

Srbobran Stojanović
Jovanka Stojanović
Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija", Beograd
Centar za strna žita, Kragujevac
Radivoje Jevtić
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

UDK: 581.6:633.16:632.4
AGRIS: F30 H20 0110
Originalni naučni rad

EFIKASNOST GENA OTPORNOSTI JEČMA PREMA PROUZROKOVAČU PEPELNICE

U radu je dat pregled efikasnosti nekih Ml gena otpornosti ječma prema prozrokovaču pepelnice u pet lokaliteta na području Srbije (Kragujevac, Zaječar, Kruševac, Vršac i Peć). Utvrđeno je da su najefikasniji bili geni Ml-a16, Ml-a17, Ml-a18, Ml-a19 i ml-05. Zadovoljavajući stepen efikasnosti ispoljili su i Ml-a, Ml-a3, Ml-a9, Ml-a13, Ml-p i Ml-at, dok su ostali geni (Ml-a6, Ml-a8, Ml-a12, Ml-g, Ml-c, Ml-k, Ml-nn, Ml-41/145, Ml-h i Ml-La) bili neefikasni.

Ključne reči: pepelnica, ječam, geni otpornosti, efikasnost

Uvod

Pepelnica je veoma rasprostranjena bolest ječma u Srbiji. Sreće se svuda gde se on gaji, a često pričinjava značajne štete. Pored smanjenja prinosa zrna, pogoršava i kvalitet. Dobri rezultati u suzbijanju ove bolesti mogu se ostvariti primenom sistemskih fungicida i gajenjem otpornih sorata (Brown i Wolfe, 1990). Prednost se daje gajenju otpornih sorata, jer se time postiže efikasna i ekološki opravdana zaštita.

U selekciji ječma na otpornost prema ovoj bolesti primenjuju se različite strategije. Osnovni cilj svih je da se intenzitet razvoja bolesti zadrži na niskom nivou i tako obezbedi stabilna proizvodnja. Jedna od značajnih strategija je ugrađivanje više major gena otpornosti u jednu sortu (Кривченко, 1987). Na stvaranju takvih sorata intenzivno se radi i u našoj zemlji.

Cilj ovih istraživanja bio je da se utvrdi efikasnost pojedinih Ml gena otpornosti u različitim lokalitetima u Srbiji.

Materijal i metod rada

Ispitivanja su obavljena u 1991. i 1992. godini u pet lokaliteta na području Srbije (Kragujevac, Zaječar, Kruševac, Vršac i Peć). U ovim lokalitetima sejane su linije i sorte ječma sa različitim genima otpornosti: Iso 1R (Ml-a), Iso 20R (Ml-a3), Voldagsen 8141/44 (Ml-a6), Pallas (Ml-a8), Roland (Ml-a9), Emir (Ml-a12), Tanina (Ml-a13), H. spontaneum (Ml-a16, Ml-a17, Ml-a18, Ml-a19), Union (Ml-g), Riso 5678 (ml-05), HOR

1657 (MI-c), HOR 1063 (MI-k), Nigrinudum (MI-nn), Psaknon (MI-p), Atlas (MI-at), Weihestephan 41/145 (MI-41/145), Iso 3R (MI-h) i Lofa (MI-La). Kao kontrola služila je osetljiva sorta Haisa. Setva je vršena u redove dužine 1m sa međurednim rastojanjem od 25 cm. Oko ogleđa u dva reda sejana je sorta Haisa, koja je imala ulogu hvatanja, razmnožavanja i rasejavanja inokuluma. Tokom vegetacije primenjivane su uobičajene agrotehničke mere.

Veštačke inokulacije prevalentnim kulturama gljive vršene su jedino u lokalitetu Kragujevac. Umnožavanje inokuluma obavljeno je u staklari na sorti Haisa. Rano u proleće inficirane mlade biljke su iznošene u polje i sađene kraj raznosača. Sa njih se inokulum najpre širio na susedne biljke raznosača, a zatim i na biljke ispitivanih genotipova ječma.

Tokom vegetacije praćena je pojava i tok razvoja pepelnice. U periodu maksimalnog razvoja vršeno je ocenjivanje reakcija biljaka ispitivanih genotipova. Određivani su tipovi infekcije (0-4) po skali M a i n s i D i e t z (1930) i intenzitet napada (0-100%). Tipovi infekcije su bliže određivani pojavom krupnih (N) ili sitnih (n) nekrotičnih pega i imaju sledeća značenja:

- 0 - vrlo otporan (VR)
- 1 - otporan (R)
- 2 - srednje otporan (MR)
- 3 - srednje osetljiv (MS)
- 4 - vrlo osetljiv (VS).

Na osnovu dobijenih parametara izračunavan je koeficijent infekcije, tako što su vrednosti intenziteta napada množene odgovarajućim koeficijentima tipova infekcije (za tip 0=0, za 1=0,2 za 2=0,4 za 3=0,8 i za 4=1,0).

Rezultati i diskusija

Broj gena koji uslovljavaju otpornost ječma prema prouzrokovaču pepelnice je veliki. S ø g a a r d i J ø r g e n s e n (1987) daju listu simbola za oko 150 gena otpornosti, koje su različiti autori označavali sa Pm, Ml, JMI ili Er. Danas je opšteprihvaćena oznaka Ml (od mildew - pepelnica). Broj gena otpornosti u jednoj sorti može da bude različit, od jednog do nekoliko. Za proučavanja međudnosa parazit-domaćin na osnovama teorije "gen-za-gen", stvaranje izogenih linija je bilo od prvorazrednog značaja. B r i g g s i S t a n f o r d (1938) su prvi utvrdili da sorta Algerian poseduje gen Ml-a (loc. cit. M o s e m a n i J ø r g e n s e n , 1971). Kasnijim istraživanjima je pokazano da na lokusu Ml-a postoji više alela (od Ml-a2 do Ml-a19). M o s e m a n (1972) je stvorio 10 linija sa različitim pojedinačnim major genima otpornosti. K ø l s t e r et al. (1986) su ovu listu proširili stvaranjem 24 izogenih linija. Neke od njih su korišćene u ovim istraživanjima.

Dobijeni rezultati pokazuju da je efikasnost ovih gena prema prouzrokovaču pepelnice različita (tab. 1). Svi oni bi se mogli svrstati u tri osnovne grupe. Prvoj pripadaju neefikasni geni Ml-a6, Ml-a8, Ml-a12, Ml-g, Ml-c, Ml-k, Ml-nn, Ml-(41/145), Ml-h i Ml-(La). Oni su uslovljavali pojavu osetljivih tipova infekcije (MS-VS). Druga grupa obuhvata srednje efikasne gene Ml-a, Ml-a3, Ml-a9, Ml-a13, Ml-p i Ml-at, koji su uzrokovali pojavu otpornih (R) do srednje otpornih (MR) tipova infekcije. Treću grupu čine geni Ml-a16, Ml-a17, Ml-a18, Ml-a19 i ml-05, koji su uslovljavali pojavu vrlo otpornog (VR) tipa infekcije.

Neki od ispitivanih genotipova su reagovali hipersenzibilno, pojavom nekrotičnih pega u okviru kojih je došlo do redukcije ili potpunog odsustva razvoja parazita. O tome da geni Ml-a, Ml-p, Ml-g i Ml-a6 uslovljavaju hipersenzibilan način reakcije izvestili su W i l l i a m i S u s a n (1975). Mi smo pojavu krupnih nekrotičnih pega utvrdili kod linija sa genima Ml-a16, Ml-a18, Ml-a19 i Ml-p, dok su sitne nekrotične pege konstatovane kod linija sa genima Ml-a17, Ml-a18 i Ml-a.

Rezultati o efikasnosti gena otpornosti nisu univerzalni, jer ona može da bude različita po područjima ili regionima u zavisnosti od specifičnosti strukture populacije parazita i ekoloških faktora (L i m p e r t et al. 1990). Ovim istraživanjima nisu utvrđene bitnije razlike u reakciji pojedinih genotipova ječma po lokalitetima. To se može tumačiti time što je Srbija u geografskom pogledu relativno malo područje, tako da dolazi do mešanja kultura različitog porekla, kao i sličnostima u gajenju sorata. Najveći intenzitet napada na kontrolnoj sorti Haisa utvrđen je u lokalitetu Kragujevac, što se tumači veštačkom inokulacijom.

T a b . 1. - Efikasnost gena otpornosti ječma u različitim lokalitetima
Efficiency of barley resistance genes in different localities

Gen Gene	Sorta Cultivar	Lokalitet - Locality											
		1991.						1992.					
		1	2	3	4	5	X	1	2	3	4	5	X
		Koefficient infekcije - Coefficient of infection											
MI-a	Iso 1R	5	4	t	0n	4	2,6	10	2	0	0n	5	3,4
MI-a3	Iso 20R	10	10	5	5	8	7,6	10	4	5	2	5	5,2
MI-a6	Voldagsen 8141	40	20	24	10	20	22,8	50	40	24	8	30	40,4
MI-a8	Pallas	80	60	50	40	50	56,0	70	48	30	20	40	41,6
MI-a9	Roland	10	4	5	2	4	5,0	5	t	4	2	t	2,2
MI-a12	Emir	40	30	16	8	20	22,8	30	8	10	8	20	15,2
MI-a13	Tanina	10	5	5	4	5	5,8	5	4	2	t	t	2,2
MI-a16	<i>H. spontaneum</i>	0N	0	0	0	0N	0,0	0N	0	0	0	0	0,0
MI-a17	<i>H. sponatenum</i>	t	0	0	0	0	0,0	t	0n	0	0	0n	0,0
MI-a18	<i>H. sponatenum</i>	t	0n	0	0	0N	0,0	t	0	0n	0	0N	0,0
MI-a19	<i>H. sponatenum</i>	0	0N	0	0	0N	0,0	0N	0	0	0	0N	0,0
MI-g	Union	60	50	50	20	30	42,0	70	30	24	16	32	34,4
ml-05	Riso 5678	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
MI-c	HOR 1657	50	30	40	8	30	31,6	40	16	20	8	20	20,8
MI-k	HOR 1063	60	50	30	20	40	40,0	50	30	16	10	30	27,2
MI-nn	Nigrinudum	50	50	20	20	30	34,0	50	25	8	5	20	21,6
MI-p	Psaknon	5	4	t	0N	4	2,6	10	2	5	tN	4	4,2
MI-at	Atlas	20	10	10	4	5	9,8	10	5	4	4	t	4,6
MI-41/145	Weih.41/145	70	50	40	30	50	48,0	60	32	20	15	16	28,6
MI-h	Iso 3R	70	40	30	20	30	38,0	50	40	30	10	30	32,0
MI-(La)	Lofa	40	20	10	4	20	18,8	30	16	8	4	15	14,6
Haisa (K)		80	70	60	40	50	60,0	80	60	50	40	50	56,0
Prosek - Average		31,8	22,3	0517,9	610,69	18,1	920,35	28,6	416,4	611,82	6,91	14,4	5,65

1 - Kragujevac, 2 - Zaječar, 3 - Kruševac, 4 - Vršac, 5 - Peć, X - Prosek - Average

Pretežan broj MI gena otpornosti nalazi se na 5. hromozomu (geni MI-k, MI-p i lokus MI-a sa alelnim genima), dok se gen MI-g i lokus ml-0 i njegovi alelni geni nalaze na 4. hromozomu (Moseman i Jørgensen, 1971; Moseman et al. 1972; Frauenstein et al. 1978; Søgaard i Jørgensen, 1987; Kjaer et al. 1990). Gen ml-05 je recesivan, dok su geni MI-a3, MI-a12, MI-(41/145), MI-k i drugi nepotpuno dominantni (Køster et al. 1986).

Rezultati naših istraživanja su pokazali da u ispitivanim lokalitetima nije bilo alelnih gena virulentnosti za gene ml-05, kao i da su visoku efikasnost ispoljili geni MI-a16, MI-a17, MI-a18 i MI-a19, koji potiču od *H. spontaneum*. Visoku efikasnost ml-05 gena su potvrdili i mnogi drugi istraživači. Limpert et al. (1990) navode da nijedan od 3.166 izolata iz Evrope nije bio virulentan za gen ml-05, dok su Gacek i Czeembor (1988) u Poljskoj našli nekoliko izolata virulentnih za ovaj gen. U našim uslovima i gen MI-a13 je ispoljio zadovoljavajuću efikasnost. U mnogim zemljama Evrope ovaj gen je ranije bio efikasan (Kjaer et al. 1990). Međutim, masovno gajenje sorte Rupee (MI-a13), dovelo je do brze adaptacije parazita i naglog širenja genotipova sa V-a13 alelima. Sorta Union (MI-g) je široko gajena u Srbiji, što je uslovalo pojavu V-g alela virulentnosti i neefikasnosti MI-g gena. Kada se nova sorta jako proširi, prva virulentna kultura koja se na njoj razvije će se brzo umnožiti, čime dolazi do povećanja učestalosti nepoželjnih alela virulentnosti u populaciji parazita. Ovi i mnogi drugi primeri ukazuju na čvrstu vezu između gajenih sorata i populacije parazita.

Dobijeni rezultati ukazuju da su za selekciju otpornih sorata ječma najvažnije sorte ili linije koje poseduju gene Ml-a, Ml-a3, Ml-a9, Ml-a13, Ml-a16, Ml-a17, Ml-a18, Ml-a19, ml-05, Ml-p, Ml-at ili njihove kombinacije. Međutim, selekcija na otpornost nije sama sebi cilj, potrebno je stvoriti otporne i visokoproduktivne sorte, da bi se to postiglo, pri izboru roditelja za ukrštanja treba znati i njihove proizvodne osobine. Kølster et al. (1986) su pokazali da izogene linije sa efikasnim genima Ml-a, Ml-a3, Ml-a9 i Ml-p poseduju agronomske osobine na nivou komercijalne sorte Pallas. Statistički značajno manji prinos imala je jedino linija sa genom ml-05. Da gen ml-05 negativno deluje na komponente prinosa pokazali su Bjørnstad i Astveit (1990) (loc. cit. Kjaer et al. 1990).

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće:

Efikasnost ispitivanih Ml gena otpornosti prema prouzročivaču pepelnice ječma je bila različita. Geni Ml-a6, Ml-a8, Ml-a12, Ml-g, Ml-c, Ml-k, Ml-nn, Ml-(41/145), Ml-h i Ml-(La) su bili neefikasni. Visoko efikasnim su se pokazali geni Ml-a16, Ml-a17, Ml-a18, Ml-a19 i ml-05, prema kojima u populaciji parazita nije bilo alelnih gena virulentnosti. Dobru efikasnost su ispoljili i geni Ml-a, Ml-a3, Ml-a9, Ml-a13, Ml-p i Ml-at.

U reakciji ispitivanih genotipova ječma po lokalitetima nije bilo bitnijih razlika. Najveći stepen zaraze zabeležen je u Kragujevcu, jer su u njemu jedino vršene veštačke inokulacije, a najmanji u Vršcu.

Neki genotipovi su reagovali hipersenzibilno, pojavom krupnih ili sitnih nekrotičnih pega, što ukazuje da poseduju i gene za ovakav vid otpornosti.

Poznavanje efikasnosti Ml gena otpornosti ima veliki značaj za selekciju ječma na otpornost. Zato ovakva istraživanja treba nastaviti i proširiti na mnogo veći broj lokaliteta u našoj zemlji.

LITERATURA

- Brown, J.K.M., Wolfe, M.S. (1990): Structure and evolution of a population of *Erysiphe graminis f. sp. hordei*. Plant Pathology, 39: 376-390.
- Frauenstein, K., Meyer, H., Wolfram, H. (1978): Pathotipen von *Erysiphe graminis f. sp. tritici* Marchal und *Erysiphe graminis f. sp. hordei* Marchal in Europa. Pflanzenschutz, Bd. 15, Heft 6.
- Gacek, E., Czembor, H. (1988): Analiza ilosciowa struktury populacji macznika jeczmiennia (*Erysiphe graminis f. sp. hordei*). Biuletyn instytutu hodowli i aklimatyzacji roslin, 167: 13-19.
- Kjaer, B., Jensen, H.P., Jensen, J., Jørgensen, J.H. (1990): Association between three ml-0 powdery mildew resistance genes and agronomic traits in barley. Euphytica, 3: 185-193.
- Kølster, P., Munk, L., Stølem, O., Løhde, J. (1986): Nearisogenic barley lines with genes for resistance to powdery mildew. Crop Science, 5: 903-907.
- Кривченко, В.И. (1987): Современные стратегии селекции на иммунитет и обеспеченность их донорами устойчивости. Проблемы использования генофонда в селекции растений на иммунитет к болезням и вредителям, том. 110: 4-12.
- Limbert, E., Andrivon, D., Fischbeck, G. (1990): Virulence patterns in population of *Erysiphe graminis f. sp. hordei* in Europe in 1986. Plant Pathology, 39: 402-415.
- Mains, E.B., Dietz, M.S. (1930): Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei* Marchal. Phytopathology, 3: 229-239.
- Moseman, J.G., Jørgensen, J.H. (1971): Identification of genes at the Ml-a locus in barley for resistance to *Erysiphe graminis f. sp. hordei*. Crop Science, 11: 547-550.

- Moseman, J.G. (1972): Isogenic Barley Lines for Reaction to *Erysiphe graminis f. sp. hordei*. Crop Science, 12: 681-682.
- Sogaard, B., Jørgensen, H. (1987): Genes for reaction to *Erysiphe graminis hordei* (powdery mildew). Barley genetics newsletter, 17: 120-134.
- William, R.B., Susan, E.B. (1975): Aggregation of host cytoplasm and the formation of papillae and haustoria in powdery mildew of barley. Phytopathology, 65: 310-318.

(Primljeno 3.03.1995.)

EFFICIENCY OF THE BARLEY RESISTANCE GENES TO POWDERY MILDEW

by

S. Stojanović and Jovanka Stojanović
Agricultural Research Institute "Srbija", Beograd
Center for Small Grains, Kragujevac
R. Jevtić
Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

S u m m a r y

The barley powdery mildew is very spread in Serbia. Good results in the control of this disease could be realized by growing of resistant cultivars.

Investigation was carried out during 1991-1992 in five localities (Kragujevac, Zaječar, Kruševac, Vršac and Peć). Artificial inoculation was made only in Kragujevac.

The results show that the genes ml-05, Ml-a16, Ml-a17, Ml-a18 and Ml-a19 were the most effective. There are no virulence alleles to this genes in our population. The genes Ml-a, Ml-a3, Ml-a9, Ml-a13, Ml-p i Ml-at had the middle efficiency (coefficient of infection 2,2-9,8). The other genes (Ml-a6, Ml-a8, Ml-a12, Ml-g, Ml-c, Ml-k, Ml-nn, Ml-41/145, Ml-h and Ml-La) were not effective.