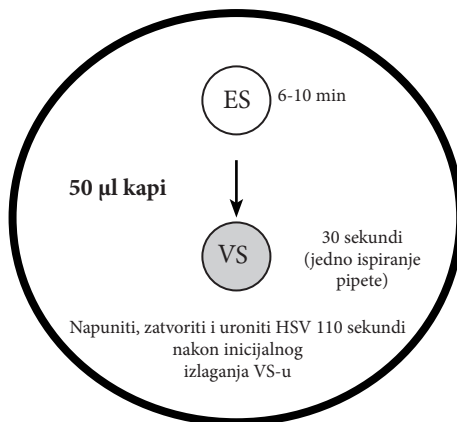
Krioprezervacija ima mnoge prednosti u odnosu na čuvanje biljaka u kulturi tkiva ili standardnog čuvanja biljaka u bankama gena, pre svega jer je jeftinija i efikasnija. Krioprezervacija obično zahteva znatno manji prostor nego druge metode konzervacije i ima ograničene potrebe za praćenjem stanja uzoraka. Kriobanke stoga mogu pružiti značajnu priliku za sigurno čuvanje rezervnih uzoraka zbirki kulture tkiva i njihovu racionalizaciju (Jenderek i Reed, 2017). Zamrznuti materijal, baš kao i materijal iz kulture tkiva, nekad može da dovede do mutacija DNK. Ova metoda ima i svoje nedostatke, formiranje kristala leda tokom krioprezervacije može da šteti strukturom integritetu ćelija i uzrokuje njihovo fizičko oštećenje. Iz tog razloga neophodna je provera uzoraka s vremena na vreme (Cherfas, 2008).

Seme ili neki delovi biljaka mogu da se čuvaju na različite načine, ali neke biljne vrste ne mogu da se čuvaju kao pravo seme. Iz tog razloga, kao primer dugoročnog čuvanja uzeto je „seme” krompira, kao što je to prikazano u tabeli 10 (Niino i Arizaga, 2015).

**Tabela 10.** Različite mogućnosti za dugoročno čuvanje starih sorti krompira (Niino i Arizaga, 2015)

Banka gena u polju	In vitro skladištenje	Krioprezervacija
Dugogodišnje iskustvo u radu sa tehnikom		
da	da	ne
Pristupačni za distribuciju		
Nekoliko meseci godisnje	uvek	3 meseca posle kravljenja
Mogućnost isporuke		
visoka	visoka	mala tecnost N <sub>2</sub> , visoka u biljkama
Mogućnost direktne provere genetičkog integriteta		
visoka	niska	niska
Mogućnost održavanja materijala		
ne	visoka	visoka
Rizik od gubitka dela kolekcije zbog bolesti, insekta i dr.		
da	ne	ne
Rizik od gubitka dela kolekcije zbog tehničkih grešaka		
visokaa	visoka	ne
Rizik od pogrešnog obeležavanja		
visoka	visoka	samo u pocetnoj fazi
Cena uspostavljanja kolekcije		
Zavisi od okolnosti	srednja	srednja
Cena održavanja kolekcije		
Zavisi od okolnosti	srednja	niska

vitirifikacija, koja obuhvata postupak kao sto su inkapsulacija/dehidratacija, enkapsulacija/vitrifikacija i dr. Benson i sar., 2011; IARC, online.



**Slika 45.** Pojednostavljeni protokoli vitrifikacije embriona, Krio tip (FUJIFILM Irvine Scientific, 2019).

Nove procedure ne samo da povećavaju broj biljnih vrsta koje se mogu čuvati na niskoj temperaturi, već obezbeđuju i pouzdanu regeneraciju. Potrebna su brojna istraživanja da bi ove nove tehnike bile više korišćene (Behzad, 2011).

### ***Banke polena***

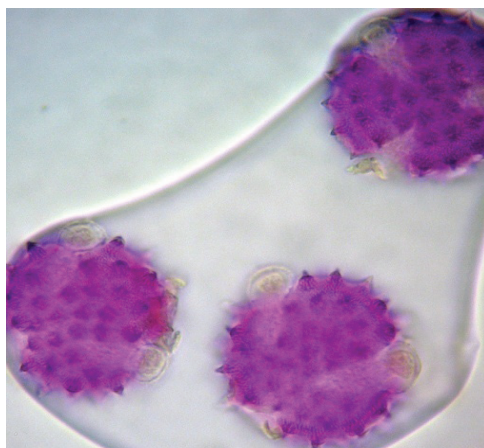
Prvi pokušaji konzervacije polena izvršeni su 1880, što znači da je to jedan od najstarijih metoda čuvanja genetičkih resursa (Knowlton, 1922).

Polen igra važnu ulogu u procesu oplemenjivanja, kontroli oprašivanja i očuvanju genetičkih resursa u poljoprivredi i šumarstvu, a najvažniji aspekt banke polena je skladištenje „rekalcitrantnog” polena važnih voćnih i šumskih vrsta, kao i poljoprivrednih biljnih vrsta, kao način prevazilaženja geografskih, sezonskih i fizioloških barijera u proseku ukrštanja. Kod nekih biljnih vrsta, period cvetanja veoma je kratak, a polenova zrna imaju kratak životni vek, tako da biljka oprašivač nije u stanju da izvrši oplodnju jer polen gubi svoju vitalnost. Uspostavljanje „banaka polena” važno je i zbog oprašivanja biljaka kvalitetnim polenom (sl. 46; sl. 47) (Bajaj, 1987; Bajaj, 1995; Agroekonomija, 2012).

Čuvanje polena u bankama polena jednostavan je proces, koji se sastoji od sušenja polenovih zrna u sušarama za polen, pri temperaturi vazduha od 20°C i 20 - 40% vlažnosti, kako sadržaj vode ne bi bio ispod nivoa praga potrebnog za skladištenje u tečnom azotu (-196°C). Obično se vrši predhlađenje pri temperaturi od -20°C. Ovaj metod veoma je efikasan za skladištenje polena jednog broja vrsta, uključujući i žita, čak i na period duži od 10 godina. Kada je proces konzervacije završen, fiole s polenom čuvaju se i održavanju u laboratoriji pri temperaturi 22 ± 2°C (Towill i Walters, 2000).



Slika 46. Sakupljanje polena (ANBG, online)



Slika 47. Mikroskopska slika polena biljke jezernjače (*Ligularia clivorum*) (Wikimedia Commons, online)

### ***DNK banke***

Banke dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) (*Deoxyribonucleic acid - DNA*) koriste se za očuvanje genetičkog materijala naročito onih organizama kojima pretili izumiranje, retkih i ugroženih vrsta, da bi se obezbedio njihov opstanak. Ovo pitanje dobija danas na značaju zbog povećanog krčenja šuma i klimatskih promena koje su pretnja biodiverzitetu. Nacionalni institut za agrobiološke nauke (*Agrobiological National Institute of Sciences - NIAS*) u Japanu, na primer, prikuplja DNK poljoprivrednih organizama kao što su pirinač i riba, u svrhu naučnih istraživanja (Khan i sar., 2012).

DNA banke mogu bezbedno i dugoročno da skladište genetički materijal. DNK banke omogućavaju očuvanje genetičkog materijala i pojedinačnu, uporednu analizu genetičkih informacija. Postoji više tehnika za testiranje i analiziranje genetskih informacija, uključujući tehnike polimorfizma dužine restrikcionih fragmenata (RFLP), lančane reakcije polimeraze (PCR) i dr. Molekularne tehnike postaju sve važnije u istraživanju i upravljanju genetičkim resursima. DNK može rutinski da se ekstrahuje i čuva, izdvojena iz jedra, mitohondrija i hloroplasta mnogih biljnih vrsta, zajedno sa derivatima poput RNK, cDNK i gena.

Tehnike molekularnog kloniranja i sekvencioniranja dezoksiribonukleinske kiseline su omogućile izučavanje strukture gena, na nivou nukleotida. Sekvencioniranje gena obezbeđuje ispitivanje složenosti genoma, daje sveobuhvatan uvid u gene za buduća istraživanja kod biljaka, ali to isto može da se vrši i kod biljnih vrsta, koje se sada ne gaje, ali su se gajile u prošlosti. Sekvencioniranje gena otvara nove perspektive za ustanovljavanje porekla genetičkih resursa i može da objasni razlike između njih.

Manipulisanje s DNK je rutinska praksa u botaničkom istraživanju i napravilo je ogroman uticaj na oplemenjivanje biljaka, biotehnologiju i evaluaciju biodiverziteta. DNK je lako ekstrahovati iz većine biljnih tkiva i mogu se čuvati u dužem periodu u DNK bibliotekama (Hodkinson i sar., 2007).

Istraživači koji se bave taksonomijom i sistematikom biljaka reagovali su na krizu biodiverziteta, kroz definisanje tri glavna cilja:

- kompletiranje popisa živog sveta,
- otkrivanje evolutivnih odnosa kroz filogenetiku<sup>34</sup> i
- pružanje informacija putem interneta (Blackmore, 2002).

DNK kolekcije mogu da pomognu sve ove tri aktivnosti. Analiza DNK sekvenci je korisna u identifikaciji i razgraničenju vrsta i viših taksona, i postaće sve značajnija razvojem DNK taksonomije i DNK bar kodiranja, koji su moćni izvori informacija za molekularnu filogenetiku i napore da se rekonstruiše „drvo života“ (Kristiansen i sar., 2005).

DNK bar kodiranje je tehnika koja omogućava da se napravi razlika jednog organizma od drugih (Wilson i sar., 2019). To je metod identifikacije organizma na osnovu kratkih, standardizovanih fragmenata genomske DNK i razvijen je za potrebe taksonoma, ekologa, biologa, regulatornih agencija i drugih. Pretpostavka DNK bar kodiranja je da, u poređenju sa referentnim bibliotekama takvih DNK sekvenci, pojedina sekvenca može da se koristi za jedinstvenu identifikaciju vrste organizma. DNK bar kodovi mogu da se koriste da identifikuju nepoznate vrste i delove organizama, da se odredi što veći broj biljnih vrsta koje bi se katalogizovale ili da se uporedi sa podacima tradicionalne taksonomije, u nastojanju da se utvrde granice vrste (Amanda i Luciane, 2010; Bergsten i sar., 2012).

<sup>34</sup> Filogenetsko drvo ili evolutivno grananje predstavlja dijagram grananja ili „Drvo života“ koji pokazuje evolutivni odnos između različitih bioloških vrsta ili drugih subjekata, njihovu filogeniju, na osnovu sličnosti i razlika u fizičkim ili genetičkim osobinama. Sav život na Zemlji deo je jednog filogenetskog stabla, što ukazuje na isto poreklo živog sveta (Letunic i Bork, 2007).

Kao primer može se uzeti bar kodiranje DNK polena. To je proces identifikacije polena određene biljne vrste putem sekvenciranja i amplifikacije specifične očuvane biljne regije DNK (Bell i sar., 2016). Polen identifikovan korišćenjem DNK bar kodiranja podrazumeva pronalaženje specifičnog, ciljanog regiona gena, koji se nalazi u najviše biljnih vrsta, a razlika između pripadnika različitih vrsta pronalazi se na osnovu jedinstvene sekvence baznih parova, za svaku vrstu unutar ovih ciljnih regiona. Ono što je važno istaći je da se DNK bar kodiranje, može koristiti kao identifikaciona karakteristika u budućnosti.

Jedan od glavnih izazova kod identifikacije polena je da se često prikuplja smeša polena, sa nekoliko biljnih vrsta. Meta bar kodiranje (Cristescu, 2014) je proces identifikacije DNK pojedinačnih vrsta iz mešovitog DNK uzorka i koristi se za pravljenje kataloga polena.

DNA meta bar kodiranje se definiše kao bar kodiranje DNK ili eDNK (DNA životne sredine) koji omogućava istovremenu identifikaciju mnogih taksona, u okviru istog (ekološkog) uzorka, međutim, često u istoj grupi organizma. Osnovna razlika između pristupa je da se meta bar kodiranje, za razliku od bar kodiranja, ne fokusira na jedan specifičan organizam, već ima za cilj da odredi sastav vrsta u uzorku (Dubrulle i Giraud, 2017).

Pravu vrednost DNK banaka, kao resursa za konzervaciju, tek treba proceniti i odrediti. DNK banke predstavljaju dopunu postojećim *ex situ* i *in situ* načinima konzervacije. Koordinisane aktivnosti mogu da pomognu u razvoju DNK kolekcija i osiguraju da vrste uključuju predstavnika tačno određenog genetičkog diverziteta u trenutku sakupljanja. Da bi se vrednost ovih kolekcija kao istraživačkog i konzervacionog alata povećala, DNK banke bi trebalo da imaju jasne ciljeve u pogledu obima njihovih zbirki.

Skladištenje DNK je do sada preduzeto, osim očuvanja biodiverziteta, i za obuku kod molekularne aplikacije za distribuciju, a posebno je korisno za one biljne vrste koje ne mogu biti sačuvane na tradicionalan način, kao što je čuvanje semena u bankama semena ili polena, niti konzervisati *in situ* zbog visokog rizika za pojedine biljke. Iako do danas ne postoje naznake da će DNK banke zameniti tradicionalne metode očuvanja genetičkih resursa, potencijal za skladištenje DNK je obećavajući zbog male veličine uzorka za skladištenje genetičkih informacija i stabilne prirode DNK na niskim temperaturama. Međutim, upotreba DNK banaka u konzervaciji je ograničena, jer se ne mogu regenerisati cele biljke, niti se mogu dobiti originalni genotipovi. Genetički materijal mora biti uveden veštački, putem transformacije ili transdukcije korišćenjem plazmi-*da* ili lipozoma (IARC, online, a).

Molekularna ispitivanja u budućnosti postaće važan alat za istraživanja o životu biljaka, kao što su analize funkcionalnog genoma, uporedne analize genoma, itd. Dragoceni DNK materijal mora biti sigurno čuvan, za duži period vremena, jer će postati neophodan za nova otkrića u oplemenjivanju. Ovo je misija DNK banaka. Istraživači će efikasno iskoristiti molekularne genetičke resurse i otkriti akumuliranu bazu podataka o genomu biljaka (Antonio i sar., 2003).



## Istraživanje DNK neklijavog semena

Posebno veliki značaj dat je DNK bankama kada je ustanovljeno da se i iz neklijavog semena može izdvojiti DNK i na taj način ustanoviti filogeneza uzorka semena. McGinnis (2008) je ustanovio da seme još uvek može da daje informacije, iako više nema klijavost jer sadrži DNK koja može da se koristi čak i kod semena starog 100 godina.

Kao i sve banke gena, Nacionalni centar za konzervaciju genetičkih resursa (*National Center for Genetic Resources Preservation - NCGRP*) iz Fort Kolinsa, Kolorado, koji deluje pri Ministarstvu poljoprivrede SAD (*United States Department of Agriculture - USDA*), skladišti genetički materijal koji istraživači mogu da koriste za izučavanje prirode, funkcije i evolucije gena. Svo seme gubi klijavost u skladištima, neko pre a neko kasnije, ali njihova nova istraživanja pokazuju da i slabo klijavo seme sadrži DNK koja se može ispitivati.

Istaživači iz Poljoprivrednog istraživačkog servisa iz Fort Kolinsa ispitivali su set uzoraka semena drveća starog od godinu dana do 135 godina. Ekstrahovali su upotrebljivu DNK iz svog semena, čak i najstarijeg. Ovo je vrlo komplikovan posao, jer je seme često inficirano patogenima i može da sadrži enzime sposobne da uništavaju DNK. Zbog toga što najstarije seme nije moglo da klija, nije bilo moguće razviti fenotip ili genetičke osobine biljke. Međutim, postojanost DNK omogućila je istraživačima da izučavaju genetički materijal roditeljskih biljaka i otkriju informacije o njihovoj genetičkoj različitosti (McGinnis, 2008).

## DNK biblioteke

DNK biblioteke imaju potencijal da sadrže klon svakog gena koji se nalazi u ćelijama bilo kog organizma, iz razloga što je polazni materijal genomske biblioteke DNK ekstrahovana iz ćelija organizma od interesa, a DNK se čuva u populaciji identičnih vektora i svaka sadrži različiti umetak DNK. Koraci koji se vrše da bi se dobila genomska biblioteka su:

- 1) izolovanje uzoraka DNK iz organizama ćelije,
- 2) sečenje DNK u „gen-size“ u sekvence sa restrikcionim enzimom ili enzimima,
- 3) isecanje mesta kloniranja plazmida sa istim restrikcionim enzimima,
- 4) dodavanje isečenih plazmida i genomske DNK u istu epruvetu uz dodavanje DNK ligaze, ovo će pomoći da se napravi kolekcija rekombinantnih i nerekombinantnih plazmida,
- 5) transformisati kolekciju plazmida u laboratorijski soj *Escherichia coli*, koji je osetljiv na antibiotike,
- 6) bakterije inkubirati na sobnoj temperaturi, preko noći na Amp / Ks-Gal pločama<sup>35</sup>,

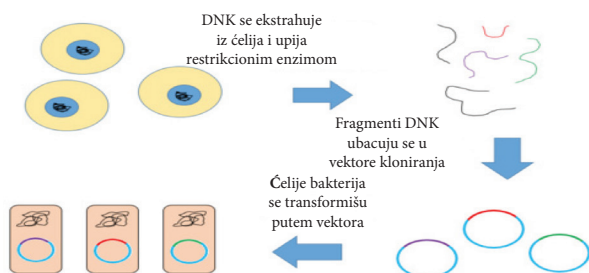
<sup>35</sup> Amp / Ks-Gal LB, Agar (Luria Bertani, Miler) je podloga bogata hranljivim materijama, koja se koristi za održavanje i kultivaciju rekombinantnih sojeva *Escherichia coli*; *Escherichia coli* raste brže nego na konvencionalnim podlogama (Mkl Diagnostics, online).

- 7) obratiti pažnju na ploče, izabrati bele kolonije i preneti na nove Amp ploče,
- 8) napraviti veliku kolekciju belih kolonija za formiranje genomske biblioteke (sl. 48) (Losick i sar., 2008; Pareek i sar., 2011).

DNK biblioteka može biti koristan izvor za izolovanje kolonija koje sadrže bilo koji gen nekog organizma, jedino je problem odrediti da li klonirani gen koji kolonija nosi u sebi jeste gen za koji postoji interes, što se može uraditi skriningom biblioteke (Plant and Soil Sciences eLibraryPRO, online).

cDNK biblioteka nastaje korišćenjem iRNK umesto DNK kao polaznog materijala, mRNK se može ekstrahovati iz ćelija specifičnih tkiva iz organizma od interesa. Slovo „c” u cDNK označava kopije, jer je dvolančana DNK kopija napravljena od iRNK. Zbog različitog polaznog materijala, cDNK biblioteke poseduju ključne razlike u odnosu na genomske biblioteke, a razlike nastaju zbog prirode ekspresije gena. Kada je iRNK kreirana, RNK polimeraza će transkribovati DNK sekvence, od kraja do završne sekvence raskida.

Klonovi u cDNK bibliotekama su podskup ukupnog genetičkog komplementa organizma i uključuju se samo kod određenih gena, u nekim ćelijama, u određeno vreme. cDNK biblioteka iz korena biljke ne sadrži toliko mnogo klonova koliko imaju biblioteke iz listova, dok se neki klonovi cDNK gena nalaze u većini cDNK biblioteka i to bi bili klonovi gena koji se nalaze u svim ćelijama biljke.



**Slika 48.** Konstrukcija genomske biblioteke (Wikimedia Commons, 2013)

Geni se nalaze na različitim nivoima u ćelijama. Zbog toga neki imaju hiljade mRNA kopija u ćeliji, dok drugi geni imaju nekoliko iRNK kopija. Kada se mRNA uzorak koristi za pravljenje cDNK biblioteke, biblioteka sadrži proporcionalno više kopija klonova jednih gena u odnosu na druge.

Rezime ključnih razlika između cDNK i genomske biblioteke je sledeći:

- cDNK klon sadrži samo sekvence nađene u iRNK, ne ceo gen, dok genomski klon može imati sekvence celog gena,
- cDNK biblioteka ne sadrži klon svakog gena u organizmu, genomske biblioteke mogu imati klon svakog gena za posmatrani organizam i

- ako je gen izražen u velikom broju u pojedinim tkivima, cDNK biblioteka napravljena od mRNK toga tkiva sadrži mnoge kopije tog gena. Drugi klonovi se retko ili nikada ne mogu naći u cDNK bibliotekama, jer gen nije izražen ili je retko izražen. Genomske biblioteke imaju prisutne klonove gena, onoliko često koliko se javljaju u hromozomima tog organizma.

Treći tip biblioteke gena ima klonove velikih segmenata hromozoma, koje mogu da sadrže mnoge gene. Motiv za izradu ove vrste biblioteka je da se kroz mapiranje gena znaju pozicije gena, ali i susednih gena. Ako se klonira deo hromozoma koji sadrži gen od interesa i susednih gena, mapiranje gena može da se koristi za izolovanje klona tog gena.

Ove biblioteke prave se kombinovanjem genomske DNK iz organizma koji poseduju vektore, koje čine ili veštački hromozomi kvasca (*yeast artificial chromosomes* - YAC) ili veštački hromozomi bakterija (*Bacterial artificial chromosome* - BAC). YAC i BAC su rekombinantne DNK, ali zato što su tako velike, više liče na hromozome nego na plazmide. YAC se transformišu u kvasce i BAC se transformišu u bakterije. Genetičari generišu velike delove hromozoma pažljivim smanjenjem izolovanih hromozoma, s restrikcijom enzimima koji prepoznaju sekvence osam nukleotidnih parova koji se retko javljaju na hromozomu. BAC ili YAC, koji imaju gen od interesa, mogu se identifikovati iz biblioteke skriningom sa DNK markerima (Plant and Soil Sciences eLibraryPRO, online, a).

### ***Budući zadaci banke biljnih gena***

Budući zadaci banaka biljnih gena su brojni, a jedan od najvažnijih koji se postavlja pred međunarodnu zajednicu je očuvanje genetičkih resursa u cilju očuvanja potencijalno korisnih gena i njihovih kombinacija. Očuvanje prirode i genetičkog diverziteta znači i očuvanje budućnosti. Razlog više za postojanje banaka gena je taj što će uskoro svi uzorci genetičkog materijala u njima biti tretirani kao intelektualna svojina i na taj način biti zaštićeni.

Budući zadaci koji se nameću bankama biljnih gena, pored navedenih su i:

- uključivanje molekularnih genetičara u istraživanja,
- standardizacija metoda molekularne tehnologije,
- uticaj naučnih istraživanja na smanjenje jaza između razvijenih i nerazvijenih zemalja,
- povezivanje svih aktera u lancu istraživanja,
- potreba za povećanjem kapaciteta u dokumentaciji,
- pristup informacijama i
- posebno jačanje uloge CGIAR (Díez i sar., 2018).

## Značajnije banke biljnih gena

Danas je teško govoriti o bankama gena kao isključivoj delatnosti jedne institucije. Osnova kod svih je čuvanje genetičkih resursa, ali je povezana sa istraživanjima na raznim poljima, kako bi se genetički resursi što bolje upoznali i primenili. Banke gena su organizovane na više nivoa, počev od međunarodnog do nacionalnog. Na međunarodnom nivou organizovani su čak kao konzorcijumi, koji obuhvataju nekoliko međunarodnih organizacija, a u svom sastavu imaju banke gena. Jedna od njih i najveća je Konsultativna grupa za međunarodna istraživanja u poljoprivredi (*The Consultative Group for International Agricultural Research - CGIR*).

*Banke gena koje pripadaju Konsultativnoj grupi za međunarodna istraživanja u poljoprivredi*

Ciljevi CGIR do 2022 su:

- *Dostupnost*: 90% uzoraka je na raspolaganju za neposrednu distribuciju. 2017. je oko 79% od ukupnog broja uzoraka bilo odmah dostupno za međunarodnu distribuciju, što iznosi poboljšanje od 66% u odnosu na 2012.
- *Bezbednost*: 90% uzoraka radi sigurnosti se čuva na dve lokacije do 2022. Do 2017, 55% uzoraka je obezbeđeno u bezbednosnom dupliranju u dva nivoa i 73% je duplirano u banci gena u Svaldbaldu (*Svalbard Global Vault Seed*). 79% klonskih kolekcija žita čuvaju se, sigurnosti radi, kao dupli uzorci metodom krioprezervacije u *in vitro* kulturama.

*Informacije*: 90% uzoraka ima minimalne pasoške podatke ili karakterizovane podatke na mreži. Do 2017, 95% pristupanja *online* bilo je otpremljeno u informacioni sistem *Genesys*<sup>36</sup>, a 66% s Digitalnim identifikatorom objekta (*Digital object identifiers - DOI*). Potpuni indeks pasoških podataka (*The passport data completeness index - PDCI*) ima 6,04% uzoraka (od 5,42% u 2015) (Biodiversity International, online, f).

*Sistem upravljanja kvalitetom*: Dogovoreni su elementi sistema upravljanja kvalitetom u svim bankama gena. Do 2017. napisana je ukupno 41 standardna operativna procedura (*Standard operating procedures - SOP*), razmotrena i odobrena od strane osoblja i njihovih rukovodilaca u bankama gena (CGIR, online, a).

Konsultativna grupa za međunarodna istraživanja u poljoprivredi ima petnaest istraživačkih centara i jedanaest banaka gena koje su nezavisne, neprofitne istraživačke organizacije, a bave se izvođenjem inovativnog istraživanja. Lokalno je prisustva u više od 70 zemalja sa poznavanjem carinskih propisa, vrednosti uzoraka i tržišnog poslovanja u zemljama u razvoju, sa mrežom od više od 3000 partnera koji dolaze iz nacionalnih vlada, akademskih institucija, globalnih tela politike, privatnih preduzeća i nevladinih organizacija (CGIR, online). U tabeli 11 prikazani su istraživački centri Konsultativne grupe za međunarodna istraživanja u poljoprivredi.

<sup>36</sup>*Genesys* je globalni portal, koji sadrži informacije o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu (PGRFA), čuvanih u bankama gena širom sveta i ima svoj *Genesys website* (Genesys, online).

Aktivni CGIR centri	Lokacija sedišta
Afrički centar za pirinač, Zapadno afrička asocijacija za razvoj istraživanja na pirinču ( <i>Africa Rice Center, West Africa Rice Development Association, WARDA</i> )	Bouaké, Côte d'Ivoire / Cotonou, Benin
Međunarodni biodiverzitet ( <i>Bioversity International</i> )	Maccaese, Rome, Italy
Međunarodni centar za istraživanja u šumarstvu ( <i>CIFOR</i> )	Bogor, Indonesia
Međunarodni centar za tropsku poljoprivredu ( <i>International Center for Tropical Agriculture - CIAT</i> )	Cali, Colombia
Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim područjima ( <i>International Center for Agricultural Research in the Dry Areas -ICARDA</i> )	Beirut, Lebanon
Međunarodni institut za useve semiaridnih i tropskih područja ( <i>International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics - ICRISAT</i> )	Hyderabad (Patancheru), India
Međunarodni institut za politiku hrane ( <i>International Food Policy Research Institute - IFPRI</i> )	Washington, D.C., United States
Međunarodni institut za tropsku poljoprivredu ( <i>International Institute of Tropical Agriculture - IITA</i> )	Ibadan, Nigeria
Međunarodni institut za istraživanja u stočarstvu ( <i>International Livestock Research Institute - ILRI</i> )	Nairobi, Kenya
Međunarodni centar za unapređenje kukuruza i pšenice ( <i>International Maize and Wheat Improvement Center - CIMMYT</i> )	Texcoco, Mexico State, Mexico
Međunarodni centar za krompir ( <i>International Potato Center - CIP</i> )	Lima, Peru
Međunarodni institut za istraživanja na pirinču ( <i>International Rice Research Institute - IRRRI</i> )	Los Baños, Laguna, Philippines
Međunarodni institut za upravljanje vodama ( <i>International Water Management Institute - IWMI</i> )	Battaramulla, Sri Lanka
Svetski centar za poljoprivredno šumarstvo ( <i>International Centre for Research in Agroforestry - ICRAF</i> )	Nairobi, Kenya
Međunarodni centar za razvoj živih akvatičnih resursa ( <i>International Center for Living Aquatic Resources Management - ICLARM</i> )	Penang, Malaysia

Banke gena, a pre svega istraživački centri Konsultativne grupe za međunarodna istraživanja u poljoprivredi, čuvaju 768576 uzoraka žita, zrnenih mahunarki, krmnog bilja, drveća, korenastih vrsta, useva i banana, a mnogi od uzoraka pripadaju divljim srodnicima. Uzorci iz CGIAR banaka gena međunarodna su javna dobra, koja banke gena stavljaju na raspolaganje pod uslovima utvrđenim u međunarodnom Ugovoru o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, a to znači da se primaoci materijala slažu da neće dodatno ograničiti dostupnost takvog materijala, a ako to urade ograničavaju pristup novim sortama izvedenim iz materijala koji je uzet iz banaka gena. U tom slučaju oni plaćaju određeni procenat od prihoda dobijenih komercijalizacijom u zajednički fond. CGIAR istraživački centri (banke gena) tokom proteklih 10 godina distribuirali su oko milion uzoraka za uzgajivače i istraživače (CGIR, 2019), od 2012. do 2018. više od 774000 uzoraka distribuirano je u 160 zemalja. CGIR čine banke gena, koje su u sastavu istraživačkih centara, povezanih sa čuvanjem biljnog materijala i to:

### **Afrički centar za pirinač**

Afrički centar za pirinač (*Africa Rice Center*) vodeća je Pan Afrička istraživačka organizacija za pirinač, posvećena poboljšanju životnog standarda u Africi kroz jačanje nauke i efikasnih partnerstava. Afrički centar za pirinač istraživački je centar CGIAR, deo globalnog istraživanja i partnerstva za sigurnu prehrambenu budućnost. Afrički centar za pirinač je i međuvladino udruženje afričkih zemalja članica. Afrički centar za pirinač trenutno čuva gotovo 22000 uzoraka, od kojih je 85% poreklom iz Afrike. Pored toga, važno je napomenuti da dva uzorka gajenog pirinča imaju pohranjeno u banci gena pet divljih srodnika. U novoj banci gena, koja se nalazi u mestu Bouake, Obala Slonovače, dugoročno se čuvaju uzorci, a karakterizacija i evaluacija različitosti useva glavne su aktivnosti u Afričkom centru za pirinač, s posebnim akcentom na skrining na otpornost, ekonomski važne bolesti i stresne uslove životne sredine. Kao rezultat toga, ustanovljeni su geni za otpornost na ekonomski značajne bolesti i štetočine, kao što su virus žutog šarenila pirinča (Rice Yellow Mottle Virus - RYMV), pegavosti lista pirinča koju prouzrokuje *Magnaporthe grisea* i afričke galice koju prouzrokuje *Orseolia oryzivora*. Pored navedenih aktivnosti na prouzrokoivačima bolesti i štetočinama, odvijaju se i druge važne aktivnosti, uključujući obnovu izgubljenog biodiverziteta u zemljama koje su pogođene ratom (AfricaRice, online).

### **Međunarodni biodiverzitet**

O Međunarodnom biodiverzitetu biće rečeno više nego o ostalim istraživačkim centrima, odnosno bankama gena, s obzirom na njegov značaj u svetu, ali i za Republiku Srbiju. Međunarodni biodiverzitet (*Bioversity Internati-*

onal - BI) je organizacija za istraživanja genetičkih resursa u poljoprivredi na globalnom nivou, koja ima viziju da poljoprivredni biodiverzitet obezbeđuje hranu i održava život na planeti Zemlji, prikuplja naučne dokaze vezane za genetičke resurse, propisuje praksu upravljanja i političke opcije za korišćenje i očuvanja poljoprivrednog biodiverziteta (Biodiversity International, online, b). Organizacija daje naučne dokaze, praksu upravljanja i političke opcije, u svrhu korišćenja i očuvanja poljoprivrednog biodiverziteta, radi postizanja globalne obezbeđenosti hranom i bezbednosti ishrane i promoviše rad s partnerima u zemljama s niskim prihodima, u različitim regionima gde poljoprivredni biodiverzitet može da doprinese poboljšanju ishrane, otpornosti na bolesti, produktivnosti i adaptaciji na promenu klimata. Neke pogodnosti su direktne, kao što su bolja ishrana stanovništva i veća održivost sistema za proizvodnju hrane, koja dolazi od lokalno adaptiranih genetičkih resursa (Koo i sar., 2003).

Deo istraživanja Međunarodnog biodiverziteta danas odnosi se na izračunavanje indeksa poljoprivrednog biodiverziteta, identifikaciju konkretnih akcija za postizanje različitih i održivih sistema za proizvodnju hrane, što doprinosi održivosti kroz tri stuba: ishranom i tržištem, proizvodnim sistemima i genetičkim resursima. Indeks poljoprivrednog biodiverziteta pomaže donosiocima odluka, vladama, investitorima i kompanijama, da osiguraju da sistemi hrane budu raznovrsniji i održivi (Biodiversity International, online, b). Međunarodni biodiverzitet dolazi do naučnih dokaza vezanih za biodiverzitet, praksu upravljanja i političke opcije, koje doprinose očuvanju poljoprivrednog biodiverziteta (Biodiversity International, online, e). Da bi nahranili devet milijardi ljudi do 2050, dostupnost hrane treba da se poveća 60% na globalnom nivou i do 100% u zemljama u razvoju. Nastavak ulaganja u istraživanja osnovnih izvora hrane od suštinskog je značaja, jer ovi usevi daju najveći procenat globalnih kalorija, ali su potrebni i komplementarni pristupi, u susret novim izazovima, što podrazumeva smanjenje globalne neuhranjenosti, adaptaciju na klimatske promene, povećanje produktivnosti proizvodnje i smanjenje rizika. Korišćenje i očuvanje poljoprivrednog biodiverziteta može pomoći da se odgovori na naznačene izazove, jer gazdinstva i ruralne zajednice odavno koriste poljoprivredu i biodiverzitet da prošire svoju ishranu, kao i za upravljanje štetočinama, bolestima i stresnim uslovima. Međunarodni biodiverzitet radi s partnerima u zemljama s niskim prihodima u različitim regionima, gde poljoprivredna proizvodnja i biodiverzitet mogu da doprinesu poboljšanju ishrane, otpornosti na nepovoljne činioce okruženja, produktivnosti i adaptaciji na klimatske promene.

Banka gena Međunarodnog biodiverziteta čini manji deo aktivnosti ove organizacije i obuhvata kolekciju više od 1500 uzoraka gajenih i divljih vrsta banane. Uzorci se čuvaju *in vitro* na temperaturi od 16°C. Iz bezbednosnih razloga, uzorci su zamrznuti u tečnom azotu na -196°C. Takav materijal, kod koga je primenjen metod krioprezervacije, može biti sačuvan na neodređeno vreme, a obnovljen po potrebi. Osim toga, duplikat ove zamrznute kolekcije nalazi se u Institutu za istraživanja i razvoj (*Institut de recherche pour le développement - IRD*) u Monpeljeu, u Francuskoj i Laboratoriji za biljnu patologiju (*Laboratory of*

*Plant Pathology from Gembloux Agro-Bio Tech*), Univerzitet u Liježu, Belgija, koji obezbeđuju indeksiranje virusa kod uzoraka i testiranje zdravstvenog stanja biljaka (CGIR, online, b).

## **Međunarodni centar za tropsku poljoprivredu**

Međunarodni centar za tropsku poljoprivredu (*International Center for Tropical Agriculture - CIAT*) ima program za konzervaciju genetičkih resursa pasulja i tropskog krmnog bilja, kako semena tako i celih biljaka, i manioke *in vitro*. Specijalizovane grupe istraživača koriste savremene tehnologije za proizvodnju semena pasulja i krmnog bilja, čuvaju i regenerišu uzorke koji održavaju genetički identitet originalnog uzorka. Istraživači iz programa za genetičke resurse saraduju s istraživačima u programu CGIAR *HarvestPlus*<sup>37</sup>, koji ima za cilj da odabere sorte pasulja koje sadrže više gvožđa za kvalitetniju ishranu. U Međunarodnom centru za tropsku poljoprivredu radi se na pronalaženju izvora tolerantnosti na kasava braon virus (Cassava brown streak virus). Sa programom Livestock-Plus CGIAR radi se na poboljšanju *Brachiaria paltaginea*, kao biljke za pripremu stočne hrane. Za pasulj i kabastu hranu ispituje se seme na prisustvo patogena i štetočina, dok je za uzorke manioke, koji su generalno proizvedeni *in vitro*, fokus na indeksiranju virusa (CIAT, online).

## **Međunarodni centar za unapređenje kukuruza i pšenice**

Međunarodni centar za unapređenje kukuruza i pšenice (*International Maize and wheat Improvement center - CIMMYT*), doprinosi razvoju sveta s zdravijim i prosperitetnijim ljudima, bez opasnosti od globalnih kriza vezanih za hranu i sa više elastičnijih sistema za proizvodnju poljoprivredno prehrambenih proizvoda. Strateški plan Međunarodnog centra za unapređenje kukuruza i pšenice 2017 – 2022 postavio je integrisani pristup uticaja nauke na sprovođenje partnerstva, sa akcentom na izgradnji kapaciteta, i ispunjenje misije Međunarodnog centra za unapređenje kukuruza i pšenice, za poboljšanje životnog standarda ljudi kroz primenu nauke u unapređenju kukuruza i pšenice. Ključni strateških ciljevi su povećanje uticaja istraživanja na ubrzanje genetičke dobiti kroz nove različitosti, razvoj i poboljšanje pristupa

<sup>37</sup>Cilj *HarvestPlus* je da postigne da 20 miliona poljoprivrednih domaćinstava proizvodi visoko hranljive namirnice do 2020, uvereni su da mogu dostići da nahrane jednu milijardu ljudi s visoko hranljivim namirnicama do 2030. Vizija *HarvestPlus* je svet bez „skrivené” gladi, jer *HarvestPlus* veruje da skrivena glad može da se reši aktivnim dodavanjem mikroelemenata u ishrani, onih koji su u njima deficitarni. S partnerima, *HarvestPlus* razvija nove, više hranljive sorte, useve koji obezbeđuju veće količine vitamina A, gvožđa, cinka ili tri od mikroelemenata identifikovanih od strane Svetske zdravstvene organizacije, koji najviše nedostaju u ishrani na globalnom nivou (*HarvestPlus*, online).

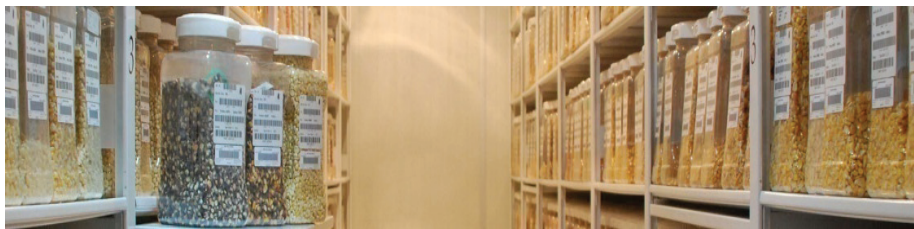


sortama otpornim ili tolerantnim na stresne uslove, održivo intenziviranje sa poboljšanjem izvora prihoda, unapređenje ishrane i poboljšanje njenog kvaliteta (CYMMIT, online).

Za unapređenje karakteristika kukuruza, populacije iz Latinske Amerike najvažniji su izvor genetičkih resursa. Uzorci semena i informacije koje nose moraju biti konzervisani radi sadašnjih i budućih generacija. Kako se kukuruz selio na druge kontinente, menjao je i svoje karakteristike, te je konzervacija unikatne genetičke divergentnosti od naročitog značaja.

Sa stvaranjem sorti pšenice u CIMMYT počelo se četrdesetih godina prošlog veka, sa velikim uspehom. U ovom momentu te sorte pokrivaju 75% površina pod pšenicom u razvijenim zemljama. Prema podacima Međunarodnog informacionog sistema za pšenicu (*The International Wheat Information System - IWIS*), CYMMIT raspolaže velikim brojem uzoraka gajene pšenice, tritikalea, ječma i raži, kao i divljih srodnika *Triticum spelta*, *T. dicoccoides*, *T. polonicum*, *T. dicoccon*, *T. monococcum*, *T. boeoticum*, *T. urartu*, *T. carthlicum*, *T. timopheevii*, *T. glutinosum*, *Aegilops squarrosa*, *Ae. ovata*, *Ae. sharonesis*, *Ae. taushii*, *Ae. bicornis*, *Ae. searsii*, *Ae. juvenalis*, *Ae. triticoides*, *Ae. persica*, *Ae. geniculata*, *Ae. neglecta* (CTA, online, 2008). Bez obzira na godinu publikovanja podataka, situacija se do danas nije bitnije izmenila što se tiče kako gajenih, tako i divljih srodnika. Banka sadrži preko 170000 uzoraka pšenice i 28000 uzoraka semena kukuruza u kolekciji, iz celog sveta. Ove kolekcije predstavljaju genetičku raznolikost jedinstvenih domaćih sorti i divljih srodnika kukuruza i pšenice, koje se dugoročno održavaju (CYMMIT, 2017).

CIMMYT je 1996. izgradio novu banku gena za srednjeročno i dugoročno čuvanje semena. Uzorci semena čuvaju se pri relativnoj vlažnosti vazduha od 25% na temperaturi od 10°C. Sadržaj vlage u semenu je od 6 - 8%. Posle sušenja, seme se pakuje u plastične kontejnere i skladišti srednjeročno na 0°C, na kontrolisanoj relativnoj vlažnosti vazduha od 15 - 20%. Tako uskladišteno seme može da se čuva, odnosno da zadrži životnu sposobnost, 20 do 30 godina. Za dugoročno skladištenje, seme se zatvara hermetički u vakuum aluminijumsko pakovanje i čuva 50 - 100 godina, na temperaturi od -22°C (sl. 49).



**Slika 49.** Komora za čuvanje semena u CYMMIT (CYMMIT, 2017)

Jedna od aktivnosti CIMMYT je stvaranje novih sorti. U tom svom programu CIMMYT koristi i divlje srodnike. Linije sintetičkih haploida stvorene su ukrštanjem nekoliko uzoraka *Aegilops tauschii*, koji potiču iz Istraživačkog

centra za genetiku pšenice i istraživanje genoma (*Wheat Genetic and Genomic Resources Center - WGGRC*), Kansas, SAD, i različitih tvrdih pšenica koje vode poreklo iz programa CIMMYT. Dve sintetičke linije komercijalizovane su u SAD i dostupne su u Istraživačkom centru za genetiku pšenice i istraživanje genoma (CYMMIT, online, a).

## **Međunarodni centar za krompir**

Međunarodni centar za krompir (*International Potato center - CIP*) u banci gena čuva žive biljne uzorke svetski značajnih biljnih vrsta i njihove divlje srodnike. Ove kolekcije su važne kako bi se osiguralo da biljne vrste, koje mogu da sadrže gene otpornosti na prouzrokovaoče bolesti, poboljšaju ishranu stanovništva ili opstanak u promenjenim uslovima sredine, ne postanu ugrožene ili ne izumru tokom vremena.

Banka gena u Međunarodnom centru za krompir u Limi, Peru, održava klonove i seme kolekcija krompira, batata i korenje i krtole s Anda (*Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon*). Banka gena se održava, kao globalno javno dobro, pod patronatom Međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu (ITPGRFA). Germplazma Međunarodnog centra za krompir je na raspolaganju za sve podnosiocima zahteva za potrebe istraživanja, obrazovanja i oplemenjivanja, a koristi se u oplemenjivanju u preko 100 zemalja. Međunarodni centar za krompir kustos je najveće u svetu *in vitro* banke gena, prva je dobila akreditaciju međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO), koja reguliše procese za bezbedno i sigurno čuvanje germplazme, a poseduje i jednu od vodećih svetskih herbarijumskih kolekcija i programa krioprezervacije (sl. 49) (CIP, online).

Međunarodni centar za krompir u Limi prikupio je više od 7000 sorti krompira, od kojih se hiljade čuvaju kao izdanci, dok se drugi čuvaju kao krtole zamrznute u tečnom azotu na  $-196^{\circ}\text{C}$  (Wyse i Sutherland, 2013).

## **Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim područjima**

Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim područjima (*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas - ICARDA*) obuhvata zemlje sušnog regiona južne Afrike, Azije i deo Mediterana. Ovo nije slučajno, jer sve te zemlje imaju sličnu biljnu floru i sličan klimatu. U tabeli 12 naznačen je nizak nivo padavina u oblastima iz kojih uzorci potiču, a koji je često manji od 300ml godišnje. ICARDA je kroz 71 sakupljačku misiju u 40 zemalja sakupila više od 110000 uzoraka, od čega je u banku gena uskladišteno 55000 uzoraka žita, 27000 jestivih leguminoza i 28000 biljnih vrsta za stočnu

hranu. Preko 30000 uzoraka Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim područjima isporučuje drugim bankama gena u svetu. Ima istu tehnologiju čuvanja uzoraka kao i CIMMYT, odnosno uzorci semena se čuvaju srednjeročno i dugoročno.

ICARDA poseduje duple uzorke, koji su uskladišteni na drugoj lokaciji, a čuvaju se u istim kontrolisanim uslovima. Kao primer mogu se uzeti uzorci pšenice i ječma koji se čuvaju u CIMMYT. Duplikat kolekcija kikirikija čuva se u Međunarodnom naučnom institutu za semiaridne tropske biljke (*International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics - ICRISAT*) u Indiji, duplikat kolekcije boba čuva se u Austrijskoj nacionalnoj banci gena, a duplikat kolekcije sočiva nalazi se u Nacionalnom birou za biljne genetičke resurse (*National Bureau for Plant Genetic Resources - NBPGR*) u Indiji. ICARDA je obnovila velike kolekcije žita i krmnog bilja u njihovim zemljama porekla i prepustila konzervaciju nacionalnim bankama gena, kako bi bili pristupačni za upotrebu u nacionalnim oplemenjivačkim programima.

**Tabela 12.** Biljne vrste iz banke gena ICARDA, koje se čuvaju u CIMMYT banci gena i padavine u područjima iz kojih potiču navedeni uzorci (Heun i sar., 2008)

Biljne vrste	Divlji srodnici	Uzorci u CIMMYT kolekciji		Procena mesta sa sušom (manje od 300 mm padavina po lokaciji)
		Mesta se <300 mm	Sva mesta sa dostupnim podacima o padavinama	
Egilops	<i>Aegilops bicornis</i>	11	14	79
	<i>Aegilops crassa</i>	24	48	50
	<i>Aegilops kotschyi</i>	37	47	79
	<i>Aegilops searsii</i>	26	46	57
	<i>Aegilops tauschii</i>	56	93	60
	<i>Aegilops vavilovii</i>	54	74	73
Pšenica	<i>Triticum dicoccoides</i>	58	188	31
	<i>Triticum urartu</i>	21	76	28
Ječam	<i>Hordeum spontaneum</i>	113	357	32
Sočivo	<i>Lens orientalis</i>	19	121	16
	<i>Lens odemensis</i>	5	36	14
<b>Druge vrste</b>		<b>154</b>	<b>1287</b>	<b>12</b>

## Svetski poljoprivredno šumarski centar

Svetski poljoprivredno šumarski centar (*World Agroforestry Center - ICRAF*) jedinica je koja ima globalnu ulogu u prikupljanju, čuvanju, dokumentaciji, karakterizaciji i distribuciji kolekcija poljoprivredno šumskog drveća, uglavnom s fokusom na ugrožene vrste, u svim ICRAF radnim regionima. Banka semena Svetskog poljoprivredno šumskog centra u Najrobiju i terenske banke gena u radnim regionima Kenije čuvaju germplazmu drveća za potrebe istraživanja, a mnogi uzorci održavaju se u poljskim bankama gena, *in situ*, kojima se upravlja u saradnji sa nacionalnim partnerima. Banka gena snabdeva reproduktivnim materijalom lokalne partnere i na taj način prikuplja dragocene podatke o uzorcima. Sadašnji cilj *ex situ* aktivnosti ICRAF je da bude svetski lider u konzervaciji germplazme poljoprivredno šumskog drveća i razvije globalni sistem očuvanja poljoprivredno šumskog drveća, a baze podataka o genetičkim resursima pružaju informacije o taksonomiji poljoprivredno šumskih stabala, koristima, pogodnostima i izvorima semena (ICRAF, 2005; ICRAF, 2019).

## Međunarodni Institut za useve semiaridnih i tropskih područja

Međunarodni Institut za useve semiaridnih i tropskih područja (*International Crop Research Institute for the Semi Arid Tropics - ICRISAT*) ima banku gena koja služi za prikupljanje i skladištenje genetičkog materijala šest biljnih vrsta i to sirka (*Sorghum* spp.), bisernog prosa (*Pennisetum glaucum*), leblebije (*Cicer arietinum*), golubijeg graška (*Cajanus cajan*), kikirikija (*Araghis hypogaeae*), prst prosa (*Eleusine coracana*) i pet malih prosa: italijanski proso (*Setaria italica*), mali proso (*Panicum sumatrense*), kodo proso (*Paspalum scrobiculatum*), proso (*Panicum milliaceum*) i japanski proso (*Echinochloa esculenta*). Međunarodni Institut za useve semiaridnih i tropskih područja poseduje 128155 uzoraka, prikupljenih iz 144 zemlje putem donacija i ekspedicija, i jedna je od najvećih međunarodnih banaka gena. ICRISAT je osnovao regionalne banke gena u Najrobiju, Bulavaji i Nigeriji u gradu Niamei, da bi omogućio jednostavan pristup regionalnim i globalnim različitostima sa partnerima u regionu. Zajedno, te tri regionalne banke gena čuvaju 43353 uzorka, a nekoliko populacija nestalih iz svojih prirodnih staništa u Africi i Aziji čuvaju se u ICRISAT bankama gena. Kolekcija služi i kao osiguranje od genetičke erozije i kao izvor gena za tolerantnost na bolesti i štetočine i stresne uslove životne sredine. ICRISAT vrši istraživanja nutritivnog kvaliteta genetičkih resursa, koje čuva, i drugih osobina koje doprinose poboljšanju osobina biljaka. Većina kolekcije je povezana s trustom, koji čine FAO, Ujedinjene nacije i Međunarodni ugovor o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, i služi za upotrebu od strane globalne zajednice, kao međunarodno javno dobro (*International Public Good - IPG*).

Većina kolekcija koje se čuvaju u ICRISAT odnosi se na ortodoksno seme, a čuvanje semena ima ključnu ulogu u očuvanju genetičke varijabilnosti. Aktivna kolekcija germplazme čuva se na temperaturi od 4°C i 30% relativne vlažnosti i ona je osnovni izvor za distribuciju i korišćenje uzoraka. Bazna kolekcija održava se na temperaturi od -20°C, upakovana u vakuum aluminijumske kesice sa 3% - 7% vlažnosti semena. Bazna kolekcija obezbeđuje dugoročnu održivost materijala (više od 50 godina).

## **Međunarodni institut za tropska poljoprivredna područja**

Međunarodni institut za tropska poljoprivredna područja (*International Institute for Tropical Agriculture - IITA*), ima banku gena odgovornu za čuvanje velikog broja biljnih vrsta koje su povezane sa bezbednošću hrane u Africi. U banci gena Međunarodnog instituta za tropsku poljoprivredu čuva se seme bambara (podzemna vigna) (*Vigna subterranean*), lucerke, kukuruza, soje, afrički jam bob (*Sphenostylis stenocarpa*) i drugih vrsta mahunarki i klonskih useva, kao što su banane, manioka i jam, koji zahtevaju veoma različite metode konzervacije. IITA poseduje uslove za srednjeročno skladištenje, a seme konzervisano u srednjeročnom skladištenju čuva se na temperaturi od 4°C. Za ortodoksno seme primenjuje se srednjeročno skladištenje (5°C) ili dugoročno skladištenje (-20°C), a biljne vrste kod kojih se radi kloniranje, kao što je npr. manioka, održavaju se u *in vitro* bankama gena. Banka gena Međunarodnog instituta za tropsku poljoprivredu saraduje sa CGIAR na programima oplemenjivanja kukuruza, banana, zrnenih mahunarki i korenasto krtolastih biljnih vrsta, a u banci gena uspostavljena je jedinica za kontrolu zdravstvenog stanja uzoraka (IITA, online).

## **Međunarodni institut za istraživanja u stočarstvu**

U Međunarodnom institutu za istraživanja u stočarstvu (*International Livestock Research Institute - ILRI*) čuva se u banci gena oko 20000 uzoraka krmnog bilja. Kolekcija sadrži više od 1000 vrsta, a većinu (97%) čine divlje vrste, a ne sorte ili populacije. Karakterizacija stočne hrane u Međunarodnom institutu za istraživanja u stočarstvu vrši istraživanja koja idu detaljno u fenotipske varijacije, posebno u nutritivna svojstva, kao i otpornost na štetočine i bolesti. U banci gena identifikuju se i čuvaju uzorci koji imaju bolje upotrebne karakteristike od postojećih i kao najbolji način za dalju procenu i moguće poboljšanje biljaka koje služe za stočnu hranu, a zadatak Međunarodnog instituta za istraživanja u stočarstvu je da promoviše korišćenje stočne hrane u podsaharskoj Africi. U Institutu postoji i odeljenje koje se bavi ispitivanjem i kolekcionisanjem semena trava namenjenim za travnjake, umnožavanjem i distribucijom početnih generacija semena trava za potrebe prodaje. Pored toga, Institut nudi obuku za istraživače i tehničare na nacionalnom nivou (ILRI, online).

## **Međunarodni istraživački institut za pirinač**

Međunarodni istraživački institut za pirinač (*International Rice Research Institute - IRRI*) je organizacija zadužena za smanjenje siromaštva i gladi kroz istraživanja posvećena pirinču, poboljšanju zdravlja i dobrobiti poljoprivrednika koji se bave proizvodnjom pirinča i potrošačima pirinča, kao i zaštitom životne sredine u kojoj se pirinač gaji za buduće generacije. IRRI je nezavisna, neprofitna organizacija, istraživački i obrazovni institut, koga su osnovali Ford i Rokfeler fondacija 1960. uz podršku vlade Filipina. Ima kancelarije u 17 zemalja u kojima se proizvodi pirinač u Aziji i Africi i više od 1000 zaposlenih (IRRI, 2018).

Međunarodni istraživački institut za pirinač fokusiran je i na istraživanja vezana za konzervaciju semena pirinča, u velikoj meri usmeren ka većoj dugovečnosti semena u skladištu i poboljšanu preciznost u predviđanju dugovečnosti semena. Centar za genetičke resurse ima istraživački tim za molekularnu genetiku koji radi na pitanjima genetičke raznovrsnosti i biosistematike, i koristeći genetičke markere pronalazi korisne verzije gena. Podaci o uzorcima u banci gena dostupni su preko Informacionog sistema banke gena za pirinač (*Rice Genebank Collection Information System - IRGCIS*). TT Čang centar za genetičke resurse (*The T.T. Chang Genetic Resources Center*), takođe na Filipinima, aktivno radi na poboljšanju efikasnosti rada, na primer, testiranjem automatizovanih sistema za sortiranje semena koji omogućavaju efikasnu doradu semena (IRRI, online).

## **Istraživački centri Konsultativne grupe za međunarodna istraživanja**

Sve do sada navedene banke gena koje ulaze u sastav Istraživačkog centra Konsultativne grupe za međunarodna istraživanja (*Consultative Group on International Agricultural Research - CGIR*) bave se i istraživanjima vezanim za biodivezitet i njegovo očuvanje. Pored navedenih, postoje još tri nezavisna istraživačka centra, neprofitne istraživačke organizacije, koje se bave inovacijama u istraživanjima, a to su Međunarodni institut za vodoprivredu (*International Water Management Institute - IWMI*), Svetsko šumarstvo (*World Agroforestry - ICRAF*) i Svetsko ribarstvo (*WorldFish*) (CGIR, online, a).

## **Milenijumska banka semena**

Milenijumska banka semena (*The Millennium Seed Bank - MSB*) u partnerskom je odnosu sa Kraljevskom botaničkom baštom (*Botanic Gardens, Kew - RBG*) koja njome upravlja. Milenijumska banka semena predviđena je prvenstveno za umnožavanje ortodoksnog semena divljih vaskularnih biljaka.

To je najveći *ex situ* program očuvanja divljih vaskularnih biljaka u svetu. Ova institucija u svoj rad uključuje 96 zemalja i teritorija i, gde god je to moguće, seme se prikuplja i konzervira u zemlji porekla, s duplikatom koji se šalje u Kraljevsku botaničku baštu Kew na skladištenje. Milenijumska banka semena ima fond semena visokog kvaliteta i bogatu biološku raznovrsnost resursa. U kolekcijama se čuvaju predstavnici 365 porodica, 5813 rodova, 36975 vrsta i 39669 taksona. Zbirke pokrivaju širok geografski obim, poreklom iz 189 zemalja i teritorija koje predstavljaju devet biogeografskih regiona i svih 35 „vrućih“ tačaka (*hot spot*) biodiverziteta. Kolekcije poseduju značajno prirodno dobro i vrednost: 32% taksona predstavlja 49% kolekcija, koje imaju najmanje jednu identifikovanu upotrebu kod ljudi; 74% taksona, što predstavlja 78% zbirki, ili su endemske, ugrožene (nacionalno ili globalno) i/ili imaju ekonomsku, ekološku, socijalnu, kulturnu ili naučnu vrednost; 10% taksona, što predstavlja 8% zbirki, sadrže ili izumrle ili retke biljne vrste koje se javljaju ili pripadaju grupi ranjivih. Širom sveta distribuirano je najmanje 11182 uzoraka semena, što predstavlja 12% taksona i 8% kolekcija za konzervaciju, istraživanje i obrazovanje (Udayangani i sar., 2018).

Namenski objekat u Wakehurstu (*Wakehurst*) predviđen je za dugoročno čuvanje semena, istraživanje i evaluaciju, nakon sakupljanja. Seme se priprema i suši (oko 4 - 6% sadržaja vlage), pre skladištenja u komorama za duboko zamrzavanje (-18 do -20°C) u okviru trezora, u skladu s međunarodnim standardima. Trenutno postoji više od 92500 uzoraka semena koji se čuvaju u kolekciji, u banci gena (Kew, online, a).

### ***Nordijska banka gena***

Nordijska banka gena (*The Nordic Gene bank - NGB*), od 1984. čuva rezervnu nordijsku biljnu germplazmu, u obliku zamrznutog semena, u napuštenom rudniku uglja u Svalbardu. Nordijski centar za genetičke resurse NordGen (*The Nordic Genetic Resource Centre - NordGen*) osnovan je u januaru 2008. kao rezultat spajanja Nordijske banke gena, Nordijske banke gena domaćih životinja i Nordijskog saveta za reproduktivni materijal šumskog drveća. NordGen uglavnom finansira Nordijski savet ministara, a sedište NordGen je u Alnarpu, kod Malmea, na jugu Švedske. Sedište Nordijske banke gena domaćih životinja i Nordijskog saveta za reproduktivni materijal šumskog drveća se nalazi u blizini Osla, u Norveškoj (Bäcklund, online). Osnovna misija Nordijskog centara za genetičke resurse je obezbeđivanje biodiveziteta genetičkih resursa vezanih za hranu i poljoprivredu, kroz njihovo očuvanje i održivo korišćenje, odgovarajuću dokumentaciju, informativni rad i primenu međunarodnih sporazuma (Mellgren, 2008).

Norveška banka gena od izuzetnog je značaja, ne samo za Nordijske zemlje, nego i za ceo svet. *Associated Press* je ovako prokomentarisao značaj ove banke

gena: „Norveška je kuća za seme u *Doomsday Vault* - sudnjeg dana, u podrumu u zaleđenim planinama na Arktiku spremni su uzorci semena da posluže kao Nojeva barka u slučaju globalne katastrofe”. Njena svrha je da osigura opstanak biljnog diverziteta u slučaju da dođe do epidemije bolesti, nuklearnog rata, prirodnih katastrofa ili klimatskih promena i ponudi svetu šansu da obnovi gajenje biljaka, koje se koriste za hranu i time osigura ishranu stanovništva. Seme može biti skladišteno na niskim temperaturama, tako da može da se čuva stotinama, a možda i hiljadama godina”, shodno *Global Crop Diversity Trust* (Mellgren, 2008).

Banka semena (*Global Seed Vault*), smeštena u Svaldbaldu, ima moto „Sačuvajmo seme za budućnost“. Zbog nekih ugroženih banaka gena, došlo se na ideju o osnivanju globalne banke semena, koja služi kao objekat za skladištenje rezervnih uzoraka. Svrha trezora je da sačuva duplikate uzoraka semena iz svetskih kolekcija. Banka gena predstavlja krajnju polisu osiguranja za svetske zalihe hrane, nudi opcije za buduće generacije da prevaziđu izazove klimatskih promena i porasta stanovništva, a milioni semena predstavljaju raznovrsnost dostupnu svetu (Crop Trust, online).

Banka semena je smeštena na idealnoj lokaciji za dugoročno čuvanje semena, iz nekoliko razloga: vidljiv je samo ulaz u banku semena, dok je sama banka smeštena na 100m dubine, u planini. Područje je geološki stabilno, procenat vlage je nizak, smeštena je iznad nivoa mora, pa poplave nisu realne. Pošto su prostorije u kojima se skladišti seme zamrznute, nisu potrebni dodatni troškovi električne energije za hlađenje. Uzorci semena čuvaju se na temperaturi od -18°C, koja je i potrebna za optimalno skladištenje semena. Seme se čuva zapečaćeno, upakovano u troslojne folije. Paketi su zatvoreni unutar kutije i čuvaju se na policama. Niske temperature i nizak sadržaj vlage unutar banke semena osigurava nisku metaboličku aktivnost semena, držeći seme održivim na duži rok. Kompletan pregled uzoraka koji se čuvaju u banci semena može se naći na online bazi podataka NordGen.

NordGen ili *Svaldbald Global Seed Vault* čuva oko 1,5 milion uzoraka semena različitih poljoprivrednih biljnih vrsta. Broj uzoraka zavisi od broja država koje učestvuju u čuvanju genetičkih resursa, a kapacitet banke za konzervaciju je 4,5 miliona uzoraka. Postoji veliki raspon biljnih vrsta koje su skladištene, počev od semena koje čini izvor hrane u afričkim i azijskim zemljama, kao što su kukuruz, pirinač, pšenica, crni pasulj i sirak, do evropskih i južnoameričkih sorti patlidžana, zelene salate, ječma i krompira. U stvari, banka gena već ima najraznovrsniju kolekciju semena koje služi za proizvodnju hrane u svetu (Svalbard Global Seed Vault, online).

Oko 5% uzoraka semena iz NordGen, njih oko 18000, koji sadrže po 500 semena po uzorku, dolazi iz Centra za genetičke resurse iz Holandije (Arden, 2008). Duplikati uzoraka iz Južne Afrike (*The Southern Africa Development Community - SADC*) čuvaju se u NordGen već nekoliko godina.



Depozitori, koji šalju uzorke u banku semena u Svalbaldu, moraju to učiniti dosledno relevantnim nacionalnim i međunarodnim pravima. Banka gena pristaje da primi seme samo pod uslovima koje propisuje Multilateralni sistem ili na osnovu člana 15. Međunarodnog ugovora ili semena, koje imaju centar porekla u zemlji iz koje dolaze. Svaka zemlja ili institucija i dalje ima mogućnost pristupa kontroli semena koje su deponovali, po „Black Box“ sistemu. „Black Box“ sistem podrazumeva da je deponent taj koji jedini može da povuče seme i otvara kutije u kojima se seme čuva.

### ***Unija ruskih naučnih instituta u biljnoj industriji N.I. Vavilov***

Uniju ruskih naučnih instituta u biljnoj industriji N.I. Vavilov (*All-Union Institute of Plant Industry N.I. Vavilov -VIR*) osnovalo je Ministarstvo za poljoprivredu Rusije, u okviru Biroa za primenjenu botaniku 1894. Tokom 1917, Biro se transformisao u odeljenje za primenjenu biologiju i oplemenjivanje, koji je 1922. uključen u Državni institut za eksperimentalnu poljoprivredu. Pomenuto odeljenje je 1924. poslužilo kao osnova za osnivanje Unije instituta za primenjenu botaniku i nove biljke (*All-Union Institute of Applied Botany and New Crops - AUIAB and NC*). U 1930. izvršena je nova reorganizacija i formira se u sadašnjem obliku Unija ruskih naučnih instituta u biljnoj industriji (*All-Union Institute of Plant Industry -VIR*) (AGRIS 1974; Rosenthal, 2010).

Vavilov institut za biljnu industriju, jedan je od naučnih instituta u Rusiji, čije su aktivnosti usmerene na čuvanje biljnih genetičkih resursa i njihovo izučavanje. Institut poseduje jednu od najvećih *ex situ* kolekcija biljnih resursa u svetu, a institucija je svetski poznata i priznata. Glavna kolekcija reprezentuje biljni diverzitet kroz 320000 uzoraka iz 155 botaničkih porodica, 2532 vrsta iz 425 rodova. Na primer, kolekcija sadrži 95000 uzoraka žita, preko 43000 uzoraka leguminoza, 52000 ova, pirinča, heljde, 26000 uzoraka industrijskih biljaka, 28000 krmnog bilja, oko 10000 uzoraka krompira i 50000 uzoraka povrća. VIR održava herbarijum od oko 260000 biljnih vrsta. Postojeći diverzitet predstavlja vredan materijal, koji se može koristiti u procesu oplemenjivanja, kao donor važnih komercijalnih osobina za stvaranje novih sorti za različite regione Rusije. Naučni rad u VIR uključuje 9 odeljenja za izučavanje biljnih resursa, 13 naučnih laboratorija i 12 eksperimentalnih stanica za različite geografske regione (Atlas Obscura, 2020).

Potrebno je napomenuti da je formirana Evropska banka gena, koja podrazumeva bazu podataka za važnije biljne vrste. Banka gena Evrope održava bogatu germplazmu roda soja (*Glycine max*) koja ima 20000 uzoraka, a najveća kolekcija se održava u VIR i iznosi 6100 uzoraka. Evropska baza podataka za soju osnovana je na inicijativu Evropskog kooperativnog programa za biljne

genetičke resurse (*European Cooperation Program/Genetic Resources - ECP/GR*), na sastanku u Kopenhagenu. Baza podataka ima zadatak da unifikuje informacije o svetskoj germplazmi soje u evropskim bankama gena. Struktura baze podataka sledi principe BI/FAO deskriptora (Maggioni i Engels, 2014).

### ***Leibniz Institut za biljnu genetiku i istraživanja u biljnoj proizvodnji***

Leibniz Institut za biljnu genetiku i istraživanja u biljnoj proizvodnji (*The Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research - IPK*) iz Gaterslebena, veliki je i međunarodno poznat biljni istraživački centar, koji radi na problemima moderne biologije, fokusiran je na gajene biljne vrste. IPK je neprofitna istraživačka institucija i član je Leibniz Asocijacije (*Leibniz Association*). Misija IPK je da sprovede osnovna i primenjena istraživanja u oblasti genetike biljaka i istraživanja vezanih za gajene biljne vrste.

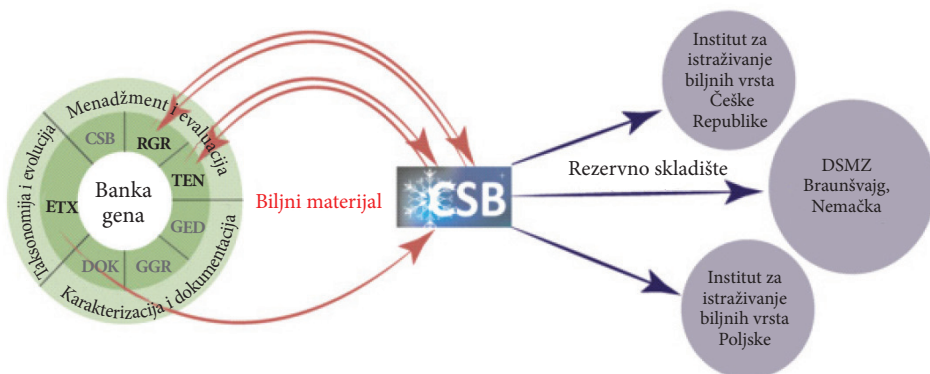
IPK jedan je od vodećih međunarodnih institucija u oblasti genetike biljaka i istraživanja na polju biologije. IPK istraživački program doprinosi konzervaciji, istraživanju i pravilnom korišćenju biljnog diverziteta. Istraživački ciljevi su vođeni potrebom da se osigura efikasna održivost i snabdevanje hranom, energijom i sirovinama, što predstavlja veliki globalni ekološki izazov. Rezultati ovog rada imaju, ne samo doprinos naučnim istraživanjima, nego su i od velike koristi za oplemenjivače i poljoprivrednu industriju, kao i za proizvodnju hrane i hemijsku industriju. Dodatno područje istraživanja je korišćenje obnovljivih izvora materijala.

Osnovni cilj je uspostavljanje sistema interdisciplinarnog izučavanja, kako bi se sakupilo novo znanje i dobile nove tehnologije vezane za ekstenzivnu upotrebu biljnih genetičkih resursa i za optimizaciju veće proizvodnje, koje su u skladu sa dobrom poljoprivrednom praksom. Sa centralnom *ex situ* bankom gena, IPK ima jedinstvenu kolekciju biljnih genetičkih resursa za više od 3000 botaničkih vrsta oko 800 različitih rodova. Banka gena ukupno ima blizu 148000 uzoraka.

Banka gena je odeljenje Savezne *ex situ* banke gena za poljoprivredu i hortikulturu useva, i jedna je od vodećih svetskih institucija ove vrste. Njen mandat obuhvata očuvanje svoje kolekcije germplazme i snabdevanje semena za oplemenjivače. Banka gena ima intenciju proširenja, u cilju formiranja digitalnog biološkog centra resursa, kroz razvoj digitalne baze koja će, podržana od bioinformatike, obuhvatiti i genetiku i osobine biljaka na osnovu dobijenih podataka.

Istraživačke aktivnosti podeljene su u tri celine, koje imaju za cilj dodatnu optimizaciju postupaka za očuvanje, unapređenje i korišćenje banke gena i biljnih genetičkih resursa:

- Istraživanja na polju taksonomije i evolucije koncentrišu se na specijaciju i pojašnjavanje odnosa unutar odabranih biljnih rodova; fokus je na resursima ječma i pšenice, a u poslednjih nekoliko godina ove studije su generisale niz važnih uvida u njihovu evoluciju (Graner, online).
- Program za karakterizaciju i dokumentaciju posvećen je razvoju i upravljanju bazama podataka koje se koriste za skladištenje podataka u banci gena, s ciljem poboljšanja dostupnosti informacija dobijenih od dela zbirke; poseban fokus stavljen je na analizu genetičke strukture i identifikovanje agronomski važnih gena.
- Istraživanje sprovedeno pod temom „Očuvanje, upravljanje i evaluacija“ ima za cilj da poboljša upravljanje kolekcijama; njeni prioriteti su proširenje krio zbirke, za šta imaju osnova gledajući na strukturu i opremljenost odeljenja u banci gena (sl. 50), kao i da razviju analogne metode za odabrane vrste, kao što je krompir, okarakterišu genetičku raznolikost zbirki i istraže dugovečnost semena.



**Slika 50.** Struktura odeljenja banke gena u IPK (Graner, online)

U okviru Odeljenje banke gena IPK postoji radna grupa koja je jedinica savezne *ex situ* kolekcije poljoprivrednih i hortikulturnih biljaka i odgovorna je za srednjeročno i dugoročno čuvanje samo vegetativno propagiranih biljaka. *Allium*, menta i *Antirrhinum*, između ostalih se održavaju u kolekciji od 245 *in vitro* uzoraka, a duplikati se čuvaju metodom krioprezervacije. Krioprezervacija krompira je jedan od glavnih zadataka radne grupe. Na ultraniskim temperaturama (-196°C) u Gaterslevenu, čuvaju se uzorci i predstavljaju jednu od najvećih zbirki krompira na svetu, čuvanih metodom krioprezervacije. Radna grupa bavi se optimizacijom i adaptacijom metoda za nove biljne vrste, u cilju povećanja zbirke. Važan istraživački projekat pokriva različite aspekte krioprezervacije, koji su tesno povezani sa dehidracijom i stresom na niske temperature.

Model biljke kao što je *Arabidopsis* ili banke gena relevantnih vrsta, kao što je krompir, beli luk i menta, koriste se za razjašnjenje biohemijskih i genetičkih mehanizama reagovanja biljaka na stresne uslove. Dalji ključni aspekti istraživanja su kratak životni vek polena kod žita i tolerancija na dehidraciju kod ortodoksnog semena (Nagel, online).

### ***Banka biljnih gena Srbije***

Izgradnja objekta Banke biljnih gena počela je 1990. a završena je nekoliko godina kasnije, uz brojne probleme, mada ni do danas nije potpuno stavljena u funkciju (sl. 51). Nekoliko godina kasnije namena zgrade je promenjena i ona postaje Komplex nacionalno referentnih laboratorija za bezbednost hrane i Banka biljnih gena Republike Srbije. Investitori na ovom projektu bili su Evropska agencija za razvoj i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije. Na žalost, za potrebe banke biljnih gena ostavljeno je samo nekoliko prostorija, koje ni izdaleka ne zadovoljavaju potrebe tehnologije rada banke biljnih gena, čak ni osnovnog kolekcionisanja za čuvanje *ex situ*. Teško je zamisliti da se u nekoliko prostorija mogu primeniti metode krioprezervacije, kulture tkiva, izolacije i čuvanja DNK, kako se to radi u svetu (Lazić i sar., 2009). Očigledno je da nije prepoznat pun značaj genetičkih resursa u Srbiji i potreba šireg rada Banke gena, koji su za ostale države sigurnost opstanka diverziteta, potrebe u procesu oplemenjivanja i prehrambene sigurnosti.



**Slika 51.** Izgled Banke biljnih gena Republike Srbije (MPSV, online)

Osnov za formiranje Banke biljnih gena Republike Srbije obezbeđen je Zakonom o bezbednosti hrane (Sl. glasnik R.S., 2009). U Banci biljnih gena čuva se 4300 uzoraka semena za 249 biljne vrste: žita i kukuruza (2983 uzorka - 7 vrsta), industrijsko bilje (387 uzoraka - 6 vrsta), povrće (214 uzoraka - 11 vrsta), krmno bilje (285 uzoraka - 9 vrsta), lekovito i aromatično bilje (389 uzoraka

- 216 vrsta). Pomenute brojke o biljnim vrstama, koje se čuvaju u Banci biljnih gena, sigurno se menjaju tokom godina, te su navedeni podaci orijentacioni i potiču iz 2017. Delimičnu ulogu Banke biljnih gena preuzeli su, a i danas to čine, Instituti u Srbiji u okviru svojih oplemenjivačkih programa, kao aktivne kolekcije uglavnom semena. Za sve pomenute institucije zajedničko je da rade s ciljem da se sačuvaju uzorci ekonomski značajnih gajenih biljnih vrsta. Institucije u Republici Srbiji, koje čuvaju aktivne kolekcije i koje su učesnici Nacionalnog programa za očuvanje biljnih genetičkih resursa su: Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd; Poljoprivredni fakultet, Beograd; Biološki fakultet, Beograd; Biološki institut „Siniša Stanković“, Beograd; Institut za lekovito bilje „Dr Josif Pančić“, Beograd; Institut „Tamiš“, Pančevo; Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad; Poljoprivredni fakultet, Novi Sad; Prirodno matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju, Novi Sad; Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka; Institut za krmno bilje Kruševac; Centar za strna žita, Kragujevac; Institut za voćarstvo, Čačak i Centar za vinogradarstvo i vinarstvo, Niš (Mladenović Drinić i Savić Ivanov, 2017; Jovanović, 2017).

Institut za kukuruz Zemun Polje ima najveću banku gena kukuruza u Evropi. Pasoški podaci i opisi institutskih, ali i mnogih evropskih uzoraka kukuruza, nalaze se na sajtu Instituta za kukuruz, koji je formirao Evropski kooperativni program biljnih genetičkih resursa, a koji vodi evropsku bazu podataka. Danas Institut za kukuruz „Zemun Polje“ poseduje banku gena, koja je među deset najvećih u svetu, u banci gena čuva se 2217 uzoraka lokalnih populacija i 3258 introdukovanih uzoraka (inbred linija, sintetika i kompozita). Konzervacija kukuruza u Institutu za kukuruz Zemun Polje ima za cilj:

- održavanje i regeneraciju domaćih i introdukovanih uzoraka kukuruza,
- karakterizaciju i evaluaciju novih uzoraka prema deskriptoru za kukuruz,
- detaljniju (morfološku, biohemijsku i molekularnu) karakterizaciju uzoraka za dopunu pasoških podataka,
- ispitivanje genetičkog diverziteta uzoraka molekularnim markerima,
- u okviru Evropskog kooperativnog programa za biljne genetičke resurse
  - ECPGR, Institut za kukuruz je 1996 izabran za domaćina evropske baze podataka za kukuruz (*European maize database*),
- saradnju i razmenu uzoraka sa bankama gena širom sveta,
- ispitivanje domaće i introdukovane germplazme kukuruza, u cilju identifikacije potencijalnih izvora poželjnih svojstava, kao što su: tolerantnost prema suši, tolerantnost na biotički stres, tolerantnost na herbicide, povećan kvalitet zrna i
- stvaranje jezgrovitih (*core*) i mini jezgrovitih (*mini core*) kolekcija na specifična svojstva, za potrebe programa oplemenjivanja (Anđelković i sar., 2018).

U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu čuvaju se genetički resursi suncokreta u banci gena koju je finansirao i podržavao FAO, a glavni razlog za formiranje kolekcije divljih vrsta suncokreta je smanjena genetička varijabilnost gajenog suncokreta. Vrste iz roda *Helianthus*, putem međuvrskih ukrštanja u programima oplemenjivanja, uglavnom se koriste za unos poželjnih gena za otpornost na bolesti, ali i povećanje kvaliteta semena gajenog suncokreta. Kolekcija je nastala kroz sakupljačke ekspedicije na teritoriji današnjih SAD, gde se nalazi centar porekla suncokreta, značajan broj uzoraka sakupljen je u Crnoj Gori, a kolekcija genotipova suncokreta dopunjava se razmenom semena s drugim bankama gena i istraživačkim centrima. U početku, ispitivan je ukupan sadržaj ulja i proteina, što je dovelo i do ispitivanja kvaliteta kroz sastav masnih kiselina, tokoferola i aminokiselina. Ispitivanje otpornosti na patogene je stalni i najznačajniji istraživački program od osnivanja kolekcije do danas (Terzić i Atlagić, 2013).

S obzirom na to da je osnovni zadatak banke gena da čuva identitet i vitalnost uzoraka semena, neohodna je primena savremenih tehnologija čuvanja i razvijanje dokumentacionog sistema za praćenje stanja kolekcija (Milošević i sar., 2010).

## Literatura:

- A** Ashok S.N.M., Basave G. (2017): „Opslag met miljarden zaden, voor tijden van oorlog“, de Volkskrant.
- ADEC Innovations (2020): What is Social Sustainability? <https://www.esg.adec-innovations.com/about-us/faqs/what-is-social-sustainability/>.
- Adsul T., Deshmukh M.P., Chimote V.P. (2018): Inheritance of Seed Longevity and Its Association with Other Seed-Related Traits in Soybean (*Glycine max*). Agricultural Research, 7, Issue 2, pp 105-111.
- AfricaRice, online: AfricaRice Genebanks, <https://www.genebanks.org/genebanks/africarice/10.1007/s40003-018-0297-7>.
- Agriotos G.N. (1997): Plant pathology, 4th edition, Academic Press. San Diego, CA.
- AGRIS (1974): Collection of the All-Union Institute of Plant Industry and factors for increasing production of plant protein, Food and Agricultural Organization, Rome, Italy.
- Agroekonomija (2012): Indikatori održivog razvoja, Polen alergena u vazduhu, <https://agroekonomija.wordpress.com/2012/04/page/2/>.
- Agromedia (2017): Saznajte sve o biljnim vašima i tako zaštitite biljke na vreme, <https://www.agromedia.rs/agro-teme/zastita-bilja/saznajte-sve-o-biljnim-vasima-i-tako-zastitite-biljke-na-vreme>
- Askenov S.I., Askochenskaya N.A., Petinov N.S. (1969): Oftraktsiyakh vody semenaka pshenitsy. Fiziolo. Rast. 16, 71-77.
- Al Mubarak H.E.R. (2012): The Economic Importance of Biodiversity, Triple Pundit, <http://www.triplepundit.com/2012/01/rainbow-skies-blue-generations-quest-sustainable-development/>.
- Alcamo J.A., Van Vuuren D.P., Cramer W. (2006): Changes in provisioning and regulating ecosystem goods and services and their drivers across the scenarios. Island Press, Washington, D.C., U.S.A.
- Aleksić D., Aleksić Ž., Vasić A., Ivanović T., Popović M., Savić R., Šišković M. (1969): Povrtarski priručnik. Zadružna knjiga, Beograd.
- Allen A.P., Gillooly J.F. (2006): Assessing latitudinal gradients in speciation rates and biodiversity at the global scale. Ecol. Lett., 9, 947–954.
- Alexander D.E. (1999): Encyclopedia of Environmental Science. Springer.
- Amanda C. P., Luciane M (2010): “DNA barcoding and traditional taxonomy unified through integrative taxonomy: a view that challenges the debate questioning both methodologies,” Biota Neotropica, vol. 10, no. 2, pp. 339–346.
- Anačkov G., Vukov D., Boža P., Igić R., Krstić B. (2002): Species of Genus *Allium* L. in Vojvodina (Yugoslavia) - Analyses of Qualitative Morphological Characteristics. Proceedings of “6<sup>th</sup> International Symposium Interdisciplinary Regional Research Hungary-Romania-Yugoslavia”, Novi Sad, Yugoslavia.

- ANBG, online: The Seed Bank, Australian National Botanic Gardens, <http://www.anbg.gov.au/gardens/living/seedbank/index.html>
- Andersson M. (2004): Feasibility study for DNA storage and use. A worldwide survey, Technical Report, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Cali, Colombia.
- Anderson R. (2010): "Nature's sting: The real cost of damaging Planet Earth", BBC News.
- Anderson R. (2010a): "Nature's gift: The economic benefits of preserving the natural world" – via [www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk).
- Andr n O., K tterer T. (2009): Agriculture Systems, in Encyclopedia of Ecology, Elsevier.
- Andelkovi , online: ECPGR Baza podataka za kukuruz, Institut za kukuruz "Zemun Polje", Banka gena, <https://mrizp.rs/emdb/default.htm>.
- Andelkovi  V., Babi  V., Kravi  N. (2018): Banka gena, Institut za kukuruz Zemun Polje, <https://mrizprs/banka-gena>.
- Andelkovi  V., li na komunikacija.
- Anonymous (2001): Protection of Plant Varieties and Farmers' Rights - PPVFR, Protection of Plant Varieties and Farmers' Rights Authority, India, <http://plantaauthority.gov.in/>.
- Anonymous (2016):  est naugro enijih vrsta u Srbiji: ove biljke  uvaju se pod najstro im stepenom za tite, Opanak, [www.opanak.rs/5-vrsta-iz-biljnog-svetanase-zemlje-koje-su-ugrozene-cuvaju-se-pod-najstrozim-stepenom-zastite/](http://www.opanak.rs/5-vrsta-iz-biljnog-svetanase-zemlje-koje-su-ugrozene-cuvaju-se-pod-najstrozim-stepenom-zastite/).
- Anonymous, online: Chicago Botanic Garden 2019, <https://www.chicagobotanic.org/>.
- Anonymous, online, a: Seed Bank Native Seeds Search, <https://www.nativeseeds.org/pages/seed-bank>.
- Anonymous, online, b: Konvencija o biolo skoj raznolikosti (CBD), Ptice, <http://www.ptice.info teme/566/>.
- Antonio B.A., Miyao A., Nagamura Y., Sasaki T. (2003): The Rice Genome Resource, Center as an outlet for distribution of biological materials from the Rice, Genome Project. Rice Genet. Newsl. 20:10–12.
- Anwar S., Parveen S. (2013): *In Vitro* Conservation Protocols for Some Commercially Important Medicinal Plants. Research gate, pp.323-347.
- Ashok S.N.M., Basave G. (2017): Ultra-dry seed storage: A novel technology for enhancing seed longevity, International Journal of Chemical Studies 2017; 5(5): 1851-1857.
- ASLA, online: Sustainable Residential Design: Applying Ecological Design American Society of Landscape Architecture, <https://www.asla.org/benefit-sofplants.aspx>.
- Aswathanarayana U. (2012): Natural Resources - Technology, Economics and Policy. Leiden. Netherlands: CRC Press. p. 370. ISBN 978-0-203-12399-7.
- Australian Plantbank, online: Tissue culture and beyond, <http://www.plantbank.org.au/articles/10297>.



Avolio M.L., Beaulieu J.M., Lo E.Y.Y. et al. (2012): Measuring genetic diversity in ecological studies. *Plant Ecol* 213, 1105–1115 (2012).

- B**äcklund K., online: What is NordGen? <https://web.archive.org/web/20100130234544/http://www.nordgen.org/index.php/en/content/view/full/467>.
- Bahadur B., Venkat Rajam M., Sahijram L., Krishnamurthy K.V. (eds.) (2015): *Plant Biology and Biotechnology: Volume II: Plant Genomics and Biotechnology*, DOI 10.1007/978-81-322-2283-5\_22, Springer India.
- Bajaj Y.P.S. (1987): Cryopreservation of Pollen and Pollen embryo, and the Establishment of Pollen Banks, *International Review of Cytology*, Volume 107, Pages 397-420.
- Bajaj Y.P.S., editor. (1995): *Cryopreservation of Plant Germplasm I. Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 32. Springer, Berlin, Germany.
- Bakhteev F.Kh. (1960): *Nauka. Nikolai Ivanovich Vavilov. Novosibirsk*. 269 pp.
- Bakrudeen Ali Ahmed A., Mohajer S., Elnaiem E.M., Taha R.M. (2012): *In vitro* Regeneration, Acclimatization and Antimicrobial Studies of Selected Ornamental Plants, *Plant Science*, Nabin Kumar Dhal and Sudam Charan Sahu, IntechOpen, DOI: 10.5772/50690.
- Balešević-Tubić S., Tatić M., Miladinović J., Pucarević M. (2007): Changes of fatty acids content and vigour of sunflower seed during natural aging. *Helia* 30: 61-67
- Barbercheck M.E. (2011): How Insects Damage Plants, eOrganic, Penn State University, <https://eorganic.org/node/3151>.
- Bartkowski B. (2017): Working Paper Existence value, biodiversity, and the utilitarian dilemma UFZ Discussion Paper, No. 2/2017, ECONSTOP.
- Behjati S., Tarpey P.S. (2013): “What is next generation sequencing?”. *Archives of Disease in Childhood. Education and Practice Edition*. 98 (6): 236–238.
- Behzad K.L. (2011): Conservation of plant genetic resources by cryopreservation. *AJCS*. 5. 778-800.
- Bell K.L.; de Vere N., Keller A., Richardson R.T., Gous A., Burgess K.S., Brosi B.J. (2016): “Pollen DNA barcoding: current applications and future prospects”. *Genome*, 59 (9): 629–640.
- Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F. (2012): Impacts of climate change on the future of biodiversity, *Ecol Lett.*, 15(4): 365–377 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3880584/>.
- Bellon M.R. (2004): Conceptualizing interventions to support on-farm genetic resource conservation. *World Development*, 32, 159–172.
- Bellon M.R. (2009): Do we need crop landraces for the future? Realizing the global option value of in situ conservation. In A. Kontoleon, U. Pascual, & M. Smale (Eds.), *Agrobiodiversity and economic development* (pp. 51–59). London and New York: Routledge.
- Bengtsson J., Bullock J.M., Egho B., Everson T., O’Connor T., Everson C., O’Farrell P.J., Smith H.G., Lindborg R. (2019): Grasslands-more important for ecosystem services than you might think, *ESA, Ecosphere*, An ESA

- open Journal <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecs2.2582>.
- Benjamin A. (2008): Germany bans chemicals linked to honeybee devastation, *Guardian*. <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/may/23/wildlife-endangeredspecies>.
- Bennett J. (2003): The economic value of biodiversity: a scoping paper, Australian Government, Department of the Environment, <http://www.environment.gov.au/node/14399>.
- Benson E.E., Harding K., Debouck D., Dumet D., Escobar R., Mafla G., Panis B., Panta A., Tay D., Van den Houwe I., Roux N. (2011): Refinement and standardization of storage procedures for clonal crops - Global Public Goods Phase 2: Part II. Status of in vitro conservation technologies for: Andean root and tuber crops, cassava, Musa, potato, sweet potato and yam. System-wide Genetic Resources Programme, Rome, Italy.
- Bergsten J., Bilton D. T., Fujisawa T., et al. (2012): "The effect of geographical scale of sampling on DNA barcoding," *Systematic Biology*, vol. 61, no. 5, pp. 851 - 869.
- Bernstein B.E., Meissner A., Lander, Eric S. (2007): „The Mammalian Epigenome“. *Cell*. 128 (4): 669–681.
- Berwald J. (2016): Ecosystem Diversity, *Encyclopedia.com*, online, <https://www.encyclopedia.com/environment/energy-government-and-defense-magazines/ecosystem-diversity>.
- Bewley J.D., Bradford K.J., Hilhorst H.W.M., Nonogaki H. (2013): Longevity, Storage, and Deterioration, *Seeds* pp 341-376|.
- Biodiversity International (2006): *Crop wild relatives*. Biodiversity International, Rome.
- Biodiversity International, online: *Crop wild relatives*, Biodiversity International, Rome, <https://www.bioversityinternational.org/cwr/>.
- Biodiversity International, online, a: About us, Biodiversity International, Rome, <https://www.bioversityinternational.org/about-us/who-we-are/>.
- Biodiversity International, online, b: Who we are, Biodiversity International, Rome, <https://www.bioversityinternational.org/about-us/who-we-are/>.
- Biodiversity International, online, c: Descriptors, Biodiversity International, Rome, <https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/descriptors/>.
- Biodiversity International, online, d: Seed Moisture Content, Biodiversity International, Rome, [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/Web\\_version/188/ch05.htm](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/Web_version/188/ch05.htm).
- Biodiversity International, online, e: Gene bank, Biodiversity International, Rome, <https://www.genebanks.org/genebanks/biodiversity-international/>.
- Biodiversity International, online, f: Agrobiodiversity Index: The challenge: Food systems are failing, Biodiversity International, Rome, <https://www.bioversityinternational.org/abd-index/>.

- Biodiversity International, online, g: Collecting plant genetic diversity: technical guidelines. Biodiversity International, Rome, 2011 update, <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/collecting-plant-genetic-diversity-technical-guidelines-2011-update/>.
- BibleSearchers.com, online: The Catastrophic Destruction and Restoration of Pangea, <http://www.biblesearchers.com/catastrophes/catastrophes8.shtml>.
- Biodiversity gardening, online: What is Biodiversity Gardening? <https://www.biodiversitygardening.com/what-is-biodiversity-gardening.html>.
- Biology (2019): Biodiversity of Plants, The LibreTexts libraries are Powered by MindTouch.
- Biology Dictionary, online: C3, C4 and CAM Plants, <https://biologydictionary.net/c3-c4-camplants/>.
- Blackmore S. (2002): Biodiversity Update--Progress in Taxonomy, *Science* 11 Oct 2002: Vol. 298, issue 5592, 355pp.
- Blogger G. (2018): What is biodiversity and how does climatic changes affect it, State of the Planet, Earth Institute, Columbia University, <https://blogs.ei.columbia.edu/2018/01/15/biodiversity-climate-change/>.
- Bolger J. (2014): Four Types of Biodiversity, Synonym, <http://classroom.synonym.com/four-types-biodiversity-8714.html>.
- Bolger M.E., Weisshaar B., Scholz U., Stein N., Usadel B., Mayer K.X. (2014): Plant genome sequencing - applications for crop improvement, *Current Opinion in Biotechnology*, Volume 26, April 2014, Pages 31-3.
- Bonner F.T., Karrfalt R.P. (2008): The Woody Plant Seed Manual, Agric. Handbook No. 727. Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1223 p.
- Botanic garden, online: The Global Strategy for Plant Conservation, Botanic Gardens Conservation International, <https://www.bgci.org/our-work/policy-and-advocacy/the-global-strategy-for-plant-conservation/>.
- Botkin D.B., Saxe H., Araujo M.B., Betts R., Bradshaw R.H.W., Cedhagen T., Chesson P., Dawson T.P., Etterson J.R., Faith D.P., Ferrier S., Guisan A., Hansen A.S., Hilbert D.W., Loehle C., Margules C., New M., Sobel M.J., Stockwell D.R.B. (2007): Forecasting the effects of global warming on biodiversity, *Bioscience*, 57:227–236.
- Bowman M., Redgwell C. (1996): International Law and the Conservation of Biological Diversity, Kluwer Law International, Amazon.com, 334 pp.
- Braszewska-Zalewska A.J., Wolny E.A., Smialek L., Hasterok R. (2013): Tissue-Specific Epigenetic Modifications in Root Apical Meristem Cells of *Hordeum vulgare*. Zhang X, ed. *PLoS ONE*.; 8(7):e69204.
- Braverman I. (2014): Conservation without nature: the trouble with in situ versus ex situ conservation. *Geoforum* 51: 47-57.
- Breton Olson M., Morris K. S., Méndez V. E. (2012): "Cultivation of Maize Landraces by Small-scale Shade Coffee Farmers in Western El Salvador" (PDF). *Agricultural Systems* (111): 63-74.

- Brose U. (2003): Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* 135, 407–413.
- Brun P., Zimmermann N.E., Graham C.H., et al. (2019): The productivity-biodiversity relationship varies across diversity dimensions. *Nat Commun* 10, 5691 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13678-1>
- Brown A.H.D., Briggs J.D. (1991): Sampling strategies for genetic variation in ex situ collections of endangered plant species; In book: *Genetics and Conservation of Rare Plants*, Publisher: Oxford University Press, Editors: D. A. Falk, K. E. Holsinger, pp.99 - 119 Brown and Briggs, 1991.
- Brown J.H., Lomolino M.V. (1998): *Biogeography*, 2nd edn. Sinauer Associates, Sunderland, MA, U.S.A.
- Brown A.H.D., Hodkin T. (2015): Indicators of Genetic Diversity, Genetic Erosion, and Genetic Vulnerability for Plant Genetic Resources, *Genetic Diversity and Erosion in Plants: Indicators and Prevention*, pp.25-53.
- Bruford M.W., Davies N., Dulloo M.E., Faith D.P., Walters M. (2017): Monitoring Changes in Genetic Diversity. In: Walters M., Scholes R. (eds) *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. Springer, Cham.
- Bueso F.Y., Tangney M. (2017): Synthetic Biology in the Driving Seat of the Bioeconomy. *Trends in Biotechnology*, 35(5), 373–378.
- Butchart S.H.M., Stattersfield A.J., Baillie J., Bennun L.A., Stuart S.N., Akçakaya H.R., Hilton-Taylor C., Mace G.M. (2005): Using Red List Indices to measure progress towards the 2010 target and beyond, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2005 Feb 28; 360(1454): 255–268.

- C** Caballero A., García-Dorado A. (2013): Allelic Diversity and Its Implications for the Rate of Adaptation, *Genetics*. 2013 Dec; 195(4): 1373–1384.
- Campbell W., online: Teosinte - Corn's Ancestor, *Zea Mexicana* <http://hila.web-centre.ca/research/teosinte/>.
- Campaign for future, online: State of protection for our land and ocean <https://www.campaignforfuture.org/progress-toward-30>
- Cardillo M., Georgina Mace G.M., Jones K.E., Bielby J., Bininda-Emonds O., Sechrest W., Orme D., Purvis A. (2005): Multiple Causes of High Extinction Risk in Large Mammal Species. *Science (New York, N.Y.)*. 309. 1239-41. 10.1126/science.1116030.
- Cardinale B.J., Gross K., Fritschie T.K., Flombaum P., Fox J., Rixen C., van Ruijven J., Reich P., Scherer-Lorenzen M., Wilsey B.J. (2013): Biodiversity simultaneously enhances the production and stability of community biomass, but the effects are independent. *Ecology*, 94:1697-1707.
- CBD (2018): *Updated Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020*, UN Environment.
- CBD, online: *Biodiversity and Climate Change*, Convention on Biodiversity, <https://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-en.pdf>.

- CBD, online a: Agricultural biological diversity: review of phase I of the programme of work and adoption of a multi-year work programme, COP 5 Decision V/5, <https://www.cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7147>.
- CBD, online, b: What's the Problem? Agricultural Biodiversity, <https://www.cbd.int/agro/whatsheproblem.shtml>.
- CBD, online, c: Convention on Biological Diversity, The targets 2011-2020, <https://www.cbd.int/gspc/targets.shtml>.
- CBD, online, d: Updated Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020, <https://www.cbd.int/gspc/>.
- CBD, online, e: Aichi Biodiversity Targets, <https://www.cbd.int/sp/targets/>
- Centar za održive zajednice (2011): Šta je održivost, održivi razvoj, Centar za održive zajednice <http://www.odrzivezajednice.org/2011/06/01/sta-je-odrzivost/>.
- CGIR (2012): "Cryo bank". CGIAR Genetic Resources Systems: Phase 2. Collective Action for the Rehabilitation of Global Public Goods.
- CGIR (2019): Genebanks and germplasm health units, <https://www.genebanks.org/genebanks/>.
- CGIR (2020): Genebanks and germplasm health units, <https://www.genebanks.org/genebanks/>
- CGIR, online: CGIAR Centers and Programs, <https://ccafs.cgiar.org/cgiar-centers-and-programs#.XVATbt4zbIU>.
- CGIR, online, a: Research centers, <https://www.cgiar.org/research/research-centers/>.
- CGIR, online, b: International Musa Germplasm Transit Centre, Bioversity International, Gene bank platform, <https://www.genebanks.org/genebanks/biodiversity-international>.
- CGRFA, online: International Undertaking on Plant Genetic Resources, History, Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, <http://www.fao.org/nr/cgrfa/cgrfa-about/cgrfa-history/en/>.
- Chao A. (2005): Species richness estimation, pages 7909-7916 in Balakrishnan N., Read C. B., Vidakovic B., eds. Encyclopedia of Statistical Sciences. New York, Wiley.
- Chase M., Reveal J.L. (2009): "A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III", Botanical Journal of the Linnean Society 161, issue 2, 122-127
- Cha-um S., Kirdmanne C. (2007): Minimal growth *in vitro* culture for preservation of plant species. Fruit Veg Cer Sci Biotechnol 1:13–25.
- Chen C., Shiu H.J., Benedick S., Holloway J.D., Chey V.K., Barlow H.S., Hill J.K., Thomas C.D. (2009): Global Impact Of Climate Change On Biodiversity, ScienceDaily.
- Chen S., Wang W., Xu W., Wang Y., Wan H., Chen D., Tang Z., Tang X., Zhou G., Xie Z., Zhou D., Shangguan Z., Huang J., He J.S., Wang Y., Sheng J., Tang L., Li X., Dong M., Wu Y., Wang Q., Wang Z., Wu J., Chapin F.S. III, Bai

- Y. (2018): Plant diversity enhances productivity and soil carbon storage, PNAS 115 (16) 4027 - 4032.
- Chepko-Sade B.D., Hernandez L. (2009): A tale of two ecosystems: Long term rodent biomass in a southern hot desert (Mapimi, Mexico) and northern temperate Forests (Oswego, New York) PS 41-189, 94<sup>th</sup> ESA annual Meeting.
- Cherfas J. (2008): Agricultural Biodiversity Weblog, Agrobiodiversity is crops, livestock, microbes, pollinators, wild relatives, Exploring a Belgian genebank, <https://agro.biodiver.se/2008/09/exploring-a-belgian-genebank/>.
- Chivian E., Bernstein A. (2008): Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity, New York: Oxford University Press, 542 pp.
- Cleland E. E. (2011): Biodiversity and Ecosystem Stability. Nature Education Knowledge 3(10):14.
- Clerkx E.J.M., El-Lithy M.E., Vierling E., Ruys G.J., Blankestijn-De Vries H., Groot S.P.C., Vreugdenhil D., Koornneef M. (2004): Analysis of natural allelic variation of *Arabidopsis* seed germination and seed longevity traits between the accessions Landsberg *erecta* and Shakhara, using a new recombinant inbred line population. Plant Physiol. 135: 432 - 443.
- Clifford H.T., Stephenson W. (1975): An introduction to numerical classification. London: Academic Express. cited in Magurran, A. E., 2004, Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, U.K., 256 p.
- CIAT, online: Crop Conservation and Use, <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/>.
- CIP, online: Gene bank, <https://cipotato.org/genebankcip/>.
- Coine J.A., Orr H.A. (2004): Speciation. Sunderlands, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. ISBN 978-0-87893-089-0.
- COMBINE, online: Productivity and Biodiversity, <http://combine-nwe.eu/index.php?id=40>.
- Conservation tools.org, online: Economic Benefits of Biodiversity, <https://conservationtools.org/guides/95-economic-benefits-of-biodiversity>.
- Cook J. (2016): "Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming, Environmental Research Letters, 11 (4): 048002.
- Cooke D.E.L., Lees A.K. (2004): Markers old and new for examining *Phytophthora infestans* diversity. Plant Pathol 53:692-704.
- Cooke S., Hultine K., Rummer L.J., Franklin C. (2017): Reflections and progress in conservation physiology, Conservation Physiology. 5. 10.1093/conphys/cow071.
- Cooper D., Engels J., Frison E. (1994): A Multilateral System for Plant Genetic Resources: Imperatives, Achievements and Challenges, in Genetic Resources No. 2, 1-45.
- Cooper H.D. (2002): The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, RECIEL- Review of European, Comparative International Environmental Law, vol.11, iss.1;1-16, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-9388.00298/full>.

- Corvalán C., Hales S., McMichael A.J. (2005): Ecosystems and Human Well-being: Health Synthesis, World Health Organization, pp. 28. ISBN 978-92-4-156309-3.
- Costanza R., Groot A., Farber R., Grasso S., Hannon M., Limburg B., Naeem K., O'Neill S., Paruelo R., Raskin J.G., Sutton R., Belt P. (1997): The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*. 387 (15): 253-260. 10.1016/S0921-8009(98)00020-2.
- Costanza R., De Groot R.S., Sutton P., Van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R.K. (2014): Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26: 152–158.
- Costello M., May R., Stork N. (2013): Can we name Earth's species before they go extinct? *Science* 339 (6118): 413–416.
- Crame J.A. (2001): Taxonomic diversity gradients through geological time. *Div. Distrib.*, 7, 175–189.
- Cranshaw W. (2004): Garden insects of North America. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Cristescu M.E. (2014): "From barcoding single individuals to metabarcoding biological communities: towards an integrative approach to the study of global biodiversity". *Trends in Ecology and Evolution*. 29 (10): 566–571.
- Crop Life (2019): Botanical gardens: Hot spots of biodiversity, Land Use and Biodiversity.
- Crop Trust, online: Svalbard Global Seed Vault, <https://www.croptrust.org/our-work/svalbard-global-seed-vault/>.
- Cryopreservation, online: Cryobanks: practical considerations, <https://www.genebanks.org/the-platform/conservation-module/cryopreservation/>.
- CTA (2008): The International Wheat Information System – IWIS, <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/48661>.
- Currie D.J., Mittelbach G.G., Cornell H.W., Field R., Guégan J.F. Guégan J.F., Hawkins B.A. Kaufman D.M., Kerr J.T. (2004): Prediction and test of climate based hypotheses of broad scale variation in taxonomic richness. *Ecol. Lett.*, 7, 1121-1134.
- CYMMIT (2017): Seed of Discovery The CIMMYT germplasm Bank: Activities and Accomplishments, Seeds of Discovery, CIMMYT.
- CYMMIT, online: Strategic goals, <https://www.cimmyt.org/about/our-strategy/>.
- CYMMIT, online, a: Plant breeding, <https://www.cimmyt.org/tag/plant-breeding/>.

- D** Dajić Z., Dražić S. (2003): Genetički resursi lekovitog i aromatičnog bilja Srbije i Crne Gore. „Genetički resursi za poljoprivredu i ishranu Srbije i Crne Gore“. Jugoslovenska inženjerska akademija, Beograd, Bilten 1, 21-25.
- Dajić-Stevanović Z., Ilić B. (2005): Sustainable development of natural resources of medicinal and aromatic plants in Serbia. Proceedings of papers

- of Symposium with international participation “Environment for Europe”, Belgrade, June 5-8., pp: 83-89.
- Dajić-Stevanović Z. (2009): Očuvanje i održivo korišćenje genetičkih resursa lekovitog i aromatičnog bilja Srbije: Stanje i perspektive, Srpska akademija nauka i umetnosti, odbor za proučavanje flore i vegetacije Srbije, Međunarodnoodeljenje „Čovek i životna sredine“, knjiga izvoda, str. 10.
- Darwin C.R. (1859): *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, London, U.K
- Davic R.D. (2003): Linking keystone species and functional groups: a new operational definition of the keystone species concept. *Conservation Ecology* 7(1): r11. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol7/iss1/resp11/>.
- Dawson T.P., Jackson S.T., House J.L., Prentice I.C., Mace, G.M. (2011): Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332: 53-58.
- De Candolle A. (1882): *Origine des plantes cultivées*. 1882 and 1886, Paris, Germer Baillière, VIII-379 p.
- DeevSek, online: DIVSEEK Charter – Squarespace, <https://static1.squarespace.com/static/537207e3e4b0d4555960edfd/t/5550ce29e4b07c654f9c37e9/1431359065296/DivSeek+Charter.pdf>.
- Definition, online (2019): Genetic variability, <https://www.definitions.net/definition/genetic+variability>.
- Denčić S. (1989): Dalje mogućnosti oplemenjivanja pšenice promenom strukture klasa. u: Seminar agronoma (XXIII), Kupari, str. 249-258.
- Díez M.J., De la Rosa L., Isaura M., Guasch L., Cartea M.E., Mallor C., Casals J., Simó J., Rivera A., German A., Prohens J., Soler S., Blanca J., Valcárcel J.V., Casañas F. (2018): Plant Genebanks: Present Situation and Proposals for Their Improvement the Case of the Spanish Network, *Front Plant Sci.* 2018; 9: 1794.
- Dixon J.A., Scura L.F., Van't Hof T. (1993): 'Meeting Ecological and Economic Goals: Marine Parks in the Caribbean' in *Ambio* 22(2-3), pp 117-125.
- Dobzhansky T. (1950): Evolution in the tropics. *Am. Sci.*, 38, 209-221.
- DOI, online: Digital Object Identifiers - DOI, <https://www.doi.org/>.
- Dragičević I., Janošević D. (2013): Dodatak praktikumu iz fiziologije biljaka, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Drori J. (2009): “Why we’re storing billions of seeds”. TED2009. TED. Retrieved 2011-12-11., power point presentation.
- Dubrulle N., Giraud N. (2017): DNA Metabarcoding As a Tool to Trace Plants of Interest in Ingredients or Cosmetics, *International Federation of Societies of Cosmetic Chemists - IFSCC Magazine* 2 | 2017 51.
- Dudley N., Stolton S. (2007): *Defining Protected Areas*, An international conference in Almeria, Spain, IUCN, Gland, Switzerland.
- Duff R.J. (2016): The Great Genetic Bottleneck that Contradicts Ken Ham’s Radical Accelerated Diversification (Post-Flood Hyper-Evolution), *Naturalis Historia*.



- Dulloo M.E., Dussert S., Anthony F., Tesfaye S. (2001): Conservation of coffee genetic resources - constraints and opportunities. Presented at 19th World Colloq. Coffee Sci., Trieste, Italy 104.
- Dulloo M.E., Hanson J., Jorge M.A., Thormann I. (2008): Regeneration guidelines: general guiding principles. In: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines, CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 6 pp., Crop Gebenak Knowledge Database.
- Dumanović J., Marinković D., Denić M. (1985): Genetički rečnik, Beograd.
- Dyer J.A., López-Feldman A., Yúnez-Naude A., Taylor J.A. (2014): Genetic erosion in maize's center of origin, PNAS 111 (39) 14094-14099.
- Dyke F. (2014): Biodiversity hotspots: concepts, applications and challenges, In book: Concepts and Values in Biodiversity, Edition: First, Chapter: 13, Publisher: Routledge, Editors: Dirk Lanzerath and Minou Friele, pp.245-269.
- Dynesius M., Jansson R. (2000): Evolutionary consequences of changes in species' geographical distributions driven by Milankovitch climate oscillations. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 97, 9115-9120.
- Đukanović M. (1991): Ekološki izazov, Beograd.

- E** Earth Policy Institute (2009): Natural System, Rutherford University, [http://www.earth-policy.org/index.php?/data\\_center/C22/](http://www.earth-policy.org/index.php?/data_center/C22/).
- Ebbels D.L. (2003): Principles of plant health and quarantine. CAB International, Wallingford, U.K.
- EC (1992): Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, OJ L 206, 22.7.1992, p. 7-50.
- EC (1994): Council Regulation (EC) No 1467/94 of 20 June 1994 on the conservation, characterization, collection and utilization of genetic resources in agriculture, OJ L 159, 28.6.1994, p. 1-10.
- EC (2004): Council Regulation (EC) No 870/2004 of 24 April 2004 establishing a Community programme on the conservation, characterisation, collection and utilisation of genetic resources in agriculture and repealing Regulation (EC) No 1467/94 (Text with EEA relevance) OJ L 162, 30.4.2004, p. 18-28.
- EC (2006): Decision No 1982/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Seventh Framework Programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities (2007-2013) Statements by the Commission, OJ L 412, 30.12.2006, p. 1-43.
- EC (2013): Regulation (EU) No 1305/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Council Regulation (EC) No 1698/2005 OJ L 347, 20.12.2013, p. 487-548.
- EC (2013a): Commission Regulation (EU) No 283/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for active substances, in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, OJ L 93, 3.4.2013, p. 1-84

- EC (2013b): Commission Regulation (EU) No 284/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for plant protection products, in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, OJ L 93, 3.4.2013, p. 85–152
- EC (2014): Regulation (EU) No 511/2014: Compliance measures for users from the Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization in the Union of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on, OJ L 150, 20.5.2014, p. 59–71.
- EC (2015): Commission Implementing Regulation (EU) 2015/1866 of 13 October 2015 laying down detailed rules for the implementation of Regulation (EU) No 511/2014 of the European Parliament and of the Council as regards the register of collections, monitoring user compliance and best practices, OJ L 275, 20.10.2015, p. 4–19.
- EC (2017): Preparatory action on EU plant and animal genetic resources, European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development, European Commission B-1049 Brussels.
- EC (2019): Natura 2000, Environment, Nature and Biodiversity, [https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm).
- EC, online: Genetic resources in Agriculture; A summary of the projects co-financed under Council Regulation (EC) No 1467/94 Community programme 1994–99 G, [https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/genetic-resources/publications/brochure\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/genetic-resources/publications/brochure_en.pdf).
- EG (2017): Top 10 Botanical Gardens in the World, Easy Grow.
- Ehrenfeld J.G. (2010): "Ecosystem Consequences of Biological Invasions", *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41: 59–80.
- Eko Forum, online: Održivi razvoj, [http://www.ekoforum.org/htm/odrzivi\\_razvoj.htm](http://www.ekoforum.org/htm/odrzivi_razvoj.htm).
- Ekopedia.rs, online: Ekološki rečnik, [https://www.ekopedia.rs/?page\\_id=145](https://www.ekopedia.rs/?page_id=145).
- Ellis R.H., Roberts E.H. (1980): Improved equations for the prediction of seed-longevity. *Annals of Botany* 45: 13–30.
- Ellis R.H., Hong T.D., Robrechts E.H. (1985a): Handbook for seed technology for Genebanks, Principles and Methodology. IBPGR, Rome, Italy. Vol. 1.
- Ellis R.H., Hong T.D., Robrechts E.H. (1985b): Handbook for Seed Technology for Genebanks 2: Compendium of Specific Germination. Information and Test Recommendations. IBPGR, Rome, Italy.
- Ellis R. H., Hong T. D., Martin M. C., Pérez-García F., Gómez - Campo C. (1993): The long-term storage of seeds of seventeen crucifers at very low moisture contents. *Plant Varieties and Seeds* 6, 75–81.
- Ellis R.H., Nasehzadeh M., Hanson H., Woldemariam Y. (2018): Medium-term seed storage of 50 genera of forage legumes and evidence-based genebank monitoring intervals, *Genetic Resources and Crop Evolution*, Volume 65, Issue 2, pp 607–623.

- EMIS, online: Allozymes, Ecology and Management of Invasive Species, 99pp. ENCYCLOpedia.com. (2007): Biodiversity, <https://www.encyclopedia.com/science-and-technology/biology-and-genetics/environmental-studies/biodiversity>.
- Endresen D.T.F. (2009): Use case of the Crop Wild Relatives Data Portal using web services from the GBIF Data portal, Nordic Gene Bank, GBIF, Nodes Committee meeting, Amsterdam, <http://www.cropwildrelatives.org/files/cwr/2007-10-14--CWR-Global-Portal--GBIF-NODES9.pdf>.
- Engelmann F. ed. (1999): Management of field and in vitro germplasm collections. Proceedings of a Consultation Meeting, 15–20 January 1996. Cali, Colombia, CIAT, and Rome, IPGRI.
- Engelmann F., Takagi H. ed. (2000): Cryopreservation of tropical plant germplasm. Current research progress and application. Tsukuba, Japan, Japan International Research Center for Agricultural Sciences, and Rome, IPGRI.
- Engelmann F. (2004): Plant cryopreservation: Progress and prospects. *In vitro Cellular and Developmental Biology plant* 40:427 - 433.
- Engelmann F., Engels J.M.M. (2002): Technologies and strategies for *ex situ* conservation. In Engels J.M.M., Rao, V.R., Brown, A.H.D., Jackson, M.T., editors. *Managing Plant Genetic Diversity*. CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 89 – 103.
- Engels J.M.M., Ramanatha R., Brown A.H.D., Jackson M.T. (2002): *Managing Plant Genetic Resources*, IPGRI), <http://www.fao.org/focus/e/96/06/06-e.htm>.
- Engels J.M.M., Visser L. eds. (2003): A guide to effective management of germplasm collections. *Handbooks for Genebanks No. 6*. Rome, IPGRI.
- EPA, online: What is sustainability? United State Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/sustainability/basicinfo.htm>.
- Eric P., Mrfat-Vukelić S. (2005): Uticaj azota na prinose i kvalitet krme i sastav travnjačkih fitocenoza; u knjizi Kastori R. (2005): Azot - agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Esquinas-Alcázar J. (2005): Science and society: protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges, *Nature Review Genetics*, 6 (12):946-53.
- Evenson R.E. (1994): The valuation of crop genetic resources preservation, conservation and use, Commission on Plant Genetic Resources, FAO, (unpublished), 52 pp Evenson, 1994.
- EURISCO, online: Home, <https://eurisco.ipk-gatersleben.de/apex/f?p=103:2:::NO:::>

**F** Falk D., Knapp E., Guerrant E. (2001): An Introduction to Restoration Genetics. *Ecological Restoration*. 1.

FAO (1996): Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPS/GpaEN/gpatoc.htm>.

- FAO (1996a) Food and Agriculture Organization of the United Nations; Rome: 1996. Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of PGRFA.
- FAO (1998): The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome, Italy.
- FAO (2008): Establishment of a global network for the in situ conservation of crop wild relatives: status and needs. FAO, Rome, Italy.
- FAO (2009): A Global Treaty for Food Security and Sustainable Agriculture, International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2010): Second report on the world's plant genetic resources for food and agriculture. Rome, Italy: FAO, 299, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2011): Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2013): Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2014): Global Plans of Action The Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2014a): Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.
- FAO (2014b): Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2015): Coping with climate change - The roles of genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2015a): Resolution 5/2015 Implementation of Article 9 Farmers Right. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2017): Second Global Plan Action for Plant genetic resources for Food and Agriculture, <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/seeds-pgr/gpa/en/>.
- FAO (2017a): International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, The Multilateral System, <http://www.fao.org/plant-treaty/areas-of-work/the-multilateral-system/overview/en/>.
- FAO (2018): Sustainable agriculture for biodiversity, biodiversity for sustainable agriculture, Food and Agricultural Organization of United Nations.
- FAO (2018a): Global information system on PGRFA. <http://www.fao.org/plant-treaty/areas-of-work/global-information-system/en/>.

- FAO (2019): Conservation of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agricultural Organization of Unated Nations, <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/seeds-pgr/conservation/en/>.
- FAO, online: Sustainable Food and Agriculture, <http://www.fao.org/sustainability/en/>.
- FAO, online, a: The Convention on Biological Diversity, <http://www.cbd.int/convention>.
- FAO, online, b: Global Information System on PGRFA, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/plant-treaty/areas-of-work/global-information-system/en>.
- FAO, online, c: World Food Summit, 13-17 November, 1999, Roma, <http://www.fao.org/WFS/>.
- FAO, online, d: International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Sustainable Use, <http://www.fao.org/plant-treaty/areas-of-work/sustainable-use/overview/en/>.
- FAO, online, e: Report of the Conference of FAO - Twenty-Fifth Session. Preparations for an international development strategy for the fourth UN development decade FAO's contribution, Report of the Conference of FAO, Corporate Document Repository, Corporate Services, Human Resources, and Finance Department <http://www.fao.org/docrep/x5588E/x5588e06.htm>.
- FAO, online, f: Resolution 5/2015 Implementation of Article 9, Farmers' Rights. IT/GB-6/15/Res 5, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO, online, g: Global Treaty for Food Security and Sustainable Agriculture; International treaty on plant genetic resources for food and agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, <http://www.fao.org/3/a-i0510e.pdf>.
- FAO, online, h: Insect Damage, Post-harvest Operations, Post-harvest Compendium, International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE), <http://www.fao.org/3/a-av013e.pdf>.
- FAO/IPGRI (1994): Genebank standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Farmers' Rights, online: Farmers' Rights in the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, [http://www.farmersrights.org/about/fr\\_in\\_itpgrfa.html](http://www.farmersrights.org/about/fr_in_itpgrfa.html).
- Farrell B.D., Mitter C., Futuyama D.J. (1992): Diversification at the insect-plant interface. *BioScience*, 42, 34–42.
- Fassil H., Engels J. (1997): Seed conservation research: IPGRI's strategies and activities. *BGC News* 2(9).
- Feber R.E., Macdonald D.W. (2013): *Wildlife & Farming: Conservation on Lowland Farms*. Wildlife Conservation Research Unit, University of Oxford.

- Fedorov A.A. (1966): The structure of tropical rain forest and speciation in the humid tropics. *J. Ecol.*, 54, 1–11.
- Field Crop Diseases, online: Southern Corn Leaf Blight, Department of Crop Science, University of Illinois, <https://web.archive.org/web/20110814024237/http://cropdisease.cropsci.illinois.edu/corn/southerncornleafblight.html>.
- Fischer A.G. (1960): Latitudinal variations in organic diversity. *Evolution*, 14, 64–81.
- Food Market, online: Kilner Green Clip Top Storage Jar 1 Litre, <https://www.thefoodmarket.com/products/kilner-green-clip-top-storage-jar-1-litre>
- Forde S.E., Beardmore R.E., Gudelj I., Arkin S.S., Thompson J.N., Hurst L.D. (2008): Understanding the limits to generalizability of experimental evolutionary models. *Nature* 455(7210):220–223.
- Fowler C. (2003): The Status of Public and Proprietary Germplasm and Information: An Assessment of Recent Developments at FAO, *IP Strategy Today* 7–2003.
- Frankel O.H., Soule M. (1981): Conservation and Evolution. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press. 327 pp.
- Frankham R. (2001): Genetic Variability, Conservation Genetics, *Encyclopedia of Genetics*, 2001, ScienceDirect.
- Fry W.E., Godwin S.B., Dyer A.T., Matusak J.M., Drenth A., Tooley P.W., Sujkowski L.S., Koh Y.J., Cohen B.A., Spielman L.J. (1993): Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways and implications. *Plant Disease*, 77:653–661.
- FUJIFILM Irvine Scientific (2019): Simplified Embryo Vitrification Protocols, <http://www.irvinesci.com/simplified-embryo-vitrification-protocols>.
- Fulton T., Matute M., Namuth-Covert D. (2017): MB3 Genetic Diversity and Germplasm Selection, *Plant and Soil Sciences*, 1–9.
- Fussmann G.F., Loreau M., Abrams P.A. (2007): Eco-evolutionary dynamics of communities and ecosystems. *Functional Ecology*, 21:465–477.
- Futuyma D.J. (1998): *Evolutionary Biology*, 3rd edn. Sinauer, Sunderland.
- Futuyma D.J., Agrawa A.A.A. (2009): Perspective, Macroevolution and the biological diversity of plants and herbivores, *Plant and Insect Biodiversity Special Feature, Proc Natl Acad Sci, PNAS, U S A.* 2009 Oct 27; 106(43): 18054 – 18061.

G

- Ganeshan S., Rajasekharan P.E., Shashikumar S., Decruze W. (2008): Cryopreservation of pollen In: Reed BM, editor. *Plant Cryopreservation: A Practical Guide*. Springer, New York. pp. 443 – 464.
- Gårdmark A., Enberg K., Ripa J., Laakso J., Kaitala V. (2003): The ecology of recovery-*Ann. Zool. Fennici.* 40. 131–144.
- Gaston K. (2000): Global patterns in biodiversity. *Nat.* 405. 220–227.
- Genesys, online: Genesys PGR, <https://www.genesys-pgr.org/>.
- Gentry A.H. (1989): Speciation in tropical forests. In: *Tropical Forests: Botanical Dynamics, Speciation and Diversity* (eds. Holm-Nielsen L.B., Nielsen I.C. and Balslev H.). Academic Press, San Diego, CA, pp. 113–134.

- Geoscience, online: Centers of origin for cultivated plants, University of Arizona, <https://www.geo.arizona.edu/>.
- Ghassemi-Golezani K., Chadordooz-Jeddi A., Zehtab-Salmas S., Ousta Sh. (2013): Influence of Seed Size and Aging on Seedling Growth and Field Establishment of Lentil (*Lens Culinaris* Medik). Plant Breeding and Seed Science. DOI: 10.2478/v10129-011-0067-1
- Gillaspy R. (2020): Environmental Sustainability: Definition and Application, Study.com
- Goddard M.A., Dougill A.J., Benton T.G. (2010): Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments, Trends in Ecology and Evolution, Volume 25, Issue 2, February 2010, Pages 90-98.
- Goldberg E. (2011): Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines. 2011 update, Bioversity, Italy.
- Goldschein E. (2011): The 10 Most Important Crops in the World, Business Insider.
- Gómez - Campo C. (2002): Long term seed preservation: the risk of using inadequate containers is very high. Monographs ETSIA, Universidad Politécnica de Madrid 163, 1-10, [www.seedcontainers.net](http://www.seedcontainers.net).
- GPA, online: Biodiversity Conservation, <https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/biodiversity-conservation>.
- Graner, online: Department of Genebank, IPK, <https://www.ipk-gatersleben.de/en/genebank/>.
- Grant V. (1981): Plant Speciation (2nd Edit.). New York: Columbia University Press. ISBN 978-0-231-05113-2.
- Green C. (2018): Why Biodiversity is Essential for Sustainable Development, UN Foundation, <https://unfoundation.org/blog/post/biodiversity-essential-sustainable-development/>.
- Griffiths A.J.F. (2000): An Introduction to Genetic Analysis (7th ed.). W. H. Freeman.
- GRIP, online: Tissue Culture, Gosling Research Institute for Plant Preservation, Guelph, Canada, <http://gripp.ca/gripp/tissue-culture/>.
- Gross B.L., Zhao Z. (2014): "Archaeological and genetic insights into the origins of domesticated rice", Proceedings of the National Academy of Sciences, 111 (17): 6190–6197.
- Guardian (2019): EU agrees total ban on bee-harming pesticides, Pesticides, <https://www.theguardian.com/environment/2018/apr/27/eu-agrees-total-ban-on-bee-harming-pesticides>
- Guarino L., Ramanatha Rao V., Goldberg E. (eds.) (2011): Collecting plant genetic diversity: technical guidelines. 2011 update, Corporate Author: Bioversity International, Rome, Italy.
- Guarino L. (2017): How many genebanks are there in the world?, Agricultural Biodiversity Weblog, <https://agro.biodiver.se/2017/07/how-many-genebanks-are-there-in-the-world/>.
- Guisan A., Zimmermann N.E. (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135: 147-186.

Guisan A., Zimmermann N.E. (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.

- H**affer J. (1969): Speciation in Amazonian forest birds. *Science*, 165,131-147.
- Hajjar R., Hodgkin T. (2007): The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*, 156, 1-13.
- Hajjar R., Jarvis D.L., Gemmill-Herren B. (2008): The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123, 261-270
- Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H., Hörren T., Goulson D., de Kroon H. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas, *Plos One*.
- Hanelt P., Mettin D. (1989): Biosystematics of the genus *Vicia* L. (*Leguminosae*) *Ann. Rep. Ecol.Syst.* 20, 199-223.
- Hargrove T.R., Cabanilla V.L., Coffman W.R. (1985): Changes in rice breeding programs in Asia. *IRRI Research Paper Series No. 18*, IRRI, Los Baños, the Philippines.
- Harlan J.R. (1975): *Crops and Man*. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy and Crop Science Society of America.
- Harlan J.R. (1997): *Distribution of Agricultural Origins: A Global Perspective // The origins of Agriculture and Crop Domestication*. Aleppo: 1-44.
- Harrington J.F. (1972): *Seed Storage and Longevity*. In *Seed Biology*. vol. III, ed. T.I. Kozłowski, Academic Press, 145-245, New York.
- Harris D.R. (1996): *The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia: an overview // The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia*. London: 552-575.
- HarvestPlus, online: Our mission, HarvestPlus, Better Crop, Better Nutrition <https://www.harvestplus.org/about/our-mission>.
- Hawkes J.G. (1970): *The taxonomy of cultivated plants*. Pages 69-85 in *Genetic Resources in Plants: Their Exploration and Conservation* (Frankel O.H. and Bennet E., eds.) Blackwell, Oxford, U.K.
- Hay F.R., Smith R.D. (2003): *Seed maturity: when to collect seeds from wild plants*. Pp. 97-133 in *Seed conservation: Turning science into practice*. (R.D. Smith, J.B. Dickie, S.H. Linington, H.W. Pritchard and R.J. Probert, (eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, U.K.
- Hay F.R., Probert R.J (2013): *Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research*, *Conserv Physiol.* 2013; 1(1): 111.
- Hay F.R., de Guzman F., Hamilton N.R.S. (2015): *Viability monitoring intervals for genebank samples of Oryza sativa*. *Seed Sci Technol* 43:218-237.
- Hay F.R., Whitehouse K.J. (2017): *Rethinking the approach to viability monitoring in seed genebanks*, *Conserv Physiol.* 2017; 5(1): cox009.
- Helfer L.R. (2004): *Intellectual property rights in plant varieties International legal regimes and policy options for national governments for the Development Law Service* FAO Legal Office, FAO LE legislative Study 85.



- Heywood V.H., Watson R.T. (1995): Global Biodiversity Assessment, UNEP, Cambridge University Press.
- Hebert P.D., Cywinska A., Ball S.L. (2003): Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270, 313–321.
- Heun M., Haldorsen S., Vollan K. (2008): Reassessing domestication events in the Near East: Einkorn and *Triticum urartu*, *Genome*, 2008, 51(6): 444-451.
- Heywood V. (2009): Botanic gardens and genetic conservation. *Sibbaldia J. Bot. Gard. Hortic.*, 7:5–18.
- Hillebrand H. (2004): “On the Generality of the Latitudinal Diversity Gradient”. *The American Naturalist*. 163 (2): 192–211.
- Hodkinson T.R., Waldren S., Parnell J.A.N., Kelleher C.T., Salamin K., Salamin N. (2007): DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation, *The Botanical Society of Japan and Springer*.
- Hogan C.M. (2011): Respiration, *Encyclopedia of Earth*, Eds. Mark McGinley & C.J.Cleveland. National council for Science and the Environment. Washington D.C.
- Hogeweg P. (2011): Searls D. B., ed. “The Roots of Bioinformatics in Theoretical Biology”. *PLoS Computational Biology* 7 (3): e1002021.
- Holling C.S. (2000): Theories for Sustainable Futures *Conservation Ecology* 4 (2): 7.
- Hooper D., Buchmann N., Degrange V., Diaz S., Gessner M., Grime P., Hulot F., Mermillod-Blondin F., Peer L., Roy J., Symstad A., Solan M., Spehn E. (2006): Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning. *Biodiversity and ecosystems functioning: a current synthesis*, 195-208 (2002).
- Hooper D.U., Adair E.C., Cardinale B.J., Byrnes J.E.K., Hungate B.A., Matulich K.L., et al. (2012): A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486, 105–108.

**I**IARC, online: Cryo bank, International Agricultural Research Centres, Crop Genebank Knowledge Base, <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-242/conservation-mainmenu-198/cryo-bank-mainmenu-201>.

IARC, online, a: DNA bank, Crop Genebank Knowledge Base, International Agricultural Research Centres, <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-242/conservation-mainmenu-198/dna-bank-mainmenu-202>.

ICRAF (2005): World Agroforestry Centre annual report 2005: Agroforestry science to support the millennium development goals. World Agroforestry Centre.

ICRAF (2019): Who we are, World Agroforestry (ICRAF), Nairobi

IPGRI (2004): Future Harvest, Rome, Italy.

IISD (2009): What is Sustainable Development?; International Institute for Sustainable Development, [https://enb.iisd.org/publications-resources/sust\\_devt2009.htm](https://enb.iisd.org/publications-resources/sust_devt2009.htm).

- IITA, online: Genetic Resources Centre, <https://www.genebanks.org/genebanks/iita/>.
- Ikerd J. (1990): Sustainability as quoted by Richard Dueterhaus in “Sustainability’s Promise,” *Journal of Soil and Water Conservation* 45(1): p.4.
- ILRI, online: Forage genebank, <https://www.genebanks.org/genebanks/ilri/>.
- Iltis H.H. (1988): Serendipity in the exploration of biodiversity: What good are weedy tomatoes? In: Wilson EO (ed.) *Biodiversity*, p. 99, National Academy Press, Washington D.C.
- IPC (2017): “DivSeek initiative” loses support of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, International Planning Committee for Food Sovereignty (IPC).
- IRRI (2018): About us, International Rice Research Institute - IRRI, <https://www.irri.org/irri-glance>.
- IRRI, online: Gene bank Platform, CGIAR, <https://www.genebanks.org/genebanks/irri/>.
- ISF, (2019)online: ISF regulated pest list database, <https://pestlist.worldseed.org/public/pestlist.jsp>.
- ISO (2018): Country Codes – ISO 3166”, International Organization for Standardization.
- ISTA (2002) Seed Health Testing Methods  
International rules for seed testing. Annexe to Chapter 7, Seed Health Testing Methods  
International Seed Testing Association, Switzerland.
- ISTA (2019): International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Switzerland.
- ITPGR (2009): International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Article 2.
- IUCN (2009): Red list Summary Statistics, <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics>.
- IUCN (2019): The IUCN Red List of Threatened Species, <https://www.iucnredlist.org/>.
- IUCN, online: Programme Ecosystem Management, <https://www.iucn.org/theme/ecosystem-management/about/our-work>.
- IUCN, online,a: The IUCN Red List Categories and Criteria, <https://www.iucnredlist.org/>.
- IUCN, online: The Economic value of Biodiversity, The International Union for Conservation of Nature IUCN, <https://www.cbd.int/financial/values/g-economicvalue-iucn.pdf>.
- IUCN, online, a: What is a protected area? Protected Area, <https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about>.

**J**actel H., Gritti E.S., Drössler L., Forrester D.I., Mason W.L., Morin X., Pretzsch H. (2018): Positive biodiversity–productivity relationships in forests: climate matters, The Royal Society Publishers.

- James D., Orre-Gordon G.U.S., Reynolds O., Simpson M. (2012): Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management. In book: Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management, Chapter: 11, Publisher: John Wiley & Sons, Editors: Gurr G., Wratten S., Snyder W., Read D. (2012), pp.185-195 10.1002/9781118231838.ch11.
- Janick J. (2002): Ancient Egyptian agriculture and the origins of horticulture. *Acta Hort.* 582:23–39
- Janick J. (2007): The Origins of Horticultural Technology and Science, Proc. XXVII IHC on Global Hort.: Diversity and Harmony *Acta Hort.* 759, ISHS 2007, 47-59, ISHS
- Janković M., Đorđević V. (1981): *Primenjena ekologija*, Naučna knjiga, Beograd.
- Janzen D.H. (1967): Why mountain passes are higher in the tropics. *Am. Nat.*, 101, 233–249.
- Jardine D. (2019): Southern rust detected on corn in Kansas, Farm.com, Kansas State University.
- Jenderek M.M., Reed B. (2017): Cryopreserved storage of clonal germplasm in the USDA National Plant Germplasm System. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 53: 229-308.
- Jevtić R., Milošević M., Krstić B., Obradović A. (2018): *Patogeni semena, opšti deo*, Školska knjiga, Novi Sad.
- Jizeng J., Hongjie L., Xueyong Z., Zichao L. LijuanQ. (2017): Genomics-based plant germplasm research (GPGR), *The Crop Journal*, Volume 5, Issue 2, Pages 166-174, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514116301222>
- Johnston C., Groffman P., Breshears D., Cardon Z., Currie W., Emanuel W., Gaudinski J.B., Jackson R., Lajtha K., Nadelhoffer K., Nelson Jr. D., Mac P. W., Retallack G., Wielopolski L. (2004): Carbon Cycling in Soil, *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2. 522. 10.2307/3868382.
- Jones H., Lister D.L., Bower M.A., Leigh F.J., Smith L.M., Jones M.K. (2008): “Approaches and Constraints of Using Existing Landrace Material to Understand Agricultural Spread in Prehistory”. *Plant Genetic Resources*, Cambridge University Press. pp. 98-112.
- Jovanović M. (2017): *Očuvanje biodiverziteta*, Agroklub (R) (evolucija poljoprivrede).
- Jovičević B., Milošević M. (1989): *Bolesti semena*, Feljton, Novi Sad.
- Juslén A., Hyvärinen E., Virtanen L.K. (2013): Application of the Red-List Index at a National Level for Multiple Species Groups *Conserv. Biol.* 27(2):398-406.

**K** Kaesuk C. (1996): Ecosystem's Productivity Rises with Diversity of its Species, *Archives* <http://www.nytimes.com/1996/03/05/science/ecosystem-s-productivity-rises-with-diversity-of-its-species.html>.

Kameswara N.J. Hanson M.E. Dulloo K. Ghosh A. Nowell D., Larinde M. (2006): *Manual of Seed Handling in Genebanks*. Bioversity International,

- CTA (Technical Center for Agricultural and Rural Cooperation), FAO, ILRI. Archived from the original on 21 January 2008. 147 p
- Karafyllis N.C., ed. (2018): *Theorien der Lebensammlung. Pflanzen, Mikroben und Tiere als Biofakte in Genbanken*, Freiburg: Karl Alber 2018 (Lebenswissenschaften im Dialog Vol. 25) ISBN 978-3-495-48975-8.
- Karpov B.A. (1980): Initial influences on the longevity of seeds of grain crops. *S' ktr. Biol.* 15, 42-44. Seed storage. U.S. Dep. Agric. Handb. 506, 1-289.
- Kastori R. (2009): Lična komunikacija.
- Kavalchuk P. P. (1973): Dependence of sowing qualities and yielding ability of wheat and barley seeds upon length of storage. *Sel. Semenovod. Resp. Mezhd. Temet.Nauch. Sb.* 24, 93-99.
- Kaur J. (2017): „Climate change and its effects on biodiversity“. *International Research Journal of Management Science & Technology*, pp. 193-204.
- Ke Chung K., Byrne L.B. (2006): Biodiversity loss and the taxonomic bottleneck: emerging biodiversity science, *Ecological Research*, 21:794.
- Kelly S. (2007): *Origins of Sustainability*, Report for Task 1.1 - Appraisal of Sustainability Project, Institute for Transport Studies, University of Leeds
- United Nations General Assembly, 2005 World Summit Outcome, Resolution A/60/1, adopted by the General Assembly on 15 September 2005.
- Kelly R.P., Eernisse D.J. (2007): Southern hospitality: a latitudinal gradient in gene flow in the marine environment. *Evolution* 61:700–707. doi:10.1111/j.1558-5646.2007.00055.x.
- Kew, online: *Plants under pressure - a global assessment*, IUCN Sampled Red List Index for Plants, Royal Botanic Gardens, Kew, Natural History Museum, UK, [http://www.kew.org/sites/default/files/kppcont\\_027709.pdf](http://www.kew.org/sites/default/files/kppcont_027709.pdf).
- Kew, online, a: *About our Seed Collection*, <https://www.kew.org/science/collections-and-resources/collections/seed-collection>.
- Key S., Ma J.K-C, Drake P. M.W. (2008): Genetically modified plants and human health  
*J R Soc Med.* 2008 Jun 1; 101(6): 290–298.
- Khan S., Al-Qurainy F, Nadeem M. (2012): Biotechnological approaches for conservation and improvement of rare and endangered plants of Saudi Arabia, *Saudi J Biol Sci.* 2012 Jan; 19(1): 1–11.
- Khanna P.P., Singh N. (1991): Conservation of Plant Genetic Resources. In: Paroda RS and Arora RK (eds), *Plant Genetic Resources. Conservation and Management*. IBPGR, New Delhi, pp 231-245
- Khanna i Singh, online: *The Flow of Energy: Primary Production to Higher Trophic Levels* University of Michigan SERC Catalog, <https://serc.carleton.edu/resources/21871.html>.
- Kloda J.M., Dean P.D.G., Maddren C., McDonald D.W., Mayes S. (2008): Using principle component analysis to compare genetic diversity across polyploidy levels within plant complexes: an example from British Restharrow (*Ononis spinosa* and *Ononis repens*). *Heredity* 100:253 – 26.

- Kochand E., Zink P. (2009): Methods for control of seed-borne diseases in organic farming, JKI.
- Kolektiv autora (2003): Enciklopedija životne sredine i održivog razvoja, izdavači Ecolibri, Beograd i Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Srpsko Sarajevo.
- Komarov V. L. (1931): Origin of Cultivated Plants. Moscow - Leningrad. 238 pp.m Bakhteev F. Kh.1960. Studies on history and geography of major cultivatedplants. Moscow. 371 pp.
- Koo K., Pardey P.G., Wright B.D. (2003): The economic costs of conserving genetic resources at the CGIAR centres, Agricultural Economics, Volume 29, Issue 3, 287-297.
- Koprivica J. (2007): Značaj šuma u zaštiti od erozije, Visoka poslovna škola, Valjevo.
- Kovačević D., Milošević M. (2015): Organska poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- Knowlton E.H. (1922): Studies in pollen with special reference to longevity. Cornell Univ. Agric. Exp. Stat. Memoir. 52: 747-794.
- Kristiansen K.A., Cilieborg M., Dra'bkova' L., Jørgensen T. (2005): DNA taxonomy – the riddle of *Oxychloe* Phil. (*Juncaceae*). Syst Bot 30:284-289.
- Kueneman E.A. (1983): Genetic control of seed longevity in soybean. Crop Science 23, 5-8.
- Kumar A., Prasad S. (2014): Treats of Alien Plants Species, International Research Journal of Management Science & Technology, Volume 4 Issue 2, 605-624.
- Kung S., Arntzen C.J. (1989): Plant Biotechnology, Elsevier Inc.

- L**ankau R. (2005): Loss Of Genetic Diversity. Threatens Species Diversity, Nation Master.
- Lankau R.A., Strauss S.Y. (2007): Mutual feedbacks maintain both genetic and species diversity in a plant community. Science, 317, 1561-1563.
- Latham R.E., Ricklefs R.E. (1993): Continental comparisons of temperate-zone tree species diversity. In: Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives (eds Ricklefs R.E. and Schluter D.). University of Chicago Press, Chicago, IL, pp. 294-314.
- Lazić B., Milošević M., Dragin S. (2009): Uloga banke biljnih gena u očuvanju i korišćenju genetičkih resursa, Srpska akademija nauka i umetnosti, Odbor za proučavanje flore i vegetacije Srbije, međuodlenjski odbor „Čovek i životna sredina“, odeljenje hemijskih i bioloških nauka, knjiga 3, 305-323.
- Lazić B. (2011): Međuzavisnost organske poljoprivrede i biodiverziteta. U: Ugrenović i Filipović (ured), Organska proizvodnja i biodiverzitet. Zbornik referata “Otvoreni dani biodiverziteta”, Pančevo, 29. jun 2011, 25-35.
- Lazić B., Vasić M., Anačkov G. (2017): Genetički resursi gajenog i samoniklog povrća u Srbiji. Selekcija i semenarstvo, vol XXIII, broj 2, 75-90.

- Leakey R., Lewin R. (1996): *The Sixth Extinction: Patterns of Life and the Future of Humankind*, Anchor, ISBN 0-385-46809-1.
- Lefcheck J. (2014): "What is functional diversity, and why do we care?". *Sample* (ECOLOGY).
- Leser H., Nagel P. (2001): Landscape diversity - a holistic approach. In: Barthlott W., Winiger M., Biedinger N. (eds) *Biodiversity*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Letunic I.; Bork P. (2007): "Interactive Tree Of Life (iTOL): an online tool for phylogenetic tree display and annotation" (PDF). *Bioinformatics*. 23(1): 127–128.
- Levin S. (2013): *Biodiversity*. The Encyclopedia of Earth, Academic Press, second edition.
- Liang J., Zhou M., Tobin P.C., McGuire A.D., Reich P.B. (2015): Biodiversity influences plant productivity through niche–efficiency, *PNAS* May 5, 2015 112 (18) 5738-5743.
- Lightfoot D.C., Whitford W.G. (1989): Interplant variation in creosotebush foliage characteristics and canopy arthropods. *Oecologia* 81,166–175.
- Lindstrom E.W. (1942): Inheritance of seed longevity in maize inbred lines and hybrids. *Genetics*, 27, 154.
- Liu J., Gui J., Gao W., Ma J., Wang Q. (2016): Review of the physiological and biochemical reactions and molecular mechanisms of seed aging. *Acta Ecol. Sinica*. 36, 4997–5006.
- Lloyd J. (2014): *Biodiversity*. The Encyclopedia of Earth, <http://www.eoearth.org/view/article/150560/>.
- Löf R.-M. (2018): *Economic sustainability*, University of Gävle, Swedish.
- Londoño L. (2008): Oxalic acid and biotechnology, Microorganisms that produce ac. Oxalic, Blog, <http://acidooxalicbiotecnologiaupb.blogspot.com/2011/08/microorganismos-que-producen-ac-oxalico.html>
- Losey J.E., Vaughan M. (2006): The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects, *BioScience*, Volume 56, Issue 4, Pages 311–323.
- Losick R., Watson J.D., Baker TA., Bell S., Gann A. Levine M.W. (2008): *Molecular biology of the gene*. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings.
- Lyall W.T., Ellis H.R., Philip J., Hedley L.C., Wang L.T. (2003): Mutant alleles of rugosus loci in pea affect seed moisture sorption isotherms and the relation between seed longevity and moisture content, *Journal of experimental botany*. 54. 445-50. 10.1093/jxb/54.381.445.

- M** Machida-Hirano R. (2015): Diversity of potato genetic resources. *Breeding Science*, 65. 26-40. 10.1270/jsbbs.65.26.
- Maclean C. (2008): *The Secrets of Successful Ecosystems*, Science Daily, Imperial College, London.
- Magee L., James P., Scerri A. (2012): "Measuring Social Sustainability: A Community-Centred Approach". *Applied Research in the Quality of Life*. 7 (3): 239–61.

- Maggioni L., López N.I., Lapeña I., Holubec V., Engels J. (2015): Collecting plant genetic resources in Europe: a survey of legal requirements and practical experiences, *Legal Studies on Access and Benefit-sharing*. ISSN: 2213-493X Volume:3, Chapter: Chapter 14, Publisher: Brill/Nijhof, Editors: Colsaet B., Batur F., Broggiato A., Pitseys J., Dedeurwaerdere T. pp.327-362.
- Maggioni L., Engels J. (2014): Networking for plant genetic resources (571,2 KB). *Pan European Networks: Science & Technology* 10: 285-297.
- Maggioni L. (2010): ECPPGR European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources (ECPGR) Phase VIII (2009-2013) 2009 Progress Report, Biodiversity International, Rome.
- Magurra A.E. (2005): Species abundance distributions: pattern or process?, *Functional Ecology*, British Ecological Society.
- Magurran A.E. (2004): *Measuring biological biodiversity*, Backweel Science Ltd., Backweel Publishing Company.
- Majoe M. (2015): Biodiversity Importance - Ecological and Economica, <https://www.slideshare.net/meghamajoe/ecological-and-economical-importance-of-biodiversity>.
- Malhotra N., Panatu S., Singh B., Neg N., Mohar S., Singh S.R. (2019): Genetic Resources Collection, Conservation, Characterization and maintenance, Lentil, Potential Resources for Enhancing Genetic Gains, 21-41.
- Manifesto M.M., Schlatter A.R., Hopp H.E., Suárez E.Y., Dubcovsky J. (2001): Quantitative Evaluation of Genetic Diversity in Wheat Germplasm Using Molecular Markers, *Crop Science* 41:682-690, *Crop Breeding, Genetics & Cytology*.
- Manojlović M., Aćin V. (2007): Globalne promene klime i ciklus ugljenika u životnoj sredini, *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, vol. 31, br. 1, str. 187 - 195.
- Marjanović-Jeromela A., Marinković R., Milovac Ž., Miladinović D., Sekulić R., Jasnić S. (2008): Ispitivanje sjemenskih kvaliteta sjemena uljane repice (*Brassica napus* L.) tretiranog insekticidima i fungicidima. *Glasnik zaštite bilja*, 4: 13-21.
- Marjanović-Jeromela A., Kondić-Špika A., Saftić-Panković D., Marinković R., Hristov N. (2009): Phenotypic and molecular evaluation of genetic diversity of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 8(19): 4835-4844.
- Marjanović-Jeromela A., Marinković R., Ivanovska S., Jankulovska M., Mijić A., Hristov N. (2011): Variability of yield determining components in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) and their correlation with seed yield. *Genetika*, 43(1): 51-66.
- Marjanović-Jeromela A., Nagl N., Gvozdanović-Varga J., Hristov N., Kondić-Špika A., Vasić M., Marinković R. (2011a): Genotype by environment interaction for seed yield per plant in rapeseed using AMMI model. *Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)*, 46(2): 174-181.

- Marjanović-Jeromela A., Kondić-Špika, A., Miladinović D., Dimitrijević A., Imerovski I., Jocković M., Simić A., Terzić S. (2016): Phenotypic and molecular evaluation of genetic diversity in NS safflower (*Carthamus tinctorius* L.) collection. *Matica Srpska J. Nat. Sci. Novi Sad*, № 131, 91-98.
- Marjanovic-Jeromela A., Mikić A., Vujić S., Čupina B., Krstić Đ., Dimitrijević A., Vasiljević S., Mihailović V., Cvejić S., Miladinović D. (2017): Potential of Legume-*Brassica* Intercrops for Forage Production and Green Manure: Encouragements from a Temperate Southeast European Environment. *Front Plant Sci.* 2017; 8: 312.
- Marjanović-Jeromela A., Terzić S., Jankulovska M., Zorić M., Kondić-Špika A., Jocković M., Hristov N., Crnobarac J., Nagl N. (2018): Dissection of year related climatic variables and their effect on winter rapeseed (*Brassica napus* L.) development and yield.
- Malats N., Calafell F. (2015): Basic glossary on genetic epidemiology, *BMJ Journal*, <https://jech.bmj.com/content/57/7/480.long>
- Martin P.R., McKay J.K. (2004): Latitudinal variation in genetic divergence of populations and the potential for future speciation. *Evolution* 58:938–945. doi:10.1554/03-611.
- Martinez-Meza E. (1995): Persistence of desertified ecosystems: explanations and implications. *Environmental Monitoring and Assessment* 37, 1–14.
- Maselli S., Pérez - García F., Aguinagalde I. (1999): Evaluation of seed storage conditions and genetic diversity of four crucifers endemic to Spain. *Annals of Botany* 84, 207-212.
- Massimi M. (2018): Impact of Seed Size on Seeds Viability, Vigor and Storability of *Hordeum vulgare* L. *Agricultural Science Digest.* 38. 62-64. 10.18805/ag.A-293.
- Maxed N., Guarino L., Myer L., Chiwona E.A. (2002): Towards a methodology for on-farm conservation of plant genetic resources, *Genetic Resources and Crop Evolution*, Volume 49, Number , pp. 31-46(16) Springer.
- Maxed N., Foed-Llyd B.V., Jury S.L., Kell S.P., Scholten M.A. (2006): Towards a definition of a crop wild relatives. *Biodiversity and Conservation* 15(8): 2673-2685.
- Maxed N., Ford-Lloyd B.V., Kell S.P. (2008): Crop wild relatives: establishing the context. In: Maxed N., Ford-Lloyd B.V., Kell S.P. Iriondo J., Dulloo E., Turok J. (eds.) *Crop Wild Relative Conservation and Use*. Pp. 3-30. CABI Publishing, Wallingford.
- Mbofung G.Y. (2012): Effects of maturity group, seed composition and storage conditions on the quality and storability of soybean (*Glycine max* L. Merrill) seed, Graduate Theses and Dissertations, Theses and Dissertations, Iowa State University.
- McCain C.M. (2005): "Elevation Gradients in Diversity in Diversity of small mammals", *Ecology.* 86 (2): 366–372.
- McCormick J.S. (1992): *The Global Environmental Movement: reclaiming Paradise*, London: Belhaven.



- McCouch S.R., McNally K.L., Wang W., et al. (2012): Genomics of gene banks: a case study in rice. *Am J Bot.*; 99(2):407-23.
- McDonald K. (2007): Biologists Produce Global Map of Plant Biodiversity, *Biological sciences*, <https://ucsdnews.ucsd.edu/archive/newsrel/science/03-07Plant.asp>.
- McGinnis L. (2008): Nonviable Seeds May Contain Research-Quality DNA. USDA/Agricultural Research Service, *ScienceDaily*. <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/08/080825201928.htm>.
- MedicineNet.com, online: Linkage maps, <https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=4167>.
- Mellgren D. (2008): "Doomsday" seed vault opens in Arctic". MSNBC.com. Associated Press. Retrieved 3 July 2011.
- Mekouar A. (2002): A Global Instrument on Agrobiodiversity: The International Treaty on Plant genetic resources for Food and Agriculture, FAO legal papers, online 24, <http://www.fao.org/3/a-bb057e.pdf>.
- Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A. (eds) (2007): Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Mezei S. (1995): Somatska embriogeneza i organogeneza, u knjizi: Dozet, B., Mezei, S., Gološin, B., Galović V., Vasiljević Lj., Vasić D., Ognjanov V., Macet K. (1995): Kultura tkiva u poljoprivredi, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Mihailović V., Mikić A., Vasiljević S., Ćupina B., Krstić Đ., Milić D., Katić S., Vasić M. (2006): A collection of annual legumes at its beginnings. Proceedings of the II International Symposium of Ecologists of the Republic of Montenegro, Kotor, Montenegro, 20-24 September 2006, 431-441.
- Mihailović V., Mikić A., Ćupina B., Vasiljević S., Krstić Đ., Tomić Z., Vasić M. (2007): Genetički resursi jednogodišnjih krmnih mahunarki u svetu i Srbiji, Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, vol. 44, br. 1, str. 115-121.
- Mihailović V., Mikić Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B., Kent J. (2000): Biodiversity hotspot for conservation priorities. *Nature*. 403. 853-858., Ćeran M., Ćupina B., Đorđević V., Marjanović-Jeromela A., Mikić S., Perić V., Savić A., Srebrić M., Terzić S., Vasić M., Vasiljević S., Vujić S. (2016): Some aspects of biodiversity, applied genetics and agronomy in hyacinth bean (*Lablab purpureus*) research. *Legume Perspectives* 13: 9-15.
- Mikić A., Ćupina B., Mihailović V., Krstić Đ., Đorđević V., Perić V., Srebrić M., Antanasović S., Marjanović-Jeromela A., Kobiljski B. (2012): Forage legume intercropping in temperate regions: Models and ideotypes. In: Lichtfouse E (ed.) *Sustainable Agriculture Reviews* 11, Springer Science+Business Media, Dordrecht, the Netherlands, 161-182.

- Miller G., Spoolman S. (2012): Environmental Science – Biodiversity Is a Crucial Part of the Earth's Natural Capital. Cengage Learning. p. 62. ISBN 978-1-133-70787-5.
- Milivojević M., Ripka Z., Petrović T. (2018): ISTA Rules Changes in seed germination testing at the beginning of 21<sup>st</sup> century, *Biblid*: 1821-4487 (2018) 22; 1; p 40-45.
- Milošević M. (1989): Metode čuvanja semena u: Lazić B. i sar. (1989): Tehnologija rada u Banci biljnih gena Jugoslavije, 13-145.
- Milošević M., Ćirović M. (1994): Seme. Monografija. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Milošević M., Mihaljev I., Dokić P., Ćirović M. (1996): Seminarsvo, Feljton, Novi Sad.
- Milošević M., Stojanović S., Jevtić R., Matijević D., Rajković S. (1998): Glavnica pšenice, Feljton, Novi Sad.
- Milošević M. (2001): Biljni karantin, Feljton, Novi Sad.
- Milošević M., Malešević M (2004): Semearstvo, Institut za ratarstvo i povrtarstvo i Nacionala laboratorija za ispitivanje semena, Novi Sad.
- Milošević M., Dragin S., Stegić M. (2009): Biljni genetički diverzitet u poljoprivredi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Milošević M., Miloradov M., Dragin S., Stegić M. (2010): The importance and implication of genetic resources in agriculture. *Genetika*, vol. 42, br. 3, str. 585-598.
- Milošević M., Dragin S., Stegić M. (2010a): Značaj genetičkih resursa i način njihovog očuvanja. *Ratarstvo i povrtarstvo*, vol. 47, br. 1, str. 11-19.
- Milošević M., Mikić A., Marjanović-Jeromela A., Milošević D. (2012): Organic agriculture and food production. XVI International Eco-Conference 26<sup>th</sup> – 29<sup>th</sup> September 2012, Safe Food, Novi Sad, Ecological Movement of Novi Sad, pp. 33-49 uvodno predavanje, rad po pozivu.
- Milošević M. (2012): Zaštita biljne sorte kao intelektualne svojine. Novi Sad: Seminarska asocijacija Srbije, Novi Sad.
- Milošević M., Mikić A., Marjanović Jeromela A. (2015): Biodiversity - The Basic Aspects of Its Preservation, *Ratar. i Povrt.* 52:1, 29-38.
- Mittelbach G.G., Schemske D.W., Cornell H.V, Allen A.P., Brown J.M., Bush M.B., Harrison S.P., Hurlbert A.H., Knowlton N., Lessios H.A., McCain C.M., McCune A.R., McDade L.A., McPeck M.A., Near T.J., Price T.D., Ricklefs R.E., Roy K., Sax D.F., Schlute D., Sobel J.M. Turelli T. (2007): Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography, *Ecology Letters*, 10: 315–331.
- Mladenović Drinić S., Savić Ivanov M. (2017): Genetički resursi gajenih biljaka za hranu i poljoprivredu, upravljanje i korišćenje, *Selekcija i semearstvo*, Vol. XXIII (2017) broj 2, 91-101.
- Mkl Diagnostics, online: LB Agar (Luria Bertani, Miller) AB - Kung Hans Väg 3 - 192 68 Sollentuna, <http://www.mkldiagnostics.com/lb-amp-x-gal-iptg-agar-plate-9cm.html>.

- Mock M.D. (2002): Major Planetary Changes at the Time of the End Catastrophes at the Time of the End, Re-Edited and New Graphics on January, 2010, Part One; online: <http://www.biblesearchers.com/catastrophes/catastrophes1.shtml>
- Moncrieff A. (2003): The Genetic Basis of Host-Pathogen Specificity in Plant Disease Resistance, University of Sydney.
- Mora C., Tittensor D.P., Myers R.A. (2008): “The completeness of taxonomic inventories for describing the global diversity and distribution of marine fishes”, *Proceedings of the Royal Society B*. 275(1631): 149–155.
- Moritz C., Patton J.L., Schneider C.J., Smith T.B. (2000): Diversification of rainforest faunas: an integrated molecular approach. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 31, 533–563.
- Mooney P.R. (1993): Exploiting local knowledge: international policy implications. In: de Boef W, Amanor K, Wellard K and Bebbington A (eds.) *Cultivating knowledge: genetic diversity, farmer experimentation and crop research*, IT Publications, London Van Gaasbeek AF, Heijbroek AMA.
- Mooney H.A., Hobbs R.J. (ed.) (2000): *Invasive Species in a Changing World*. Island Press, Washington, D.C.
- MPSV, online: Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Direkcija za referente laboratorije, [http://www.dnrl.minpolj.gov.rs/o\\_nama/banka.html](http://www.dnrl.minpolj.gov.rs/o_nama/banka.html).
- Moncrieff A. (2006): The genetic of host-pathogen specificity in plant disease resistance. at [http://bugs.biou Syd.edu.au/plantpathology/infection/plant\\_derense/resistancegenetics.html](http://bugs.biou Syd.edu.au/plantpathology/infection/plant_derense/resistancegenetics.html).
- Mousumi D., Malik C., Bisen P. (2006): Micropropagation: A Tool for the Production of High Quality Plant-based Medicines. *Current pharmaceutical biotechnology*. 7. 33-49. 10.2174/138920106775789638, IndiaAgronet.com, online (2016): Seeds- Tissue Culture, IndiaAgronet.com.
- Muchugi A., online: World Agroforestry Center, Genetic Resources Unit, <http://old.worldagroforestry.org/products/grunew/>.
- Mulder C., Koricheva J., Huss-Danell K., Högberg P., Joshi J. (1999): Insects affect relationships between plant species and ecosystem processes. *Ecology Letters*. 2. 237±246 10.1046/j.1461-0248.1999.00070.x.
- Mutke J., Barthlott W. (2005): Patterns of vascular plant diversity at continental to global scale. *Biologische Skrifter*. 55. 521-537.
- Myers N. (1990): The biodiversity challenge: expanded hot-spots analysis, *Environmentalist*, 10, 243–256.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B., Kent J. (2000): Biodiversity hotspot for conservation priorities. *Nature*. 403. 853-858.
- N** Nagel M., Kodde J., Pistrick S., Mascher M., Börner A., Groot S.P.C. (2016): Barley Seed Aging: Genetics behind the Dry Elevated Pressure of Oxygen Aging and Moist Controlled Deterioration, *Front Plant Sci*. 2016; 7: 388.
- Nagel M., online: Cryo and Stress Biology, <https://www.ipk-gatersleben.de/en/genebank/cryo-and-stress-biology>.

- Nakayama and Saito (1980) : Dillel analysis of the logetivity of kidey bean seed. Hirosaki Diagakubu Gakujutsu Hokaku, 34, 47-59.
- Narloch U., Pascual U., Drucker A.G. (2011): Cost-effectiveness targeting under multiple conservation goals and equity considerations in the Andes. *Environmental Conservation*, 38, 417–425.
- NASA (2014): Biodiversity, Exploring the Environment, Global Climate Changes, <http://ete.cet.edu/gcc/?/resourcecenter/slideshow/2/127>.
- National Institutes of Health (2008): RFLP genotyping.gif, [https://en.wikipedia.org/wiki/Restriction\\_fragment\\_length\\_polymorphism#/media/File:RFLP\\_genotyping.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/Restriction_fragment_length_polymorphism#/media/File:RFLP_genotyping.gif)
- National Seed Laboratory, online: Woody Plant Seed Manual, USDA FS Agriculture Handbook 727.
- NBII (2011): Introduction to Genetic Diversity, National Biological Information Infrastructure. U.S. Geological Survey, Wayback Machine.
- Nevo E. (2001): “Evolution of Genome-Phenome Diversity under Environmental Stress”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98 (11): 6233–6240.
- Net Industries (2014): Ecological Productivity, Science Encyclopedia, Net Industries and its Licensors, <http://science.jrank.org/pages/2257/Ecological-Productivity.html>.
- New Scotia (2002): Monitoring Biodiversity, The State of Queensland (Department of Education), <http://www.ecoonline.eq.edu.au/novascotia/whatsbio/types.html>.
- Nigmann U., Biedermann R., Achtziger R., Holzinger W. (2009): ICT for Environmental Sustainability concerning Key Area: “ICT for Biodiversity”.
- Niino T., Arizaga M.V. (2015): Cryopreservation for preservation of potato genetic resources, *Breed Sci*. 2015 Mar; 65(1): 41–52.
- Nikolić Z., Vasić M., Milošević M., Vujaković M., Gvozdanović-Varga J. (2007): Characterisation of bean varieties on the basis of protein markers. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke / Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad*, 112, 35 - 42, 2007
- Nikolić Z., Vasiljević S., Karagić Đ., Vujaković M., Jovičić D., Katić S., Šurlan-Momirović G. (2010): Genetic diversity of red clover cultivars (*Trifolium pratense* L.) based on protein polimorphism. *Genetika*, 42, 2, 249-258.
- NISM, online: Nacionalni mehanizam razmene informacija za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu Republike Srbije, <http://www.fao.org/pgr-fa-gpa-archive/srb/description.html>
- Noss R.F. (1990): Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4, 355–364.
- Nunes P., Nijkamp P. (2011): “Biodiversity: Economic perspectives,” *Serie Research Memoranda 0002*, VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics.
- Nybohm H., Weising K., Rotter B. (2014): DNA fingerprinting in botany: past, present, future, *Investig Genet*. 2014; 5: 1.

- Ochoa-Hueso R., Delgado-Baquerizo M., King P.T.A., Benham M., Arca V., Power S.A. (2019): "Ecosystem type and resource quality are more important than global change drivers in regulating early stages of litter decomposition". *Soil Biology and Biochemistry*. 129: 144–152.
- OECD (2018): OECD Seed Scheme, Organisation for Economic Co-operation and Development Paris, France.
- Ong Q., Nguyen P., Thao N.P., Le L. (2016): Bioinformatics Approach in Plant Genomic Research, *Curr. Genomics*; 17(4): 368–378.
- Osawaru M., Ogwu M. (2014). Conservation and utilization of plant genetic resources. Proceedings of 38th Annual Conference of The Genetics Society of Nigeria., At Benin City, Nigeria, 105-121.
- Otvorena vlada rs., online: Uredba o utvrđivanju Programa o raspodeli i korišćenju podsticajnih sredstava za očuvanje i održivo korišćenje biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu za 2008 <http://otvorenavlada.rs/tag/uredbe/>.

- Pairochteerakul P., Jothityangkoon D., Ketthaisong D., Simla S., Lertrat K., Suriharn B. (2018). Seed Germination in Relation to Total Sugar and Starch in Endosperm Mutant of Sweet Corn Genotypes. *Agronomy*. 8. 299. [10.3390/agronomy8120299](https://doi.org/10.3390/agronomy8120299)
- Painter E. (2016): What would decrease genetic variation in a population? What are some examples?, <https://www.quora.com/What-would-decrease-genetic-variation-in-a-population-What-are-some-examples>
- Pajerowska-Mukhtar K. (2019): Isolation and characterization of potato homologues of *Arabidopsis thaliana* genes operating in defense signal transduction, [www.researchgate.net/publication/50385520\\_Isolation\\_and\\_characterization\\_of\\_potato\\_homologues\\_of\\_Arabidopsis\\_thaliana\\_genes\\_operating\\_in\\_defense\\_signal\\_transduction](https://www.researchgate.net/publication/50385520_Isolation_and_characterization_of_potato_homologues_of_Arabidopsis_thaliana_genes_operating_in_defense_signal_transduction).
- Pallwal R.L., Granados G., Lafitte H.R. (2000): Tropical maize. Improvement and production. FAO, Rome.1
- Palmer J.D., Soltis D.E., Chase M.W. (2004): The plant tree of life: An overview and some points of view, *American Journal of Botany* 91(10):1437-45.
- Palmer B. (2015): How do you make a GMO, anyway?, *Vox*, online, <https://www.vox.com/2014/11/3/18092720/how-do-you-make-a-gmo-anyway>
- Pareek C.S., Smoczynski R., Tretyn A. (2011): Sequencing technologies and genome sequencing", *J. Appl. Genet.* 52 (4): 413–35.
- Parker R.S. (2010): Water and Development: An Evaluation of World Bank Support, 1997-2007, World Bank Publications. pp. 79-. ISBN 978-0-8213-8394-0.
- Parker C., Cranford M. (2010): The Little Biodiversity Finance Book: A guide to proactive investment in natural capital (PINC). Oxford: Global Canopy Programme, p.84, <http://www.globalcanopy.org/go/biodiversityfinance>.
- Parrott L. (2010): Measuring ecological complexity. *Ecological Indicators*, 10:1069-1076.

- Partridge J.E. (2008): Loose smut on wheat, University of Nebraska, Lincoln, Plant Pathology Department <http://nu-distance.unl.edu/homer/disease/agron/wheat/WhLooSmut.html>.
- Paulsen M.R., Nave W.R., Gray L.E. (1981): Soybean seed quality as affected by impart damage (mechanical damage during harvest-ing). *Trans Am Soc Agric Eng* 24(6):1583–1587.
- Pearce D., Moran D. (1994): *The Economic Value of Biodiversity*, IUCN with The World Conservation Union, EARTHSCAN, Earthscan Publications Ltd, London.
- Pedigo L.P., Rice M.E. (2006): *Entomology and pest management*. 5th ed. Pearson Prentice Hall. Columbus, OH.
- Peet R.K. (1974): The Measurement of Species Diversity, *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 5:285-307.
- Peet R. (2003): The Measurement of Species Diversity, *Annual Review of Ecology and Systematics* 5(1):285-307.
- Pereira H.M., Leadley P.W., Proenca V., Alkemade R., Scharlemann J.P.W., Fernandez-Manjarres J.F., Araujo M.B., Balvanera P., Biggs R., Cheung W.W.L., Chini L., Cooper H.D., Gilman E.L., Guenette S., Hurtt G.C., Huntington H.P., Mace G.M., Oberdorff T., Revenga C., Rodrigues P., Scholes R.J., Sumaila U.R., Walpole M. (2010): Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century, *Science* 2010: 1496–1501.
- Perrings C. (1995): Biodiversity conservation as insurance. In: T.M. Swanson, editor, *The economics and ecology biodiversity decline*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. p. 69–78.
- Penčić M., Dumanović J., Radović G., Jelovac D. (1997): Značaj banke biljnih gena za selekciju, *Selekcija i semenarstvo*, vol.IV, br.1-2, 7-18, Novi Sad.
- Pérez-García F., González-Benito M.E., Gómez-Campo C. (2007): High viability recorded in ultra-dry seeds of 37 species of *Brassicaceae* after almost 40 years of storage. *Seed Sci. and Technol.*, 35, 143-153.
- Pérez-García F., Gómez-Campo C., Ellis R.H. (2009): Successful long-term ultra dry storage of seed of 15 species of *Brassicaceae* in a genebank: Variation in ability to germinate over 40 years and dormancy. *Seed Science and Technology*, 37. 640-649. 10.15258/sst.2009.37.3.12.
- Pešić R. (2002): Prirodni resursi i ekonomsko okruženje, udžbenik, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, poglavlje: Održivi razvoj, [http://www.policy.hu/pesic/GLAVA\\_1.pd](http://www.policy.hu/pesic/GLAVA_1.pd).
- Phys.org. (2019): Plant diversity increases insect diversity, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, <https://phys.org/news/2019-04-diversity-insect.html>.
- PictureThis - Botanist in your pocket; Online plant encyclopedia and plant identifier, <https://plantsam.com/ambrosia-artemisiifolia/>
- Pierik R.L.M., online: *In vitro* culture of a higher plants as a tool in the propagation of horticultural crops, *ISHS Acta Horticulturae* 226: International

- Symposium on Propagation of Ornamental Plants, [https://www.actahort.org/books/226/226\\_1.htm](https://www.actahort.org/books/226/226_1.htm).
- Pimm S.L., Jenkins C.N., Abell, R., Brooks T.M., Gittleman J.L., Joppa L.N., Raven P.H., Roberts C.M., Sexton J.O. (2014): "The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection" (PDF). *Science*. 344 (6187): 1246752.
- Pimm S.L., Brown J.H. (2004): Domains of diversity, *Science*, 304, 831-833 American Association for the Advancement of Science.
- Pimbert M.P., Pretty J.N. (1995): Parks, people and professionals: putting "participation into protected area management". United Nations Research Institute for Social Development Discussion, Paper DP 57, 2 pp.
- Pinteres, online: Native varieties, <https://www.pinterest.com/pin/359162139017045793/>
- Plant and Soil Sciences eLibraryPRO, online: The Mechanics of Recombinant DNA Gene Cloning Part 1: The Mechanics of Recombinant DNA, <http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=959197140&topicorder=14&maxto=17>.
- Plucknett D.L., Smith N.J., Williams J.T., Anishetty N.M. (1987): Genebanks and the World's Food. Princeton University Press, Princeton, pp 247.
- Popović V.A., Marjanović-Jeromela Z. Jovović S. Janković V. Filipović Lj. Kolaric V. Ugrenović Lj. Šarčević-Todosijević (2019): Lin seed (*Linum usitatissimum* L.) Production Trends in the World and in Serbia. Chapter 5. In Book Title: Serbia: Current Issues and Challenges in the Areas of Natural Resources, Agriculture and Environment. Ed. Janjev. I. NOVA Science publishers, INC., USA, p. 123-148. ISBN: 978-1-53614-897-8, ISBN: 978-1-53615-037-4 e-Book.
- Porritt J. (2006): Capitalism as if the world mattered. London: Earthscan. p. 46.
- Pocheville A. (2015): „The Ecological Niche: History and Recent Controversies”. Ed.: Heams T.; Huneman P.; Lecointre G.; et al. Handbook of Evolutionary Thinking in the Sciences. Dordrecht: Springer. crp. 547-586.
- Popova E., Shukla M., Kim H.H., Saxena P.K. (2015): Plant cryopreservation for biotechnology and breeding. In: Al-Khayri JM et al. (Eds) Advances in Plant Breeding Strategies: Breeding, Biotechnology and Molecular Tools. Springer, Switzerland, pp. 63–93.
- Potokina E.K., Vaughan E.E., Tomoola N. (2000): Population diversity of the *Vicia sativa* agg. (*Fabaceae*) in the flora of the former USSR deduced from RAPD and seed protein analyses. *Genet. Resources Crp Evol.* 47-2, 171-183.
- Power S. (2008): Field of the future, Imperial College Reporter, London, <http://www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/49981703>.
- Power S., Pete - Manning P. (2008): Field Of The Future, Ecological Experiment Simulates Conditions In 2100, *ScienceDaily*, <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/09/080926100636.htm>.
- Primack R. (2000): Extinction, Causes of. In Simon Levin, ed., *Encyclopedia of Biodiversity* volume 2. San Diego: Academic Press, 697–713.

- Priestley D.A. (1986): Seed ageing. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Pritchard H.W., Nadarajan J., Ballesteros D., Thammasiri K., Prasongsom S., Malik S.K., Chaudhury R., Kim H.H., Lin L., Li W.Q., Yang X.Y., Popova E. (2017): Cryobiotechnology of tropical seeds – scale, scope and hope. *Acta Horticulturae* 1167: 37-48.
- Pritchard H.W. (2007): Cryopreservation of desiccation tolerant seeds. *Methods in molecular biology*, 368:185-201.
- Pritchard H., Dickie J. (2003): Predicting Seed Longevity: the use and abuse of seed viability equations. In book: *Seed Conservation: Turning Science. Into: Practice*, Chapter: Predicting Seed Longevity: the use and abuse of seed viability equations, Publisher: Royal Botanic Gardens Kew, Editors: Smith RD et al, pp.653-721.
- Priyadarshi S., online: How to Measure Species Diversity? Precise Valiat Library, <http://www.biologydiscussion.com/biodiversity/how-to-measure-species-diversity/4886>.
- Prodanović S., Anđelković V., Dimitrijević M., Mladenov N., Milovanović M., Kravić N. (2009): Genetički resursi žita i kukuruza u Republici Srbiji; Upravljanje genetičkim resursima biljnih i životinjskih vrsta Srbije, Srpska akademija nauka i umetnosti, odbor za proučavanje flore i vegetacije Srbije, Međunarodnoodeljenje „Čovek i životna sredine“, knjiga izvoda, str.4.
- Probert R.J. (2003): Seed viability under ambient conditions and the importance of drying. In R.D. Smith, J.B. Dickie, S.H. Linington, H.W. Pritchard & R.J. Probert, eds. *Seed conservation: turning science into practice*, pp. 337–365. Kew, UK, Royal Botanic Gardens.
- Probert R.J., Dawes M.I., Hay F.R. (2009): Ecological correlates of *ex situ* seed longevity: a comparative study on 195 species. *Ann Bot* 104:57–69.
- Pullaiiah T., Bahadur B., Krishnamurthy K. (2015): *Plant Biodiversity. Plant Biology and Biotechnology: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement*. 1. 177-195.
- Pullin A.S. (2002): *Conservation Biology*, Cambridge University Press.

R

- Radović I., Kozomara M. (2011): *Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011 do 2018*. Izdavač: Ministarstvo zaštite životne sredine i prostornog planiranja, Beograd.
- Rao N.K., Hanson J., Dulloo M.E., Ghosh K., Nowell D., Larinde M. (2006): *Manual of seed handling in gene banks, Handbooks for Gene Banks No. 8*, Bioversity International, Rome, Italy (2006), p. 146.
- Rahbek C. (1995): “The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?”. *Ecography*. 18 (2): 200–205. doi:10.1111/j.1600-0587.1995.tb00341.
- Rahbek C., Gotelli N., Colwell R.K., Entsminger G.L., Rangel T.F.L.V.B., Graves G.R. (2007): “Predicting continental-scale patterns of bird species richness with spatially explicit models”. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 274 (1607): 165–174.



- Radinovic I., Vasiljevic S., Brankovic G., Ashyee R.S., Momirovic U., Perovic D., Surlan-Momirovic G. (2017): Molecular characterization of redclover genotypes utilizing microsatellite markers. *Chilean Journal of Agricultural Research* 77(1): 41-47.
- Rajasekharan P.E., Sahijram L. (2015): *In Vitro* Conservation of Plant Germplasm. 10.1007/978-81-322-2283, In book: *Plant Biology and Biotechnology Volume II: Plant Genomics and Biotechnology*, Edition: 1st, Chapter: *In Vitro Conservation of Plant Germplasm*, Publisher: Springer Veralag, New York, Editors: Bir Bahadur, Manchikatla Venkat Rajam, Leela Sahijram, K. V. Krishnamurthy.
- Rajjou L., Lovigny Y., Job C., Belghazi M., Groot S., Job D. (2007): Seed quality and germination. In *Seeds: Biology, Development and Ecology*. Adkins S., Ashmore S., Navie S.C. (eds) CAB International, 324–332.
- Rajjou L., Debeaujon I. (2008): Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. *C R Biol* 331: 796–805.
- Ramanujan K. (2010): “Study: Loss of species is bad for your health”, *Cornell Chronicle*, 2. December, 2010.
- Ramiro M.C., Pérez-García F., Aguinalgalde I. (1995): Effect of different seed storage conditions on germination and isozyme activity in some *Brassica* species. *Annals of Botany* 75, 579-585.
- Rao N.K., Hanson J., Dulloo M.E., Ghosh K., Nowell D., Larinde M. (2006): *Manual of Seed Handling in Genebanks*, Handbooks for Genebanks No. 8., Biodiversity International, Rome Italy.
- Rashid B., Tariq R., Khalid A., Shams F., Ali Q., Ashraf F., Ghaffar I., Islamkhan M., Rehman R., Husnain T. (2017): *Crop Improvement: New Approaches and Modern Techniques*. *Plant Gene and Trait*. 10.5376/pgt.2017.08.0003.
- Ratnasingham S., Hebert P.D. (2007): BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Molecular Ecology Notes* 7, 355–364.
- Ravan Sh., Kale M., Roy P.S. (2004): Identification of potential sites for *in situ* conservation of landraces associated with forest ecosystem - Geomatics approach <http://www.ias.ac.in/currsci/oct252004/1115.pdf>.
- Real Seed, online: Open-Source, DIY Seed Cleaner Plans, <https://www.real-seeds.co.uk/seedcleaner.html>
- Redžić S., Barudanović S., Radević M. (2008): Pregled i stanje biološke i pejzažne raznolikosti Bosne i Hercegovine. *Bosna i Hercegovina - Zemlja raznolikosti, Prvi izvještaj Bosne i Hercegovine za Konvenciju o biološkoj raznolikosti*, Federalno ministarstvo okoliša i turizma. Sarajevo.
- Redžić S. (2012): Diverzitet vrsta Bosne i Hercegovine - stanje, mogućnosti upotrebe i neophodnost održivog upravljanja, *Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine Zbornik radova/Proceedings* 22, 47-70.
- Reed B.M., Engelmann F., Dulloo M.E., Engels J.M.M. (2004): Technical guidelines for the management of field and *in vitro* germplasm collections. *Handbooks for Genebanks No. 7*. Rome, IPGRI.
- Reed B.M. (2010): *Plant cryopreservation. A practical guide*, New York, USA, Springer.

- Reid W., Miller R.K. (1989). Keeping Options Alive: The Scientific Basis for Conserving Biodiversity. XF2006297320, Research gate.
- Reid W.V., McNeely J.A., Tunstall D.B., Bryant D.A., Wonograd M. (1992): Developing Indicators of Biodiversity Conservation World Resources Institute Draft Report, Washington.
- Reid W.V. (1995): "Reversing the loss of biodiversity: An overview of international measures". Arid Lands Newsletter. Ag.arizona.edu.
- Reid W.V., Mooney H.A., Cropper A., Capistrano D., Carpenter S.R., Chopra K., Dasgupta P., Dietz T., Duraiappah A.K., Hassan R., Kasperson R., Leemans R., May R.M., McMichael A.J., Pingali P., Samper C., Scholes R., Watson R.T., Zakri A.H., Shidong Z., Ash N.J., Bennett E., Kumar P., Lee M. J., Raudsepp-Hearne C., Simons H., Thonell J., Zurek M.B. (2005): Millennium ecosystem assessment synthesis report. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Riječnik.com, online: Značenje filogeneze, <https://www.xn--rjenik-k2a.com/filogeneza>.
- Rohde K. (1978): Latitudinal gradients in species-diversity and their causes. I. A review of the hypotheses explaining the gradients. Biol. Zent. Bl., 97, 393–403.
- Rohde K. (1992): Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause, Oikos. 1992; 65:514–527.
- Romero G., Fitzsimon J., Jorge A., Sackville Hamilton R., Reaño R., Hanson J. (2010): Risk management framework for genebanks. Crop Genebank Knowledge Base. <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/management-mainmenu-434/risk-management-mainmenu-236>.
- Rosenzweig M.L. (1995): Species Diversity in Space and Time. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rosenthal E. (2010): "Russia Defers Razing of Seed Repository". New York Times.

Sackville H.R. (1995): IGER, Wales, personal communication.

- S** Sharp G. (2011): Loss of Genetic Diversity in U.S. Food Crops Sociological Images, The Society Pages, <https://thesocietypages.org/socimages/2011/07/19/loss-of-genetic-diversity-in-u-s-food-crops/>.
- Sahney S., Benton M.J. (2008): "Recovery from the most profound mass extinction of all time", Proceedings of the Royal Society B. 275 (1636): 759 -765.
- Sala O.E., Chapin F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney A., Oesterheld M., Poff N.L., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., Wall D.H. (2000): Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287:1770-1774.
- Sala O.E., Van Vuuren D.P., Pereira P., Lodge D., Alder J., Cumming G., Dobson A., Wolters V., Xenopoulos M.A., Zaitsev A.S., Polo M.G., Gomes I., Queiroz C., Rusak J.A. (2006): Biodiversity across scenarios, in: Carpenter,

- S., Pingali, P. (Eds.), *Ecosystems and Human WellBeing: Scenarios*. Island Press, Washington D.C., USA.
- Salem Ahsyee R., Al-Sloge O., Čalić I., Branković G., Zorić M., Momirović U., Vasiljević S., Šurlan-Momirović G. (2013): Genetic diversity of alfalfa domesticated varietal populations from Libyan genbank revealed by the RAPD markers. *Archives of Biological Sciences* 65(2): 595-602.
- Santos I.R.I., Stushnoff C. (2002): Cryopreservation of embryonic axes of *Citrus* species by encapsulation-dehydration. *Plant Genetic Resources Newsletter* 131:36-41.
- Sasaki K., Fukuta Y., Sato T. (2005): Mapping of quantitative trait loci controlling seed longevity of rice (*Oryza sativa* L.) after various periods of seed storage. *Plant Breed* 124: 361–366.
- Schery R.W. (1972): *Plants for Man*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Schemske D. (2002): Tropical diversity: patterns and processes. In: *Ecological and Evolutionary Perspectives on the Origins of Tropical Diversity: Key Papers and Commentaries* (eds. Chazdon, R. & Whitmore, T.). University of Chicago Press, Chicago, IL, pp. 163–173.
- Schwember A.R., Bradford K.J. (2010): Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. *J Exp Bot.* 61: 4423–4436.
- ScienceDaily (2007): New Study Finds Biodiversity Conservation Secures Ecosystem Services For People, Adapted from materials provided by Conservation International, via EurekAlert!, a service of AAAS.<http://www.sciencedaily.com/releases/2007/12/071205131149.htm>.
- Science direct (2019): Plant Biodiversity, Learn more about Plant Biodiversity, Elsevier B.V., <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/plant-biodiversity>.
- Schneider A.A. (1997): *Sunflower Technology and Production*, The American Society of Agronomy No. 35, 1-19., <http://www.sunflowernsa.com/all-about/default.asp?contentID=41>.
- Scott G.A. (1981): Improvement for response of seed in maize populations. *Crop Science*, 21, 41-43.
- SDG (2017): Sustainable Development Goals Report 2017, Sustainable Development Goals <https://unstats.un.org/sdgs/report/2017/Overview/>.
- Seed R.B., Cetin K.O., Moss R.E.S., Kammerer A.M., Wu J., Pestana J.M., Riemer M.F., Sancio R.B., Bray J.D., Kayen R.E., Faris A. (2003): Recent Advances in Soil Liquefaction Engineering: A Unified and Consistent Framework, Earthquake Engineering Research Center, Report No. EERC 2003-06, [https://www.anniekammerer.com/resources/Paper-downloads-liquefaction/eerc\\_2003\\_06.pdf](https://www.anniekammerer.com/resources/Paper-downloads-liquefaction/eerc_2003_06.pdf).
- Sharp G. (2011): Loss of Genetic Diversity in U.S. Food Crops Gwen Sharp, on line <https://thesocietypages.org/socimages/2011/07/19/loss-of-genetic-diversity-in-u-s-food-crops/>.

- Shrestha P., Shrestha P., Subedi A., Peroni N., de Boef W. (2013): Community biodiversity management: defined and contextualized, [https://www.researchgate.net/publication/253327763\\_Community\\_biodiversity\\_management\\_defined\\_and\\_contextualized](https://www.researchgate.net/publication/253327763_Community_biodiversity_management_defined_and_contextualized).
- Sigmar G. (2007): Biodiversity 'fundamental' to economics, VIEWPOINT, BBC News :Plants for Man, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Sigmar G. (2007a): "30% of all species lost by 2050". BBC News.
- Simpson R.D. (2002): Definitions of Biodiversity and Measures of Its Value, Resources for the Futures, <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/10551/1/dp020062.pdf>.
- Singh J.N., Setia R.K. (1974): The germination of different qualities of soybean seeds under varying storage conditions. Bull. Grain Technol. 12, 3-10. Crop Science 23, 5-8.
- Sivolap Y.M., Solodenko A.E. (2006): Inter - and intra species differentiation in the genus *Helianthus* by RAPD analysis. CAB International.
- Službeni glasnik R.S. (2004): Zakon o zaštiti životne sredine; Službenom glasniku RS 34; br. 135/2004 i 36/2009.
- Službeni glasnik R.S. (2005): Zakon o Vladi, Službeni glasnik R.S., br. 55/05, 71/05.
- Službeni glasnik R.S. (2007): Zakon o Vladi, Službeni glasnik R.S., br. 101/07, ispravka.
- Službeni glasnik R.S. (2008): Zakon o Vladi, Službeni glasnik R.S., br. 65/08, ispravka.
- Službeni glasnik R.S. (2009): Zakon o bezbednosti hrane, Službeni glasnik R.S. br. 41/09.
- Službeni glasnik R.S. (2009d): Zakon o zaštiti prirode, Sl. glasnik RS, br. 36/2009.
- Službeni glasnik R.S. (2009e): Zakon o zaštiti životne sredne, Sl. glasnik RS, br. 36/2009 – 144.
- Službeni glasnik R.S. (2009f): Zakon o zaštiti životne sredne, Sl. glasnik RS, br. 36/2009 – 115.
- Službeni glasnik R.S. (2009g): Zakon o zaštiti životne sredne, Sl. glasnik RS, br. 72/2009 – 164.
- Službeni glasnik R.S (2010): Zakon o zaštiti prirode, Sl. glasnik RS, br. 88/2010, ispravke
- Službeni glasnik R.S (2010a): Zakon o zaštiti prirode, Sl. glasnik RS, br. 91/2010, ispravke.
- Službeni glasnik R.S. (2011a): Zakon o zaštiti životne sredne, Sl. glasnik RS, br. 43/ 2011 - 88.
- Službeni glasnik R.S. (2011b): Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011 do 2018, Sl. glasnik RS, br. 13/ 2011.
- Službeni glasnik R.S. (2011 c): Zakon o zaštiti oplemenjivača biljnih sorti, Sl. glasnik RS, br. 41/2009 i 88/2011

- Službeni glasnik R.S. (2016a): Zakon o zaštiti životne sredne, Sl. glasnik RS, br. 14/2016 – 3.
- Službeni glasnik R.S. (2013): Zakon o potvrđivanju međunarodnog ugovora o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu, Sl. glasnik RS - Međunarodni ugovori, 1/2013.
- Službeni glasnik R.S. (2016a): Zakon o izmenama i dopunama zakona o zaštiti prirode, Sl. glasnik RS”, br. 14/2016.
- Službeni glasnik R.S. (2018): Zakon o planskom sistemu Republike Srbije, Sl. glasnik R.S 30/2018.
- Službeni glasnik R.S. (2018a): Zakon o zaštiti prirode, Sl. glasnik R.S. 95/2018.
- Službeni glasnik R.S. (2018b): Zakon o zaštiti životne sredne, Sl. glasnik RS, br. 95/2018 - 267.
- Službeni glasnik R.S. (2018c): Zakon o planskom sistemu Republike Srbije Sl. glasnik RS, br. 30/2018.
- Smar N.A. (2003): *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, Pages 2832-2842, Academic Press.
- Sonowaski S., Kumar P. (1999): Effect of dynamic loading on the quality of soybean. *Int Agro Phys* 13(1):125–132.
- Spector T. (2012): *Identically Different: Why You Can Change Your Genes*. Weidenfeld & Nicolson, London.
- Spencer R., Cross R. (2017): “The origins of botanic gardens and their relation to plant science with special reference to horticultural botany and cultivated plant taxonomy”.
- Spiegel, online (2008): The Value of Nature, How to Protect Biodiversity, Spiegel International, <https://www.spiegel.de/international/world/the-value-of-nature-un-conference-divided-over-how-to-protect-biodiversity-a-556727.html>.
- Sponenberg D. Ph. (2000): “Genetic Resources and Their Conservation”. In Bowling, Ann T., Ruvinsky A. (2014): *The Genetics of the Horse*. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing. pp. 392–393.
- Stephenson G., Ferris I., Holland P., Nordberg M. (2006): Glossary of terms relating to pesticides (IUPAC Recommendations 2006). *Pure and Applied Chemistry - PURE APPL CHEM*. 78. 2075-2154. 10.1351/pac200678112075.
- Stevanović V. (ed.) (1999): *Crvena knjiga Flore Srbije, I tom*. Ministarstvo za životnu sredinu Republike Srbije, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za zaštitu prirode Republike Srbije, Beograd.
- Stohlgren T.J. (2006): *Measuring Plant Diversity, Lessons From the Field*, Oxford University Press.
- Stojanovic B. (2018): Stara botanička bašta “Jevremovac”: Oaza prirode u srcu Beograda, AA Balkan.
- Stork N.E. (2018). “How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth?”, *Annual Review of Entomology*. 63 (1): 31–45.

- Sukhdev P. (2013): The Economics of Ecosystem and Biodiversity, The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB), <http://www.teebweb.org/about/teeb-study-leader/>
- Suurkula J. (2004): World-wide cooperation required to prevent global crisis; Part one - the problem, Physicians and Scientists for Responsible Application of Science and Technology, <http://www.globalissues.org/article/171/loss-of-biodiversity-and-extinctions>.
- Svalbard Global Seed Vault, online: Safeguarding seeds for the future, <https://www.seedvault.no/>.
- Sweetlove L. (2014): Number of species on Earth tagged at 8.7 million". Nature, Macmillan Publishers Limited.
- Szabo J.K., Butchart S.H.M., Possingham H.P, Garnett S.T. (2012): Elsevier Adapting global biodiversity indicators to the national scale: A Red List Index for Australian birds, <http://www.bipindicators.net/LinkClick.aspx?fileticket=CfHxLPHIKec%3D&tabid=382>.

**Š**škorić D., Kovačev L. (1995): Germplazma u oplemenjivanju suncokreta i šećerne repe u narednih deset godina. Zborniku abstrakta „Prvi simpozijum za oplemenjivanje organizama“, Vrnjačka Banja, 8-11. novembar 1995.

Šurlan-Momirović G., Katić S., Vasiljević S., Nikolić Z., Branković G., Čalić I., Milić D., Mikić A. (2010): Primena genetičkih markera u oplemenjivanju višegodišnjih leguminoza. Ratarstvo i povrtarstvo, 47 (2), 417-424.

**T**Tatić M., Balešević-Tubić S., Đorđević V., Nikolić Z., Đukić V., Vujaković M., Cvijanović G. (2011): Soybean seed viability and changes of fatty acids content as affected by seed aging, African Journal of Biotechnology Vol. 11(45), pp. 10310-10316.

TEEB, online: The Economics of Ecosystems and Biodiversity, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, <http://www.teebweb.org/>.

Terborgh J. (1973): On the notion of favorableness in plant ecology. Am. Nat., 107, 481-501.

Terzić S., Atlagić J. (2013): Korišćenje genetičkih resursa suncokreta u NS oplemenjivačkim programima, Zbornik referata 47. Savetovanje agronoma Srbije Zlatibor, 3.-9.2.2013, str. 45-52.

Thorpe D. (2014): The Importance of Ecotones, <https://www.eoi.es/blogs/davidthorpe/2014/01/16/the-importance-of-ecotones/>.

Thuiller W., Münkemüller T., Lavergne S., Mouillot D., Mouquet N., Schiffrers K., Gravel D. (2013): A road map for integrating eco-evolutionary processes into biodiversity models, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3790307/>.

Tilman D., Lehman C. (2001): Human-caused environmental change: Impacts on plant diversity and evolution, PNAS May 8, 2001 98 (10) 5433-5440;

- <https://doi.org/10.1073/pnas.091093198>. thwink.org. (2014): Economics Sustainability, Sustainable problems, <http://www.thwink.org/sustain/glossary/EconomicSustainability.htm>.
- Tomić Z., Đukić D., Katić S., Vasiljević S., Mikić A., Milić D., Lugić Z., Radović J., Sokolović D., Stanisavljević R. (2005): Genetic resources and improvement of forage plants in Serbia and Montenegro. *Acta Agriculturae Serbica*, X: 19, 3 – 16.
- Tomić Z., Sokolović D., Lugić Z., Radović J., Vasiljević S., Milić D., Mikić A. (2009): Genetički resursi krmnog bilja, Upravljanje genetičkim resursima biljnih i životinjskih vrsta Srbije, Srpska akademija nauka i umetnosti, odbor za proučavanje flore i vegetacije Srbije, Međunarodnoodeljenje „Čovek i životna sredine“, knjiga izvoda, str.6.
- Tomić Z., Sokolović D., Radović J., Lugić Z. (2010): Genetic resources in Serbia, main aspect on forages (Serbia). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26 (spec.issue): 115-131.
- Töpfer K. (2008): Protecting Biodiversity Is Critical to Mankind's Survival', The interview was conducted by Rafaela von Bredow and Sebastian Knauer, Spiegel, [www.spiegel.de/international/world/0,1518,555091,00.html](http://www.spiegel.de/international/world/0,1518,555091,00.html).
- Tošić S. (2018): Kultura biljnih tkiva *in vitro* - način da sačuvamo nasleđe. Prirodno-matematički fakultet u Nišu, Departman za biologiju, Niš. Noć istraživača, Niš
- Towill L.E., Walters C. (2000): Cryopreservation of pollen. In. (eds.) Engelmann F & Takagi H, Cryopreservation of tropical plant germplasm– Current research progress and application. Japan International Research Centre for Agricultural Sciences, Tsukuba, Japan. pp. 115–129.
- Townsend C.R., Harper J.L., Begon M. (2000): *Essentials of Ecology*. Blackwell Science, Oxford Oxford, U.K. 553 pp.
- Treuren R., Hintum T.J.L. (2014): Next-generation genebanking: plant genetic resources management and utilization in the sequencing era. *Plant Genet Resour* 2014;12: 298–307.
- Turelli M.N., Barton N.H, Coyne J.A. (2001): Theory and speciation. *Trends Ecol. Evol.* 2001;16:330–343. doi:10.1016/S0169-5347(01)02177-2.
- Turner R.W, Brandon K., Brooks T., Costanza R., Fonseca G., Portela R. (2007): Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience*. 57. 868-873. 10.1641/B571009.
- Tuomisto H. (2010): A consistent terminology for quantifying species diversity? Yes, it does exist. *Oecologia* 4: 853-860.

**U**dayangani L., Breman E., Cossu T.A., Kenney S. (2018): The conservation value of germplasm stored at the Millennium Seed Bank, Royal Botanic Gardens, Kew, UK, *Biodiversity and Conservation*. 10.1007/s10531-018-1497-y.

Udruženje građana (2004): Dan zaštite životne sredine, Škola za opstanak, Ekološko društvo ENDEMIT.

- UN (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future - A/42/427 Annex - UN Documents: Gathering a body of global agreements, United Nations General Assembly, United Nations.
- UN (1992): Convention on Biological Diversity, United Nations.
- UN (2005): United Nations General Assembly, 2005 World Summit Outcome, Resolution A/60/1, adopted by the General Assembly on 15 September 2005; United Nations.
- UN (2007): TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity, United Nations Environment Programme, United Nations.
- UN (2011): Convention on Biological Diversity, Resolution adopted by the General Assembly on 20 December 2010 (on the report of the Second Committee (A/65/436/Add.6)] 65/161), United Nations.
- UN (2013): World Economic and Social Survey 2013, Sustainable Development Challenges, Department of Economic and Social Affairs, United Nations.
- UN (2018): Why Biodiversity is Essential for Sustainable Development, UN Foundations.
- UN, online: International Conference, on Plant Genetic Resources, Leipzig, from 17-23 of June, 1996, United Nations, <https://www.un.org/press/en/1996/19960613.fao3635.html>.
- UN, online, a: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, Preamble, Sustainable Development Goals, Sustainable Development Goals, Knowledge Platform, UN, <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- UN-CBD (2002): Biodiversity Action Plan [http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiversity\\_Action\\_Plan](http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiversity_Action_Plan), United Nations.
- Understanding Evolution, online: Relevance of evolution: Conservation, Low genetic variation, Understanding Evolution, California Academy of Sciences, [http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/conservation\\_04](http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/conservation_04).
- UNDP Srbija (2020): Sustainable Development Goals, What are the Sustainable Development Goals?, <https://www.rs.undp.org/content/serbia/en/home/sustainable-development-goals.html>
- UNEP (1995): Global Biodiversity Assessment, The United Nations Environment Programme (UNEP), <https://www.un.org/press/en/1995/19951114.he916.html>.
- Upadhyaya H.D., Gowda C.L.L. (2009): Managing and enhancing the use of germplasm – strategies and methodologies. Technical Manual No. 10, Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- UPOV (2004): IPGRI and UPOV find common ground, the International Union for the Protection of New Varieties of Plants, 1-3, \$ASQUPOV 5 (May\_19\_2004).doc
- US EPA (2020): Pesticides, United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/pesticides>.



- Vaandrager P., Boers G.J. (1994): The world seed market: developments and strategy. Rabobank Nederland agribusiness research in association with Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, and Agricultural Economic Institute, 54 pp.
- Van Emden H.F., Pealall D.B. (1996): *Beyond Silent Spring*, Chapman & Hall, London, str. 322.
- Van Gaasbeek A.F., Heijbroek A.M.A., Vaandrager P., Boers G.J. (1994): The World Seed Market Developments and Strategy, Rabobank Nederland , Agribusiness Research, Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, Netherland.
- Van der Valk A. (2011). "Origins and Development of Ecology". In Kevin deLa- plante; Bryson Brown; Kent A. Peacock (eds.). *Philosophy of Ecology*. Hand- book of the Philosophy of Science. 11. Amsterdam: Elsevier. pp. 25–48.
- Van Vuuren D.P., Sala O.E., Pereira H.M. (2006): The Future of Vascular Plant Diversity Under Four Global Scenarios, *Ecology and Society* 11(2): 25. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art25/Island>.
- Vandermeer J.H. (2011): *The Ecology of Agroecosystems*. Jones & Bartlett Le- arning. ISBN 978-0-7637-7153-9.
- Vasil I.K., Vasil V. (1972): Totipotency and embryogenesis in plant cell and tissue cultures, *cell research*, Volume 8, Issue 3, pp 117–125.
- Vasić M., Ilić Z., Gvozdanić J., Moravčević Đ., Pavlović N., Cvikić D., Anač- kov G., Červenski J., Zdravković M. (2009): Genetički resursi povrća u Srbiji, Srpska akademija nauka i umetnosti, odbor za proučavanje flore i vegetacije Srbije, Međunarodnoodeljenje Čovek i životna sredina, knjiga izvoda, str.4.
- Vasić M., Pavlović N., Gvozdanić-Varga J., Ilić Z., Moravčević Đ., Zdravko- vić M., Cvikić D., Červenski J., Anačkov G. (2011): SEEDNet (2004-2010) u genetskim resursima povrća u Srbiji. Zbornik radova XVI Savetovanja o biotehnologiji, Čačak, 4-5 mart 2011, 145-151.
- Vasić M., Gvozdanić-Varga J., Milošević M., Ilić Z., Moravčević Đ., Červenski J., Savić A., Stojanović A. (2015): Organizacija kolekcionisanja i očuvanja gentskih resursa Zbornik apstrakata, Osmi naučno-stručni skup iz selekcije i semenarstva Društva selekcionera i semenara Republike Srbije "Genetički resursi, oplemenjivanje i semenarstvo u poljoprivredi Srbije – stanje i per- spektive", 28. i 29. maja 2015. godine, Beograd/Srbija, 7-9. ISBN: 978-86- 918859-0-8.
- Vasilevich V.I. (2009): Species diversity of plants, *Cotemporary Problems of Ecology*, Volume2, Issue 4, pp 297–303
- Vasiljević S., Mikić A., Mihailović V., Katić S., Milić D., Karagić Đ., Milošević B. (2012): Characterization and utilization of red clover (*Trifolium pratense* L.) collection in Novi Sad Book of Abstracts. I International Symposium and XVII Scientific Conference of Agronomists of Republic of Srpska. Trebinje, Bosnia and Herzegovina, March 19-22, 2012, 293.
- Vavilov N.I. (1926): Centers of origin of cultivated plants // *Origin and geograp- hy of cultivated plants*. Leningrad. 1987: 33-127. Vellve R. (1993): The decli-

- ne of diversity in European agriculture, *Ecologist*. Vol. 23, no. 2, pp. 64-69.
- Venail P.A., MacLean R.C., Bouvier T., Brockhurst M.A., Hochberg M.E., Mouquet N. (2007): Diversity and productivity peak at intermediate dispersal rate in evolving metacommunities, *Nature* 452, 210-21.
- Venail P.A., MacLean R.C., Bouvier T., Brockhurst M.A., Hochberg M.E., Mouquet N. (2008): When Evolution Tends To Maximize The Diversity And Functioning Of Ecosystem, material used: Functional Diversity and Productivity Peak at Intermediate Levels of Dispersal in Evolving Metacommunities, *ScienceDaily*.
- Veselinović J., Milošević M., Počuča S. (2014): Međunarodni ugovor o biljnim genetičkim resursima za hranu i poljoprivredu kao osnov za ograničenje intelektualne svojine oplemenjivača u Srbiji. *Ekonomika poljoprivrede*, vol. 61, br. 1, str. 211-223.
- Volk M.G., online: Collecting pollen for genetic resources conservation, CGKB News and events, <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/178-procedures/collecting/654-chapter-25-collecting-pollen-for-genetic-resources-conservation>
- Volis S. (2017): Conservation utility of botanic garden living collections: Setting a strategy and appropriate methodology, *Plant Divers.* 2017 Dec; 39(6): 365–372.
- Vollmer R., Villagaray R., Egusquiza V., Espirilla J., García M., Torres A., Rojas E., Panta A., Barkley N.A., Ellis D. (2016): The potato cryobank at the International Potato Center (CIP): A model for long term conservation of clonal plant genetic resources collections of the future. *CryoLetters* 37: 318-329.
- Vox contribute, online: How do you make a GMO, anyway? <https://www.vox.com/2014/11/3/18092720/how-do-you-make-a-gmo-anyway>
- Vozzo J.A. (ed) (2002): *Tropical tree seed manual*. Washington, DC: USDA Forest Service; *Agriculture Handbook* 721.
- Vuković M., Voza D., Sokić M., Štrbac N. (2012): Održivi razvoj i zaštita životne sredine *Reciklaža i održivi razvoj* 5 (2012), 18 - 29.

- W** Walcott R.R. (2003): Detection of seedborne pathogens. *HortTechnology*, 13 (1), 40–47.
- Wallace A.R. (1878): *Tropical Nature and Other Essays*. Macmillan, New York.
- Walters C., Engels J. (1998): Effect of storing seeds under extremely dry conditions. *Seed Science Research* 8, 3-8.
- Walters C., Towill L. (2004): “Seeds and Pollen” (PDF). *Agricultural Handbook Number 66 The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. USDA-ARS, National Center for Genetic Resources Preservation Preservation of Plant Germplasm Research, Fort Collins, CO.
- Walters C., Wheeler L.M., Grotenhuis J.M. (2005): Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics, *Seed Science Research*, Volume 15, Issue 1 March 2005, pp. 1-20.

- Walters C., Hill L.M., Wheeler L.J. (2005a): Dying while dry: kinetics and mechanisms of deterioration in desiccated organisms. *Integr Comp Biol.* 45: 751–758.
- Wambugu P.W., Ndjiondjop M.N., Henry R.J. (2018): Role of genomics in promoting the utilization of plant genetic resources in genebanks, *Brief Funct Genomics.*; 17(3): 198–206.
- Wang X.F., Jing X.M., Lin J. (2005): Starch mobilization in ultradried seed of maize *Zea mays* L. during germination. *J. Integr. Pl. Biol.*, 2005; 47:443–451.
- Wang Z., Gerstein M., Snyder M. (2009): RNA-Seq: a revolutionary tool for transcriptomics. *Nature Rev. Genetics* 10(1): 57–63.
- Wang W., He A., Peng S., Huang H., Cui K., Nie L. (2018): Effect of Storage Condition and Duration on the Deterioration of Primed Rice Seeds, *Front Plant Sci.* 2018; 9: 172.
- Wang J., Cadotte M.W., Yuxin C., Fraser L.H., Yuhua, Fengmin H., Shan L., Nayun S, Loreau M. (2019): Global evidence of positive biodiversity effects on spatial ecosystem stability in natural grasslands, *Nature Communications* volume 10, Article number: 3207.
- Watson G.W. (1993): North American botanic gardens. *Hortic. Rev.* 1993; 15:1–62.
- Watson J.W., Eyzaguirre P.B. (2001): Proceedings of the Second International Home Gardens Workshop, 17–19 July 2001, Witzenhausen, Federal Republic of Germany (IPGR).
- WCED (1987): Report of the World Commission on Environment and Development, Development and International Co-operation: Environment: Our Common Future. UN Documents, Gathering a body of global agreements, [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/UN%20WCED%201987%20Brundtland%20Report.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/UN%20WCED%201987%20Brundtland%20Report.pdf).
- Weise S., Oppermann M., Maggioni L., Hintum T., Knüpfner H. (2017): EU-RISCO: The European search catalogue for plant genetic resources. *Nucleic Acids Research.* 45. D1003-D1008. 10.1093/nar/gkw755.
- Wenninger E., Inouye R. (2008): Insect community response to plant diversity and productivity in a sagebrush-steppe ecosystem. *Journal of Arid Environments.* 72. 24–33. 10.1016/j.jaridenv.2007.04.005.
- Westmoreland P. (1999): Strategies for the Conservation of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Institute for Agriculture and Trade Policy, Institute for Agriculture and Trade Policy – IATP, Minneapolis | Washington, D.C. | Berlin.
- Whitehouse K.J., Hay F.R., Ellis R.H. (2015): Increases in the longevity of desiccation-phase developing rice seeds: Response to high-temperature drying depends on harvest moisture content. *Annals of botany.* 116. 10.1093/aob/mcv091.
- Whittaker R.H. (1969): New concepts of kingdoms or organisms. Evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdoms, *Science* 163, Issue 3863, 150–160.

- Whittaker R.H. (1977): Evolution of species diversity in land communities. *Evolutionary Biol.*10, 1-67.
- WHO/CBD (2015): Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health, a State of Knowledge Review, World Health Organization (WHO) and Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Wien H.C., Kueneman E.A. (1981): Soybean seed deterioration in the tropics, II. Varietal differences and techniques for screening. *Field Crop Res* 4:123–132.
- Wikimedia Commons (2013): Genomic Library Construction. Png, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Genomic\\_Library\\_Construction.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Genomic_Library_Construction.png).
- Wikimedia Commons, online: Ligularia Pollen.jpg, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ligularia\\_Pollen.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ligularia_Pollen.jpg).
- Willig M.R., Kaufman D.M., Stevens R.D. (2003): Latitudinal Gradients of Biodiversity: Pattern, Process, Scale, and Synthesis *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* Vol. 34:273-309.
- Williams P.H., Vane-Wright R.I., Humphries C.J. (1991): Measuring Biodiversity for Choosing Conservation Areas' in LaSalle, J (ed) *Hymenoptera and Biodiversity* CAB International.
- William M., Ynouye C. (2007): Indigenous Andean Root and Tuber crops: New Foods for the New Millennium. *Chroica Horticulturae*, vol. 47, N°4, 13-19.
- Wilson E.O. (1988): *Biodiversity*, Washington, DC: The National Academies Press.
- Wilson E.O., Peter F.M. (1988): *Biodiversity*, Washington D.C., National Academy Press.
- Wilson J.-J., Kong-Wah Sing K.-W., Jaturas N. (2019): DNA Barcoding: Bioinformatics Workflows for Beginners, *DNA Barcoding: Bioinformatics Workflows for Beginners*.
- Wiens J.J., Donoghue M.J. (2004): Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends Ecol. Evol.*, 19, 639–644.
- Wilcox B.A. (1984): *In situ* conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements. In *National Parks, Conservation and Development, Proceedings of the World Congress on National Parks*, J.A. McNeely and K.R. Miller, Smithsonian Institution Press, pp. 18-30.
- Wikiwand, online: *Phytophthora infestans*, [https://www.wikiwand.com/en/Phytophthora\\_infestans](https://www.wikiwand.com/en/Phytophthora_infestans)
- Wikipedia, online: Genom, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Genom>.
- Wikipedia, online, a: Krompirova zlatica, [https://sr.wikipedia.org/sr-el/krompirova\\_zlatica](https://sr.wikipedia.org/sr-el/krompirova_zlatica)
- Wikipedia, online, b: Stršljen, <https://sr.wikipedia.org/sr-el/stršljen>
- Wilson E.O. (1992): *The Diversity of Life*, Norton, New York.
- WIPO (2015): *Intellectual Property and Genetic Resources, Traditional Knowledge and Traditional Cultural Expressions*, World Intellectual Property Organization, Geneva, [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/tk/933/wipo\\_pub\\_933.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/tk/933/wipo_pub_933.pdf).

- WIPO, online: Genetic resources, World Intellectual Property Organization, Geneva, <http://www.wipo.int/tk/en/genetic/>.
- Wolfe M. (1992): Barley diseases: Maintaining the value of our varieties. *Barley Genetics VI*, vol. II, p. 1055-1067.
- WorldAtlas.com (2019): How Many Species Of Insects Are There?, <https://www.worldatlas.com/articles/how-many-species-of-insects-are-there.html>.
- Wozny D.C. (2017): Identification and Characterization of Seed Longevity Genes in Barley (*Hordeum vulgare*) Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln vorgelegt von Dorothee Charlotte Wozny aus Heidelberg Köln, 2017.
- Wyse J.P., Sutherland L. (2013): Role of Botanic Gardens. 10.1016/B978-0-12-384719-5.00392-0. In book: *Encyclopedia of Biodiversity*, pp.504-521.
- Wyse J. (2019): online: Peru gene bank protects world's potatoes, *The Seattle Times*, <https://www.seattletimes.com/nation-world/peru-gene-bank-protects-worlds-potatoes/>.

- Y** Yadav S.S., McNeil D.L., Stevenson P.C. (2007): *Fumigation/Low Temperature Treatment to control storage pests*, Springer.
- Yong-Bi Fu (2017): *The Vulnerability of Plant Genetic Resources Conserved Ex Situ*, *Crop Science Society of America*, Vol. 57 No. 5, p. 2314-2328.
- Young T.P., Petersen D.A., Clary J.J. (2005): "The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms". *Ecology Letters*. 8 (6): 662-673.

- Z** Zasavica, online : Zasavica, specijalni rezervat prirode, <https://www.sremturizam.org/mreza/28-galerije/57-zasavica-galerija-fotografija.html>
- Zasavica, online, a: Zasavica, specijalni rezervat prirode, <http://www.zasavica.org.rs/>
- Zdravković M. (2011): *Genetički resursi povrća u Srbiji*, Srpska akademija nauka i umetnosti, odbor za proučavanje flore i vegetacije Srbije, Međunarodnoodeljenje „Čovek i životna sredine“, knjiga izvoda, str.4.
- Zeven A.C. (1998): "Landraces: A Review of Definitions and Euphytica 104 (2): 127-139.
- Zheng G.H., Yan Y.T., Zhang Q.C. (1988): *Studies on the imbibitional chilling injure and the reparation of damaged membrane systems insoybean seeds*. *Sci. Sin.* 31:45-53.
- Zhukovsky P.M. (1971): *Cultivated plants and their wild relatives*. Leningrad. 751 pp.
- 4ESO (2013): *Pangea's history*, A Blog about our Biology and Geology class no 14, <https://4eso6phymodee.wordpress.com/2014/06/15/pangeas-history/>.