

EFIKASNOST DIFERENCIJATORA PREMA *Erysiphe graminis f. sp. tritici* I ODNOS GENA VIRULENTNOSTI U PATOTIPOVIMA

Zemira DELALIĆ¹ i Ferenc BALAŽ²

¹ Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću
Bihać, Bosna i Hercegovina
¹ Biotechnical faculty, University of Bihać
Bihać, Bosnia and Herzegovina

² Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija i Crna Gora
Agricultural faculty, University of Novi Sad
Novi Sad, Serbia and Montenegro

SAŽETAK

Spolni dio populacije uzročnika pepelnice pšenice proučavan je u dvogodišnjem periodu. Uzorci pšenice s kleistotecijama gljive prikupljeni su u 43 lokaliteta sjeverozapadnog dijela Bosne. Analizirano je 172 izolata i dobijeno 129 formula virulentnosti-patotipova, što pokazuje veliku varijabilnost patogena. Najveći broj zajedničkih izolata u 1997/98 godini imali su geni V-7 i V-5+8 (86,6%), V-6 i V-7 (85%), V-7 i V-8 (83,3%), v-5 i V-7 (81,6%). U 1998/99 godini V-2+ i V-7 imali su najveći postotak zajedničkih izolata (97,3%), zatim V-6 i V-7 (96,4%), V-7 i V-8 (95,5%), V-2+ i V-6 (95,5%), V-1 i V-7 (95,5%). Od poznatih gena otpornosti najefikasniji u spolnoj populaciji patogena bili su Pm 2+4b +6 (C-39) i Pm5+6 (Coker 983). Srednju efikasnost imao je gen Mld (Halle Stamm 13471).

Ovaj podatak je od posebne važnosti, jer se kombinacijom ovih i drugih gena mogu stvoriti otporni kultivari prema uzročniku pepelnice pšenice.

Ključne riječi: Diferencijalni kultivari i izogene linije, *Erysiphe graminis f. sp. tritici*, Pm geni otpornosti, geni virulentnosti.

UVOD

U našoj poljoprivrednoj proizvodnji pšenica (*Triticum ssp*) zauzima značajno mjesto. Međutim, postoji težnja da se povećaju prinosi na postojećim i novim površinama intenziviranjem agrotehnike i uzgojem rodnijih kultivara. Od faktora koji utječu na smanjenje prinosa i kvaliteta zrna pšenice potrebno je spomenuti *Erysiphe graminis f. sp. tritici*, uzročnika pepelnice pšenice, čiji razvoj uvjetuju

meteorološki faktori, sistem uzgoja, gnojdba kao i genetska konstitucija kultivara u proizvodnji. U sklopu integralne zaštite, u cilju suzbijanja ove gljive postoje tri glavna pravca: uzgoj otpornih kultivara, agrotehničke i kemijske mjere. Najvažnije i prvo mjesto pripada stvaranju i uzgoj otpornih kultivara.

Prema istraživanjima (Momčilović i Jerković, 1985.; Jerković i Jevtić 1989) kultivari pšenice u proizvodnji stvaraju otpornost prema biotrofnim patogenima na osnovu interakcije više gena. Danas se sve više prakticira kombinacija više različitih tipova otpornosti, međutim bez obzira o kojoj se otpornosti radi potrebno je imati u vidu tri faktora: biljku domaćina, patogena i uvjete okoliša, kao i njihovo međusobno djelovanje (Jevtić et al. 2000). Mains (1934) je prvi izvijestio o postojanju gena koji kontroliraju otpornost kultivara pšenice prema više patotipova. On je utvrdio da kultivar Hope posjeduje jedan recesivan gen otporan prema patogenu pepelnice pšenice. Favrat i Vallega (1949. loc. cit. Moseman, 1966) su utvrdili da otpornost kultivara Axminster i Normandie uvjetuje jedan dominantan gen. Suвременa genetska istraživanja otpornosti pšenice prema uzročniku pepelnice pšenice podrazumjevaju poznavanje genetskih osnova virulentnosti patogena, obrambenih mehanizama biljaka pšenice i njihove interakcije u sistemu patogen-pšenica-okoliš. Osnovu za takva proučavanja dao je Flor 1956. loc. cit. Stojanović et al. 1998. definiranjem hipoteze «gen-za-gen». I pored toga što se ovom hipotezom ne mogu objasniti svi vrlo komplicirani međuodnosi u sistemu patogen-domaćin, ona je predstavljala osnovu za sva dosadašnja genetska istraživanja virulentnosti patogena i otpornosti pšenice (McIntosh et al. 1995). Prema stupnju efikasnosti neki autori dijele gene otpornosti na one sa velikim efektom (major) i one sa malim efektom (minor). Minor geni obično reguliraju horizontalnu otpornost, dok major reguliraju vertikalnu otpornost. Nelson (1978) smatra da takva podjela nije dobra, jer su geni za vertikalnu i horizontalnu otpornost isti i razlikuju se samo po načinu ekspresije ili efikasnosti. Do sada su poznata 24 gena otpornosti pšenice prema uzročniku pepelnice pšenice (McIntosh 1988., McIntosh et al. 1998.; Heun i Fischbeck 1997.; Huang et al. 1997). Mnogi od tih gena su grupno zastupljeni u različitim kultivarima pšenice i osiguravaju njihovu otpornost (McIntosh i Baker, 1968.; Jorgensen i Jensen, 1972.; Heun i Fischbeck 1987.; Fried i Streckeisen 1987.; McIntosh 1988.; Chung i Griffey, 1995). Pm geni su locirani na različitim kromozomima pšenice. Na proučavanju lokacije gena rezistentnosti na kromozomima pšenice radili su: Sears, 1950.; Sears 1954.; Nyquist, 1957.; Briggles i Sears, 1966.; Briggles, 1966.; 1969; Zeller et al. 1993.; McIntosh, 1978.; Lowry et al. 1984 i dr.

Genetika virulentnosti patogena je znatno manje poznata od genetike otpornosti pšenice. Međutim, zahvaljujući razradi metoda hibridizacije između različitih vrsta *Erysiphe graminis* (Moseman, 1959.; Hiura, 1962.) moguće je bliže upoznati genetiku virulentnosti ovog patogena. Efikasnost Pm gena je različita i u ovisnosti je od virulentnosti populacije *Erysiphe graminis* f. *sp. tritici* u pojedinim dijelovima svijeta (Stojanović et al. 1998). Cilj ovoga rada je

analiza odnosa gena virulentnosti u patotipovima kao i utvrđivanje otpornosti diferencijalnih kultivara i izogenih linija na osnovu čega je moguće utvrditi donore gena otpornosti koji bi se mogli koristiti u selekcionom procesu.

MATERIJAL I METODA RADA

Poslije masovnog formiranja kleistotecija prikupljeni su uzorci pšenice s različitih kultivara područja sjeverozapadnog dijela Bosne, koji su zatim čuvani u frižideru pri temperaturi +4°C. Za dobijanje monosporijalnih izolata korištena je standardna metoda koju je detaljno opisao Stojanović et al. (1991). Iz svakog uzorka pšenice iglom, uz pomoć povećala izdvaja se 50-100 kleistotecija i stavlja na filter s unutrašnje strane poklopca Petrijevke. Osjetljiv kultivar sije se u keramičke lonce. Poslije 8-10 dana (u fazi prvog lista) biljčice se smještaju pod staklene cilindre. Na vrh staklenog cilindra stavlja se poklopac Petrijevke na kome se nalaze izdvojene kleistotecije. Filter papir se stalno vlaži

Tab. 1. Kultivari izogene linije korištene u istraživanjima *E.g.f. sp. tritici*
Tab. 1. Cultivars and isogenic lines used in investigation *E.g.f.sp. tritici*

N ⁰	Izogene linije i kultivari Isogenic lines and cultivars	CI*	Geni otpornosti Resistance genes	Lokacija Location	Odgovarajuća virulentnost Corresponding virulence
1	Axminister ^β Cc	14114	Pm1	7AL	V - 1
2	Ulka ^β Cc	14118	Pm2	5DS	V - 2
3	Idaed 59 B/ ^β Cc	14119	Pm2+	5DS	V - 2+
4	Asosan ^β Cc	14120	Pm3a	1AS	V - 3a
5	Chul ^β Cc	14121	Pm3b	1A	V - 3b
6	Sonora ^β Cc	14122	Pm3c	1A	V - 3c
7	Khapli ^β Cc	14123	Pm4a	2AL	V - 4a
8	Weihenstephan M-1	/	Pm4b	2AL	V - 4b
9	Hope ^β Cc	14125	pm5	7 BL	v - 5
10	Michigan Amber ^β Cc	14033	Pm6	2B	V - 6
11	Transec	14189	Pm7	4A	V - 7
12	Kavkaz	361879	Pm8	IR(1B)	V - 8
13	Amigo	17609	Pm17	/	V - 17
14	Normandie	/	Pm1,2,9	7A	V-1+2+17
15	CI 12633	12633	Pm(2+6)	5DS/2BL	V-2+6
16	Coker 983	/	Pm (5+6)	/	V-5+6
17	Halle Stamm 13471	/	Mld	/	Vd
18	Granada	/	Pm(5+8)	/	V-5+8
19	Dolomit	/	Mli	/	Vi
20	C - 39	/	Pm2+4b+6	/	V-2+4b+6

*CI - Cereal investigation

da bi došlo do bubrenja kleistotecija i oslobađanja askospora. Poslije 8-10 dana na lišću se uočavaju primarne kolonije gljive. Pojedinačne pustule prenose se četkicama od perja na klijance Little cluba, zasijane u četiri plastične čaše i na taj način dobijaju se 4 izolata. Da bi se spriječilo mješanje kultura, klijanci se uzgajaju pod celuloidnim cilindrima. Dalji postupak sastoji su u umnožavanju kultura (izolata) kako bi se dobila dovoljna količina inokuluma. Dobijenim izolatima inokuliraju se izogene linije i kultivari sa poznatim Pm genima za otpornost prema *Erysiphe graminis f. sp. tritici*. Reakcija na klijancima ocjenjivana je 8-10 dana poslije inokulacije po skali 0-9 (Moseman et al. 1984). Prema reakcijama klijanaca (osjetljivo-otporno), utvrđivane su formule virulentnosti, na osnovu kojih je proučen odnos gena virulentnosti i efikasnost izogenih linija i kultivara sa poznatim genima otpornosti prema izoliranim virulentnostima. Za analizu je korišteno 20 diferencijatora (tab.1). Porijeklo nekih Pm gena i kromozomske lokacije kao i važni kultivari pšenice u kojima se oni nalaze prikazani su u tab. 2.

Tab. 2. Rezistentni geni na uzročnika pepelnice pšenice (porijeklo, kromozomske lokacije, neki značajni kultivari u kojima se oni nalaze) Bennett (1984):

Tab. 2. Powdery mildew resistance genes in wheat (sources, chromosomal locations, and some notable or agriculturally prominent cultivars in which they occur) Bennett (1984):

Geni Genes	Lokacija Location	Porijeklo - Source	Kultivari - Cultivars
Pm1	7 AL	<i>Triticum aestivum</i>	Axminster, Jufy, Normandie, Thew
Pm2	5DS	Unknown	Avalon, Vounty, CI 12633, Maris Dove, Maris Huntsman, Maris Nimrod, Normandie, Sappo, Ulka
Pm3	1AS	<i>T. aestivum</i>	Haoden
		Pm3a: Asosan (Japan)	-
		Pm3b: Chul (Rusija)	Sturgeon
		Pm3c: Sonora (Meksiko)	
Pm4	2AL	<i>T. turgidum</i>	Khapli, Yuma, Valgerardo, Armada, Rang, Sappo, VPM 1
		Pm4a: <i>T. dicoccum</i>	Weihenstephan M1
		Pm4b: <i>T. carthlicum</i>	
pm5	7BL	<i>T. dicoccum</i>	Aotea, Hope, Redcoat
Pm6	2B	<i>T. timopheevi</i>	Abe, Arthur, CI 12633, Maris Hunstman, Mengavi, Timgalen
Pm7	4A	<i>Secalis cereale</i> (od 2R Rosen raž)	Transfed, Transec
Pm8	1B	<i>Secale cereale</i> (od 1R Petkus raž)	Aurora, Clement, Halle Stamm 1444, Kavkaz, Stuart, Veery
Pm9	7AL	<i>T. aestivum</i> - Normandie	Normandie
Mld	4B	<i>T. durum</i>	Halle Stamm 13471, Maris Dove
Mli	-	<i>T. aestivum</i>	Aquila, Flanders
		Ibis (possibly)	Rothwell, Perdix

REZULTATI I DISKUSIJA

U dvogodišnjem razdoblju analizirana su 172 izolata, u prvoj 60, u drugoj 112. Kao rezultat rekombinacije formirano je 129 patotipova *Erysiphe graminis* f. *sp. tritici* koji predstavljaju različite kombinacije gena virulentnosti, u tab. 3. su samo najzastupljeniji.

Tab. 3. Kombinacije najčešćih gena virulentnosti u patotipovima

Tab. 3. Combination of the most frequent virulence genes in pathotypps

Redni broj N ^o	Kombinacija gena virulentnosti Combination of the most frequent virulence genes Virulens(V)/Avirulens(A)	Patotipovi Pathotypps	
		N ^o	%
1.	1,2,2+,3a,3b,3c,4a,4b,5,6,7,8,17,(1,2,17),(2+6),d,(5+8),i/(5+6),2+4b+6	19	14,7
2.	1,2,2+,3a,3b,3c,4b,5,6,7,8,17,(1,2,17),(2+6),(5+8),i/4a,(5+6),d,2+4b+6	2	1,5
3.	1,2,2+,3a,3b,3c,4a,4b,5,6,7,8,17,(1,2,17),(2+6),d,(5+8)/(5+6),i,2+4b+6	6	4,6
4.	1,2,2+,3a,3b,3c,4a,4b,5,6,7,8,17,(1,2,17),(2+6),(5+8),i/(5+6),d,2+4b+6	8	6,2
5.	1,2,2+,3a,3b,3c,4b,5,6,7,8,17,(1,2,17),(2+6),d,(5+8),d,(5+8),i/4a,(5+6),2+4b+6	3	2,3
6.	1,2,2+,3a,3b,3c,4a,4b,5,6,7,8,17,(1,2,17),(2+6),(5+6),d,(5+8),i/2+4b+6	3	2,3
7.	1,2,2+,3a,3c,4a,4b,5,6,7,8,17,(2+6),(5+8),i/3b,(5+6),d,2+4b+6	3	2,3
8.	1,2,2+,3a,3b,3c,4a,4b,5,6,7,8(1,2,17),(2+b)i/17,(5+6),d,(5+8),2+4b+6	2	1,5
9.	1,2,2+,3a,3c,5,6,7,8,17,(1,2,17),(2+6),i/3b,4a,4b,(5+b),2+4b+6	2	1,5
10.	1,2,2+,3a,3b,3c,4b,5,6,7,8,17,(1,2,17),d,(5+8),i/4a,(2+6),2+4b+6	2	1,5
11.	1,2,2+,3a,3b,3c,4a,5,6,7,8,d,(5+8),i/4b,17,(1,2,17),(2+6),(5+6),2+4b+6	3	2,3
Ukupno / Total		53	40,7

Odnos između pojedinih virulentnih gena i broj zajedničkih izolata u kojima su bili virulentni prikazan je u tab 4. U 1997/98 godini geni V-7 i V-5+8 imali su najveći postotak zajedničkih izolata (86,6%), V-6 i V-7 (85%), V-7 i V-8 (83,3%), v-5 i V-7 (81,6%). Najmanji postotak zajedničkih izolata u kojima su izrazili virulentnost, imali su: V-4a i V-5+6 (0%), V-3b i V-5+6 (5%), V-4a i Vd (5%).

U 1998/99 godini geni V-2+ i V-7 imali su najveći postotak zajedničkih izolata (97,3%), V-6 i V-7 (96,4%), V-7 i V-8 (95,5%), V-2+ i V-6 (95,5%), V-2+ i V-3a (95,5%), V-1 i V-7 (95,5%). Najmanji postotak zajedničkih izolata bio je u kombinaciji sa V-2+4b+6 (0%). Rezultati pokazuju na mogućnost da većina gajenih kultivara sjeverozapadnog dijela Bosne posjeduje neke od Pm1, Pm2+, Pm3a, pm5, Pm6, Pm5+8, Pm7 i Pm8 gene otpornosti. Stojanović et al. 1991. godine navodi da je najveći broj zajedničkih izolata bio u kombinacijama sa V-1 i V-3, V-1 i V-3c, V-1 i v-5, V-1 i V-6, V-1 i V-8, zatim V-2 i V-3a, V-2 i V-3c, V-2 i v-5, V-2 i V-6, V-2 i V-8, što ukazuje na mogućnost da uzgajani kultivari posjeduju neke od Pm1, Pm2, Pm3a, Pm3c, pm5, Pm6 i Pm8 gene, a to je djelimično u suglasnosti sa ovim istraživanjima. Jevtić (1993) je analizirao

odnos gena virulentnosti i prema ovom autoru, geni V-8 i V-6 su imali najveći postotak zajedničkih izolata (99,4%), V-8 i V-7 (98,9%) , V-6 i V7 (98,3%). U preko 90% izolata bili su prisutni V-8, V-7 i V-6 u kombinaciji sa V-1, V-3c, V-3a i Vi. Najmanji postotak zajedničkih izolata u kojima je ispoljio virulentnost V-5+6 je kombinaciji sa V-2+6, V-4b i V-3c (0%).

Po izraženoj efikasnosti u populaciji, *Erysiphe graminis* f. *sp. tritici* Stojanović i Stojanović (1989) je sve ispitivane Pm gene svrstao u 4 grupe. U prvoj grupi su oni Pm geni prema kojima je 20% populacije bilo avirulentno (Pm3c i Pm8), drugoj od 20 do 50% (Pm1, Pm2 i Pm3a), trećoj od 50 do 90% (Pm3b i Pm4a) i četvrtoj preko 90% (Pm4 i Mld). Krivčenko i Suhanberdina (1978) smatraju da su za selekciju na otpornost efikasni oni geni prema kojima je 90% izolata avirulentno. Polazeći od ovog kriterija Stojanović i Stojanović (1989), iznose da samo dva gena Pm4 (Weihenstephan M1) i Mld (Halle Stam 13471) zadovoljavaju ovaj kriterij. U ovim istraživanjima gen Pm2+4b+6 je efikasan jer je ispoljio otpornost prema 91,2% izolata, zatim gen Pm (5+6) otporan je prema 84,8% izolata, što se u potpunosti slaže s istraživanjima Jevtića 1993 gdje su najveću efikasnost takođe pokazali geni Pm5+6 i Pm2+4b+6. Srednju efikasnost pokazao je gen Mld (Halle Stamm 13471) koji je bio otporan prema 54,6% izolata. Istraživanja Jevtića (1993) pokazuju da je ovaj gen efikasan prema 89,4% izolata, dok su geni otpornosti Pm4a, Pm2+6 i Pm1+2+9 bili efikasni na 50-80% izolata. Ovi podaci slični su rezultatima Stojanović i Stojanović (1989), dok Iliev (1990), navodi da su najveću efikasnost imali geni otpornosti Pm4 i Pm2, srednju efikasnost pokazali su geni Pm3a i Pm3b sa 30-50% avirulentnih izolata. Identične rezultate iznose Menzies i sur. (1989), jer su geni Pm3a, Pm3b bili efikasni u 50% područja južnog Ontarija. U istraživanjima Sharen (1973), Pm3a je bio efikasan prema 81% izolata dok je Pm2 bio efikasan samo prema 28% izolata. U ovim istraživanjima Pm2 je ispoljio još manju efikasnost (12,2%). Sharma et al. 1990, iznose podatak da je gen Pm1 bio efikasan u populacijama Pendžaba i Himčal Pradeša. Rezultati u ovom istraživanju odstupaju od takvih podataka jer je Pm1 gen pokazao slabu efikasnost 14,5%.

Tablica 4. Odnos pojedinih gena virulentnosti u patotipovima *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*

Table 4. Relation between some virulence genes in pathotypes of *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*

Odnos - Relation	1997/98		1998/99	
	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%
V-1: V-2	34	56,6	105	93,7
V-1: V-2+	35	58,3	104	92,8
V-1: V-3a	31	51,6	105	93,7

Zemira Delalić i sur.: Efikasnost diferencijatora prema *erysiphe graminis* f. *Sp. Tritici* i odnos gena virulentnosti u patotipovima Sjemenarstvo 19(2002)3-4 str. 165-180

Odnos - Relation	1997/98		1998/99	
	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%
V-1: V-3b	9	15,0	84	75,0
V-1: V-3c	33	55,0	103	91,9
V-1: V-4a	11	18,3	71	63,6
V-1: V-4b	10	16,6	89	79,4
V-1: V-5	36	60,0	103	91,9
V-1: V-6	35	58,3	106	94,6
V-1: V-7	38	63,3	107	95,5
V-1: V-8	35	58,3	105	93,7
V-1: V-17	21	35,0	91	81,2
V-1: V-1+2+17	22	36,6	88	78,5
V-1: V-2+6	26	43,3	85	75,8
V-1: V-5+6	7	11,6	6	5,3
V-1: Vd	14	23,3	55	49,1
V-1: V-5+8	37	61,6	97	86,6
V-1: Vi	32	53,3	85	75,8
V-1: V-2+4b+6	12	20,0	/	/
V-2: V-2+	41	68,3	105	93,7
V-2: V-3a	35	58,3	104	92,8
V-2: V-3b	9	15,0	83	74,1
V-2: V-3c	37	61,6	101	90,1
V-2: V-4a	12	20,0	69	61,6
V-2: V-4b	11	18,3	87	77,6
V-2: v-5	42	70,0	101	90,1
V-2: V-6	42	70,0	104	92,8
V-2: V-7	43	71,6	105	93,7
V-2: V-8	42	70,0	103	91,9
V-2: V-17	23	38,3	89	79,4
V-2: V-1+2+17	24	40,0	86	76,7
V-2: V-2+6	30	50,0	82	73,2
V-2: V-5+6	12	20,0	6	5,3
V-2: Vd	16	26,6	53	47,2

Zemira Delalić i sur.: Efikasnost diferencijatora prema *erysiphe graminis f. Sp. Tritici* i odnos gena virulentnosti u patotipovima Sjemenarstvo 19(2002)3-4 str. 165-180

Odnos - Relation	1997/98		1998/99	
	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%
V-2: V-5+8	43	71,6	94	83,9
V-2: Vi	36	60,0	84	75,0
V-2: V-2+4b+6	10	16,6	/	/
V-2+: V-3a	37	61,6	107	95,5
V-2+: V-3b	11	18,3	85	78,8
V-2+: V-3c	41	68,3	103	91,9
V-2+: V-4a	14	23,3	76	67,8
V-2+: V-4b	13	21,6	89	79,4
V-2+: v-5	44	73,3	104	92,8
V-2+: V-6	45	75,0	107	95,5
V-2+: V-7	47	78,3	109	97,3
V-2+: V-8	45	75,0	106	94,6
V-2+: V-17	23	38,3	91	81,2
V-2+: V-1+2+17	28	46,6	89	79,4
V-2+: V-2+6	30	50,0	85	75,8
V-2+: V-5+6	15	25,0	6	5,3
V-2+: Vd	18	30,0	55	49,1
V-2+: V-5+8	45	75,0	97	86,6
V-2+: Vi	41	68,3	85	78,8
V-2+: V-2+4b+6	12	20,0	/	/
V-3a: V-3b	11	18,3	83	74,1
V-3a: V-3c	39	65,0	101	90,1
V-3a: V-4a	12	20,0	76	67,8
V-3a: V-4b	10	16,6	89	79,4
V-3a: v-5	38	63,3	101	90,1
V-3a: V-6	37	61,6	105	93,7
V-3a: V-7	42	70,0	106	94,6
V-3a: V-8	39	65,0	104	92,8
V-3a: V-17	21	35,0	90	80,3
V-3a: V-1+2+17	22	36,6	87	77,6
V-3a: V-2+6	28	46,6	84	75,0

Odnos - Relation	1997/98		1998/99	
	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%
V-3a: V-5+6	11	18,3	6	5,3
V-3a: Vd	15	25,0	53	47,3
V-3a: V-5+8	39	65,0	94	83,9
V-3a: Vi	30	50,0	86	76,7
V-3a: V-2+4b+6	10	16,6	/	/
V-3b: V-3c	9	15,0	75	66,9
V-3b: V-4a	4	6,6	58	51,7
V-3b: V-4b	4	6,6	72	64,2
V-3b: v-5	8	13,3	74	66,0
V-3b: V-6	9	15,0	76	67,8
V-3b: V-7	11	18,3	77	68,7
V-3b: V-8	11	18,3	75	66,9
V-3b: V-17	6	10,0	67	59,8
V-3b: V-1+2+17	7	11,6	69	61,6
V-3b: V-2+6	5	8,3	67	59,8
V-3b: V-5+6	3	5,0	5	4,4
V-3b: Vd	4	6,6	43	38,3
V-3b: V-5+8	11	18,3	71	63,3
V-3b: Vi	8	13,3	58	51,7
V-3b: V-2+4b+6	4	6,6	/	/
V-3c: V-4a	12	20,0	61	54,4
V-3c: V-4b	12	20,0	71	63,3
V-3c: v-5	42	70,0	79	70,5
V-3c: V-6	43	71,6	81	72,3
V-3c: V-7	48	80,0	81	72,3
V-3c: V-8	44	73,3	80	71,4
V-3c: V-17	25	41,6	68	60,7
V-3c: V-1+2+17	26	43,3	65	58,0
V-3c: V-2+6	29	48,3	67	59,8
V-3c: V-5+6	13	21,6	5	4,4
V-3c: Vd	19	31,6	44	39,2

Zemira Delalić i sur.: Efikasnost diferencijatora prema *erysiphe graminis* f. *Sp. Tritici* i odnos gena virulentnosti u patotipovima Sjemenarstvo 19(2002)3-4 str. 165-180

Odnos - Relation	1997/98		1998/99	
	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%
V-3c: V-5+8	45	75,0	73	65,1
V-3c: Vi	37	61,6	64	57,1
V-3c: V-2+4b+6	10	16,6	/	/
V-4a: V4b-	7	11,6	67	59,8
V-4a: v-5	12	20,0	70	62,5
V-4a: V-6	13	21,6	72	62,6
V-4a: V-7	13	21,6	69	61,6
V-4a: V-8	14	23,3	71	63,3
V-4a: V-17	9	15,0	62	55,3
V-4a: V-1+2+17	9	15,0	58	51,7
V-4a: V-2+6	8	13,3	61	54,4
V-4a: V-5+6	/	/	5	4,4
V-4a: Vd	3	5,0	52	46,4
V-4a: V-5+8	14	23,3	68	60,7
V-4a: Vi	12	20,0	54	48,2
V-4a: V-2+4b+6	7	11,6	/	/
V-4b: v-5	11	18,3	88	78,5
V-4b: V-6	12	20,0	90	80,3
V-4b: V-7	12	20,0	90	80,3
V-4b: V-8	13	21,6	87	77,6
V-4b: V-17	6	10,0	79	70,5
V-4b: V-1+2+17	8	13,3	78	69,6
V-4b: V-2+6	5	8,3	76	67,8
V-4b: V-5+6	4	6,6	6	5,3
V-4b: Vd	8	13,3	55	49,1
V-4b: V-5+8	11	18,3	81	72,3
V-4b: Vi	12	20,0	75	66,9
V-4b: V-2+4b+6	7	11,6	/	/
v-5 : V-6	44	73,3	105	93,7
v-5 : V-7	49	81,6	105	93,7
v-5 : V-8	43	71,6	100	89,2

Zemira Delalić i sur.: Efikasnost diferencijatora prema *erysiphe graminis* f. *Sp. Tritici* i odnos gena virulentnosti u patotipovima Sjeminarstvo 19(2002)3-4 str. 165-180

Odnos - Relation	1997/98		1998/99	
	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%
v-5 : V-17	23	38,3	87	77,6
v-5 : V-1+2+17	28	46,6	85	75,8
v-5 : V-2+6	30	50,0	86	76,7
v-5 : V-5+6	14	23,3	6	5,3
v-5 : Vd	18	30,0	54	48,2
v-5 : V-5+8	44	73,3	93	83,0
v-5 : Vi	41	68,3	82	73,2
v-5 : V-2+4b+6	12	20,0	/	/
V-6 : V-7	51	85,0	108	96,4
V-6 : V-8	48	80,0	105	93,7
V-6 : V-17	27	45,0	90	80,3
V-6 : V-1+2+17	29	48,3	86	76,7
V-6 : V-2+6	32	53,3	84	75,0
V-6 : V-5+6	15	25,0	6	5,3
V-6 : Vd	20	33,3	54	48,2
V-6 : V-5+8	48	80,0	95	84,8
V-6 : Vi	41	68,3	43	38,3
V-6 : V-2+4b+6	13	21,6	/	/
V-7 : V-8	50	83,3	107	95,5
V-7 : V-17	30	50,0	92	82,1
V-7 : V-1+2+17	31	51,6	89	79,4
V-7 : V-2+6	34	56,6	87	77,6
V-7 : V-5+6	16	26,6	5	4,4
V-7 : Vd	22	36,6	55	49,1
V-7 : V-5+8	52	86,6	98	87,5
V-7 : Vi	45	75,0	86	76,7
V-7 : V-2+4b+6	14	23,3	/	/
V-8 : V- 17	31	51,6	87	77,6
V-8 : V- 1+2+17	31	51,6	88	78,5
V-8 : V2+6-	34	56,6	84	75,0
V-8 : V- 5+6	15	25,0	6	5,3

Odnos - Relation	1997/98		1998/99	
	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%	Br. zajedničkih izolata Number of jointly isolates	%
V-8 : V-d	21	35,0	54	48,2
V-8 : V- 5+8	50	83,3	96	85,7
V-8 : V-i	45	75,0	86	76,7
V-8 : V- 2+4b+6	14	23,3	/	/
V-17 : V-1+2+17	19	31,6	58	51,7
V-17 : V2+6-	20	33,3	61	54,4
V-17 : V-5+6	8	13,3	5	4,4
V-17 : Vd	12	20,0	42	37,5
V-17 : V-5+8	28	46,6	65	58,0
V-17 : Vi	25	41,6	56	50,0
V-17 : V-2+4b+6	9	15,0	/	/
V-1+2+17 : V-2+6	22	36,6	74	66,0
V-1+2+17 : V-5+6	12	20,0	6	5,3
V-1+2+17 : Vd	15	25,0	50	44,6
V-1+2+17 :V-5+8	29	48,3	81	72,3
V-1+2+17 : Vi	26	43,3	70	62,5
V-1+2+17 : V-2 + 4b+6	9	15,0	/	/
V-2+6: V-5+6	10	16,6	5	4,4
V-2+6 : Vd	12	20,0	40	65,7
V-2+6 : V:5+8	33	55,0	82	73,2
V-2+6 : Vi	28	46,6	68	60,7
V-2+6 : V:2+4b+6	7	11,6	/	/
V-5+6 : Vd	11	18,3	4	3,5
V-5+6 : V:5+8	14	23,3	5	4,4
V-5+6 : Vi	11	18,3	4	3,5
V-5+6 : V:2+4b+6	3	5,0	/	/
Vd : V-5+8	21	35,0	40	35,7
Vd : Vi	18	30,0	37	33,0
Vd : V-2+4b+6	9	15,0	/	/
V-5+8: Vi	44	73,3	78	69,6
V-5+8 : V-2+4b+6	13	21,6	/	/
Vi : V-2+4b+6	10	16,6	/	/

Tablica 5. Efikasnost diferencijalnih kultivara i izogenih linija prema *Erysiphe graminis f. sp. tritici*
Table 5. Effectiveness of differentials cultivars and isogenic lines to *Erysiphe graminis f. sp. tritici*

Diferencijalni kultivari izogene linije Differentials cultivars and isogenic lines	Otpornost prema izolatima (broj izolata) Resistance of isolates (numbre of isolates)	%
Axminster / ^β Cc	25	14,5
Ulka / ^β Cc	21	12,2
Idaed 59 B/ ^β Cc	15	8,7
Asasan / ^β Cc	21	12,2
Chul / ^β Cc	73	42,4
Sonora / ^β Cc	17	9,8
Khapli / ^β Cc	83	48,2
Weihenstephan M-1	64	37,2
Hope / ^β Cc	25	14,5
Michigan Amber / ^β Cc	7	4,0
Transec	3	1,7
Kavkaz	9	5,2
Amigo	49	28,4
Normandie	51	29,6
CI 12633	49	28,4
Coker 983	146	84,8
Halle Stamm 13471	94	54,6
Granada	20	11,6
Dolomit	36	20,9
C - 39	157	91,2

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata proučavanja strukture virulentnosti spolne populacije *Erysiphe graminis f.sp. tritici*, u skladu s postavljenim ciljevima istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

U 1997/98 godini geni V-7 i V-5+8 imali su najveći postotak zajedničkih izolata (86,6%), V-6 i V-7 (85%), V-7 i V-8 (83,3%), v-5 i V-7 (81,6%). Najmanji postotak zajedničkih izolata imali su V-4a i V-5+6 (0%), V-3b i V-5+6 (5%), V-4a i Vd (5%).

U 1998/99 geni V-2+ i V-7 imali su najveći postotak zajedničkih izolata (97,3%), V-6 i V-7 (96,4%), V-7 i V-8 (95,5%), V-2+ i V-6 (95,5%), V-2+ i V-3a (95,5%), V-1 i V-7 (95,5%). Najmanji postotak zajedničkih izolata bio je u kombinaciji sa V-2+4b+6 (0%). Ovakvi rezultati ukazuju na mogućnost da velik

broj uzgajanih kultivara sjeverozapadnog djela Bosne posjeduje neke od: Pm1, Pm2+, Pm3a, pm5, Pm6, Pm5+8, Pm7 i Pm8 gena otpornosti.

Od poznatih (Pm) gena otpornosti najefikasniji u spolnoj populaciji patogena bio je Pm2+4b+6 (C-39), koji je pokazao otpornost prema 91,2% izolata, zatim Pm5+6 (Coker 983) koji je otporan prema 84,4% izolata. Ovakvi rezultati su od posebne važnosti za selekciju pšenice na otpornost, jer se kombiniranjem ovih i drugih gena mogu proizvesti otporni kultivari pšenice prema proizročivaču pepelnice pšenice. Za potpuniju analizu gena virulentnosti *Erysiphe graminis f. sp. tritici* kao i efikasnost diferencijatora potrebno je proučiti i neespolni dio populacije.

Nespolni dio populacije se može pratiti pomoću pokretnih rasadnika. Oni su se pokazali pogodni za prikupljanje i proučavanje pepelnice pšenice u različitim vremenskim intervalima. Imajući to u vidu dalja istraživanja, treba usmjeriti u tom pravcu na većem broju lokaliteta Bosna i Hercegovina. U radu je korišteno 20 izogenih linija i kultivara sa poznatim genima otpornosti. Međutim, za uspješno oplemenjivanje pšenice na otpornost prema uzročniku pepelnice pšenice treba koristiti sve dosad poznate gene otpornosti i tražiti nove izvore koji se nalaze među kultivarima meke pšenice i njenim divljim srodnicima.

EFFECTIVENESS OF DIFFERENTIALS TO *Erysiphe graminis f. sp. tritici* ISOLATES AND VIRULENCE GENES OF PATHOTYPS

SUMMARY

The sexual part of the population of powdery mildew was studied over two years. Wheat samples containing cleistothetia of the fungus were collected in 43 location in north-west part of Bosnia. The 172 isolates analyzed rendered 129 virulence formulae pathotyps, which illustrates the high variability of the pathogen. The biggest number jointly the isolates in 1997/98 years had genes V-7 and V-5+8 (86,6%), V-6 and V-7 (85%), V-7 and V-8 (83,3%), v-5 and V-7 (81,6%). In 1998/99 years V-2+ and V-7 had the biggest percent jointly the isolates (97,3%), then V-6 (95,5%), V-2+ and V-3a (95,5%), V-1 and V-7 (95,5%). Of the known resistance genes, most efficient in the sexual population of the pathogen were Pm2+4b+6 (C-39) i Pm5+6 (Coker 983). The middle effective had gen Mld (Halle Stamm 13 471). This is important for wheat selection for resistance because these and other genes can be combined within wheat varieties which would be resistant to the agent of powdery mildew.

Key words: Differentials cultivars and isogenic lines, *Erysiphe graminis f. sp. tritici*, Pm resistance genes, virulence genes.

LITERATURA - REFERENCES

1. Bennett, F.G.A. (1984): Resistance to powdery mildew in wheat: a review of its use in agriculture and breeding programmes. *Plant Pathology* 33, 279-300.
2. Briggie, L. W. (1966): Three loci in wheat involving resistance to *Erysiphe graminis f. sp. tritici*. *Crop. Sci.*
3. Briggie, L. W., Sears, E. R. (1966): Linkage of resistance *Erysiphe graminis f.sp.tritici* (Pm3) and hairy glume (Hg) on chromosome 1A of wheat. *Crop. Sci.* 6: 559-561.
4. Briggie, L. W. (1969): Near-isogenic lines of wheat with genes for resistance to *Erysiphe graminis tritici* *Crop. Sci.* 9: 70-72.
5. Chung, Y.S., Griffey, C.A. (1995): Powdery mildew resistance in winter wheat: I. Gene number and mode of inheritance. Department of Crop and Soil Environmental Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061, USA. *Crop. Science* 35(2): 378-382. 22 ref.
6. Favrat, E.A., Vallega, Y. (1949): Genetica de la resistencia a *Erysiphe graminis* en trigo. *Plant Breeding Abstr.*, 20: 707.
7. Flor, H.H. (1956): The complementary gene systems in flax and flax rust. *Advances in Genetics*, 8: 29-54.
8. Fried, P.M., Streckeisen, Ph. (1987): Virulence analysis of powdery mildew of wheat. In: *Integrated Control of Cereal Mildews: Monitoring the Pathogen* (edited by Wolfe and Limpert) pp. 113-115. M. BN. P., Freising-Weißenstephan, Germany.
9. Heun, M., Fischbeck, G. (1997): Identification of resistance genes wheat powdery mildew. In *Integrated Control of Cereal Mildews: Monitoring the Pathogen* (edited by Wolfe and Limpert), pp. 57-60, M.N.P., Freising_Weißenstephan, Germany.
10. Hiura, U. (1962): Hybridization between varieties of *Erysiphe graminis* *Phytopathology* 7: 664-666
11. Huang, X. Q., Hsam, S.L.K., Zeller, F.J. (1997): Genetic analysis of powdery mildew resistance of four common wheat varieties. *Protection of Cereal Crops against Harmful Organisms*. p. 54, Czech Republic.
12. Iliev, I. (1990): Racial and genetic characteristics of *Blumeria graminis f. sp. tritici*, *Rasteniev dni Nauki*, 27 (8): 78-83.
13. Jerković, Z., Jevtić, R. (1989): Mogućnost selekcije pšenice na otpornost osjetljivog tipa reakcije prema *Puccinia recondita* i *Erysiphe graminis tritici*. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtlarstvo*, 259-265, Novi Sad (XIII Seminar Agronoma, Kupari):
14. Jevtić, R. (1993): Struktura virulentnosti polne i bespolne populacije *Erysiphe graminis tritici*, doktorska disertacija, Novi Sad.
15. Jevtić, R., Jerković, Z., Stamenković, S. (2000): Otpornost i tolerancija novosadskih sorti pšenice prema značajnijim patogenima i insektima, «Zbornik referata» XXXIV Seminar agronoma, Novi Sad.
16. Jorgensen, J.H., Jensen, C.J. (1972): Genes for resistance to wheat powdery mildew in derivatives of *Triticum timophevi* and *Triticum carthlicum*, *Euphytica* 21: 121-128.
17. Krivčenko, V. I., Suhanberding, H. E. (1978): Efikasnost genova ustojčivosti pšenice k mučnistoj rose. *Sel. Biologija* 5: 730-732.
18. Lowry, J. R., Samons, D. J., Baenziger, P. S., Moseman, J. G. (1984): Identification and Characterization of the Gene Conditioning Powdery Mildew Resistance in Amigo Wheat. *Crop Science*.
19. Mains, E. B. (1934): Host Specialization of *Erysiphe graminis f. sp. tritici*. *Proceeding of National Academy of Sciences*, Volume 19.
20. McIntosh, R. A., Baker, E. P. (1968): Chromosome location and linkage studies involving the Pm3 locus for powdery mildew resistance in wheat. *Proc. of the Linnean Society of New South Wales*, 2: 232-238.
21. McIntosh, R. A. (1978): Breeding for resistance to powdery mildew in the temperate cereals. P. 237-257. In: D. M. Spencer (Ed) *Powdery mildews*. Academic Press, London, England.

22. McIntosh, R. A. (1988): Catalogue of symbols for wheat. Proc. of the 7 th Int. Wheat Gen. Sym., pp. 1225-1323, England.
23. McIntosh, R. A., Wellings, C. R., Park, R. F. (1995): wheat rust and atlas of resistance genes. Plant Breeding Institute, The University of Sydney.
24. McIntosh, R. A., Hart, G. E., Devos, K. M., Gale M. D., Rogers, W.J. (1998): Catalog of gene symbols for wheat. Proc. of the 9th Inter. Wheat Gen.
25. Menzies, J.G., McNeill, B.H. Gang, P. (1989): Virulence spectrum of *Erysiphe graminis f. sp. tritici* in southern Ontario in 1986 and 1987. Canadian of Plant Pathology, 11(2): 148-152.
26. Momčilović, V., Jerković, Z. (1985): Naslijeđivanja otpornosti prema *Puccinia recondita f. sp. tritici* od četiri izvora otpornosti. Zaštita bilja, 36:13-17, Novi Sad.
27. Moseman, J. G. (1959): Host-pathogen interactio of the genes for pathogenicity in *Erysiphe graminis f. sp. hordei*. Phytopathology. 49:469-472.
28. Moseman, J. G. (1966): Genetics of powdery mildews Ann. Rev. Phytopathology, 76:93-96.
29. Nelson, R. R. (1978): Genetics of horizontal resistance to plant diseases. Ann. Rev. Phytopathology, 16:359-378.
30. Nyquist, W.E.(1957): Monosomic analysis of stem rust resistance in a common wheat strain derived from *Triticum timopheevi*. Agr. J., 222-223.
31. Sears, E.R.(1950): Progress in the nullisomic analysis of wheat. 42 nd Ann, Meeting Am. Sci. Agron., 10.
32. Sears, E.R. (1954): The aneuploids of common wheat. Ros. Bull. Agric. Exp. Sten., 58:572.
33. Scharen, A.L. (1973): Distribution of virulence genes in *Erysiphe graminis tritici* 2-nd International Congress of Plant pathology. Abstracts of papers. Minneapolis, Minnesota, September 5-12.
34. Sharma, S.C. Basandrai, A.K., Aulakh, K.S. (1990): Virulence in *Erysiphe graminis f. sp. tritici* causing powdery mildew in wheat. Plant Disease Research, 5 (1):115-117.
35. Stojanović S., Stojanović, J. (1989): Značaj nekih Pm gena za selekciju pšenice na otpornost prema prouzrokovaču pepelnice. Zaštita bilja, 190:465-472.
36. Stojanović, S., Stojanović Jovanka, Jevtić R., Pribaković, M. (1991): Virulence of the *Erysiphe graminis* D.C.ex Merat f.sp. tritici Em Marchal genotypes proliferated by sexual reproduction. Zaštita bilja, Vol.42(1), No 195:7-19
37. Stojanović S., Jevtić, R. Iliev, I. Stojanović, J. (1998): Study of wheat powdery mildew populations in Yugoslavia and Bulgaria by using mobile nurseries. Proceedings of 2 nd Balkan Symposium on Field Crops Novi Sad. Jugoslavija.
38. Stojanović, S., Stojanović, J., Milovanović, M. (1998): Genetske osnove otpornosti pšenice prema patogenima, Zaštita bilja Vol. 49 (3) No 225.195-225.
39. Zeller, F. J., Lutz, E.I., Limpert, E., Koenig, J. (1993): Identification of powdery mildew resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum*) II French cultivars Agronomie, 13:210-207.

Adresa autora –Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Zemira Delalić
Biotehnički fakultet, Univerziteta u Bihacu,
Kulina bana 2
77000 Bihac, BiH

Prof. dr. Ferenc Balaž
Poljoprivredni fakultet, Univerziteta u Novom Sadu
Institut za zaštitu bilja i životne sredina "Dr Pavle Vukasović"
Trg Dositeja Obradovića 8,
21000 Novi Sad, Srbija i Crna Gora

Primljeno - Received:

16. 10. 2002.