

Srbobran Stojanović<sup>1</sup>

Jovanka Stojanović<sup>1</sup>

Zoran Jerković<sup>3</sup>

Slavoljub Milijić<sup>2</sup>

Radivoje Jevtić<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija”, Beograd

<sup>1</sup> Centar za strna žita, Kragujevac

<sup>2</sup> Centar za poljoprivredna i tehnološka istraživanja, Zaječar

<sup>3</sup> Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

UDK: 631.52:633.11:632.4

AGRIS: F30 0180

Originalni naučni rad

## EFIKASNOST GENA OTPORNOSTI POREKLOM OD AEGILOPS SPP. PREMA PROUZROKOVAČIMA RĐA PŠENICE

Prikazana je efikasnost nekih Sr i Lr gena otpornosti koji potiču od *Aegilops* prema različitim patotipovima prouzrokovača stabljичne i lisne rđe pšenice u nas. Istaknuta je visoka efikasnost Sr32 i Sr33 gena u fazi sejanaca, kao i njihova nedovoljna efikasnost u fazi odraslih biljaka u Kragujevcu i Zaječaru. Prema prouzrokovaču lisne rđe efikasan je bio jedino gen Lr9, dok su geni Lr21 i Lr22 bili neefikasni u Novom Sadu i srednje efikasni u Kragujevcu.

*Ključne reči:* *Aegilops*, gen, efikasnost, otpornost, selekcija, pšenica, stabljичna rđa, lisna rđa.

### Uvod

Prouzrokovači stabljичne (*Puccinia graminis f. sp. tritici*) i lisne rđe (*Puccinia recondita f. sp. tritici*) osim pšenice napadaju i veliki broj vrsta iz familije *Poaceae*, koje spontano rastu u prirodi. Među njima su i vrste roda *Aegilops*, posebno *Ae. biuncialis*, *Ae. comosa*, *Ae. crassa*, *Ae. cylindrica*, *Ae. speltoides*, *Ae. squarrosa*, *Ae. umbellulata* i dr. (Sears, 1956; Kostić, 1962; Soliman et al., 1963; Dyck i Kerber, 1979; Kerber i Dyck, 1979; Андреев i Плотников, 1989).

Tokom evolucije između prouzrokovača rđe i *Aegilops* vrsta uspostavljen je patosistem u kome je ova hraniteljka razvila odbrambene mehanizme koji su genetski kontrolisani. Od *Aegilops* vrsta potiču geni Sr32, Sr33, Sr34, Lr9, Lr21, Lr22 i Lr28 (McIntosh, 1988). Međutim, svi oni nisu jednako efikasni, zbog čega i nemaju isti značaj za selekciju. Transgresijom efikasnih Sr i Lr gena iz *Aegilops* u pšenicu moguće je dobiti otporne hibride (Sears, 1956).

Cilj rada je upoznavanje efikasnosti Sr i Lr gena otpornosti koji potiču od *Aegilops* prema prouzrokovačima stabljичne i lisne rđe u nas i ukazivanje na njihov značaj u selekciji novih sorata pšenice.

## Materijal i metode rada

Ispitivanja su obavljena u periodu od 1993. do 1995. godine u Centru za strna žita u Kragujevcu. Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu i Centru za poljoprivredna i tehnološka istraživanja u Zaječaru. Korišćene su izogene linije pšenice sa Sr i Lr genima otpornosti od različitih vrsta *Aegilops* (tab. 1). Otpornost sejanaca je ispitivana u staklari a odraslih biljaka u polju.

Tab. 1. - Linije pšenice sa Sr i Lr genima otpornosti  
Wheat lines with Sr and Lr genes of resistance

Primalac gena Recipient of gene	Vrsta <i>Aegilops</i> <i>Aegilops</i> spp.	Gen Gene	Hromozom Chromosome	Autor Author
-	-	Sr32	2A	Sears (Shepherd, 1988)
Tetra Canthatch	<i>Ae. squarrosa</i>	Sr33	1DL	Kerber i Dyck, 1979
Chinese Spring	<i>Ae. umbellulata</i>	Lr9	2D	Sears, 1956
Tetra Canthatch	<i>Ae. squarrosa</i> var. <i>mayeri</i>	Lr21	1DL	Kerber i Dyck, 1969
Tetra Canthatch	<i>Ae. squarrosa</i> var. <i>strangulata</i>	Lr22	2DS	Dyck i Kerber, 1970

Sejanci u staklari su inokulisani prevalentnim kulturama gljiva *Puccinia graminis* f. *sp. tritici* i *Puccinia recondita* f. *sp. tritici* koje su prikupljene sa različitih sorata u više lokaliteta u Srbiji. One su umnožavane i održavane na osetljivoj sorti L. Club. Seme izogenih linija je sejano u saksije, a u vreme punog razvoja prvog lista vršene su inokulacije. Nakon 10-12 dana ocenjivan je način reakcije biljaka pšenice određivanjem tipova infekcije 0-4 (Stakman et al., 1962; Levine i Basile, 1959). Tipovi infekcije imaju sledeća značenja:

0 - Vrlo otporan (VR): nema vidljivih uredopustula, moguće je prisustvo sitnih nekrotičnih pega;

1 - Otporan (R): sitne uredopustule, mogu se javiti nekrotične pege sa ili bez uredopustula;

2 - Srednje otporan (MR): nešto krupnije uredopustule, mogu se javiti hlortične zone ili sitne nekrotične pege;

3 - Srednje osetljiv (MS): krupne uredopustule, mogu se javiti hlortične zone, ali ne i nekrotične;

4 - Vrlo osetljiv (VS): vrlo krupne uredopustule, ređe se javljaju hlortične zone oko njih;

X - Intermedijarni (I): pojava različitih tipova infekcije na istom listu.

U cilju proučavanja otpornosti odraslih biljaka seme izogenih linija je sejano u rasadnike stabljične i lisne rde u lokalitetima Kragujevac, Zaječar i Novi Sad. Veštačke inokulacije su vršene mešavinama prevalentnih patotipova gljiva. Suspenzija uredospora *Puccinia graminis* f. *sp. tritici* je injektirana u stabla biljaka, a *Puccinia recondita* f. *sp. tritici* prskana po biljkama pšenice u večernjim časovima. U periodu maksimalnog razvoja bolesti obavljeno je ocenjivanje načina reakcije ispitivanih biljaka određivanjem tipova infekcije (0-4) i intenziteta zaraze (0-100%). Intenzitet zaraze je određivan po modifikovanoj Cobb-ovoj skali (Peterson et al., 1948).

Efikasni su oni geni koji, u interakciji sa genima parazita za virulentnost, omogućavaju pojavu otpornih (0-2), a neefikasni pojavu osetljivih tipova infekcije (3-4). Rezultati su prikazani kombinovanjem tipova infekcije i intenziteta zaraze.

## Rezultati i diskusija

*Aegilops* vrste su široko rasprostranjene u prirodi. Najčešće se sreću na neobrađenim površinama, kraj puteva i pruga. One predstavljaju dopunsku hraniteljku za prouzrokovane rde pšenice. Kostić (1962) je utvrdio prisustvo *Puccinia graminis* f. *sp. tritici* na *Ae. cylindrica* u Zaječaru. Na kolekciji u Kragujevcu ova gljiva se razvijala na vrstama *Ae. variabilis*, *Ae. ventricosa*, *Ae. ovata*, *Ae. longissima*, *Ae. biuncialis* i *Ae. sharonensis* (Stojanović i Andrejić, 1981). U Dagistanu prve uredospore u proleće se razvijaju na *Ae. cylindrica*, odakle prelaze na pšenicu i, po pravilu, rda se najpre nađe na pšenici koja raste u blizini *Aegilops* (Ерлянд-Кожевников, 1974). prema ovo autoru, uredospore uzete sa *Ae. cylindrica*, *Ae. squarrosa* i *Ae. crassa* nisu jednake virulentnosti za heksaploidnu pšenicu. Najvirulentnije su uredospore uzete sa *Ae. crassa*. Zanimljivo je da postoji sličnost između rasa parazita stabljične rde zastupljenih na pšenici i *Aegilops*. Kostić (1962) je sa *Ae. cylindrica* izolovao rase 21 i 194. Rasa 21 je, u to vreme, bila jedna od najzastupljenijih na pšenici. Stojanović i Andrejić (1981) su sa različitih vrsta *Aegilops* izolovali rase 11-RRT, 11-RTT, 34-RHT, 34-RKF, 34-RKT i 194. Rase 11 i 34 su, takođe, bile dominantne na pšenici. Ovo nesumljivo pokazuje da postoji migracija uredospora sa pšenice na *Aegilops* i obratno, što može da bude veoma značajno za epidemiologiju parazita rda.

Iz podataka u tab. 2 može se videti da su geni Sr32 i Sr33 u fazi sejanaca bili efikasni prema dominantnim patotipovima parazita stabljične rde. Oni su uslovljavali pojavu otpornih tipova infekcije od 0 do 2+. Nešto veću efikasnost u ovoj fazi ispoljio je gen Sr33, jer je prema većini patotipova (osim RKT) obezbeđivao pojavu tipova infekcije (0-0). Za razliku od njega gen Sr32 je prema patotipovima RHS i RKB dopuštao izvestan razvoj parazita i pojavu tipova infekcije 2+ i 2-. Ova dva gena nisu pokazala zadovoljavajuću efikasnost u fazi odraslih biljaka u Kragujevcu i Zaječaru. U većini godina linije pšenice sa genima Sr32 i Sr33 su reagovalе osetljivim tipovima infekcije (3-4) i visokim intenzitetom zaraze. Jedino u 1994. godini gen Sr32 je uslovljavao pojavu srednje otpornog tipa infekcije u Kragujevcu i otpornog u Zaječaru. Visok intenzitet zaraze obezbeđen je veštačkim inokulacijama i povoljnim uslovima za razvoj rda pšenice.

Tab. 2. - Reakcija linija pšenice prema stabljičnoj rdi  
Reaction of wheat lines to stem rust

Sr gen Sr gene	Sejanci - Seedlings Patotip - Pathotype					Odrasle biljke - Adult plants Kragujevac Zaječar					
	RHT	RHS	RKK	RKB	RKT	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Sr32	1+	2+	0;	2-	0;	50VS	60MR	60VS	30VS	10R	20MS
Sr33	0;	0	0;	0;	1+	40VS	50VS	40VS	40MS	30VS	50VS
L. Club	4	4	4	4	4	80VS	80VS	90VS	60VS	50VS	70VS

Prema *Puccinia recondita* f. *sp. tritici* u fazi odraslih biljaka u Kragujevcu linija sa genom Lr21 je bila srednje osetljiva, a sa Lr22 genom srednje otporna (tab. 3). Najveći intenzitet zaraze u ovom lokalitetu je zabeležen na liniji sa Lr9 genom. Ipak, prisutne uredopustule su bile sitne i odgovarale su srednje otpornom tipu infekcije. Najefikasniji u Novom Sadu je bio Lr9 gen. On je obezbeđivao dobru otpornost biljkama pšenice i prema izolatima iz različitih lokaliteta. Geni Lr21 i Lr22 su bili neefikasni, kako u fazi odraslih biljaka tako i u fazi sejanaca.

T a b. 3. - Reakcija linija pšenice prema lisnoj rđi  
Reaction of wheat lines to leaf rust

Lr gen Lr gene	Odrasle biljke Adult plants		Sejanci - Seedlings							
	Kragu- jevac	Novi Sad	Kragu- jevac	Novi Sad	Žarkovo	Erdut	Požega	Indija	Nevesinje	Kovilj
Lr9	60MR	0VR	0;	0	0;	0	0;1	0;1	0	0
Lr21	40MS	40VS	4	4	4	4	4	4	4	4
Lr22	20MR	50VS	4	4	4	4	4	4	4	4
L. Club	80VS	80VS	4	4	4	4	4	4	4	4

Dobijeni rezultati o efikasnosti Sr i Lr gena koji potiču od *Aegilops* su saglasni sa literaturnim podacima. Bošković (1992) ističe da od 26 ispitivanih Lr gena potpunu efikasnost je pokazao samo gen Lr19, koji potiče od *Agropyron elongatum*, nešto manju gen Lr9 i Lr24, dok su ostali geni bili neefikasni. O dobroj efikasnosti Lr9 gena u Kini izvestili su Hu i Roelfs, u SAD Long et al., u Kanadi Kolmer, u Italiji Casulli et al. (loc. cit. Bošković, 1992), u SSSR Oдицова et al. (1982) i mnogi drugi.

U ovim istraživanjima korišćene su linije pšenice sa Sr i Lr genima od *Ae. squarrosa* i *Ae. umbellulata* (tab. 1). Međutim, one nisu jedine *Aegilops* vrste nosioci gena otpornosti prema parazitima rđi pšenice. Aung i Kerber (1994) ukazuju na visoku otpornost *Ae. triuncialis* prema parazitu lisne rđe, koju obezbeđuje CU genom. Asir et al. (1994) navode da linija pšenice RL 6081 poseduje kompleks gena Sr38+Lr37+Yr17 od *Ae. ventricosa*. Ova linija u Indiji je veoma otporna prema prouzrokovачu lisne rđe i srednje otporna prema prouzrokovачima stabljične i žute rđe. Prema podacima McIntosh (1988) gen Sr34 potiče od *Ae. comosa*, a gen Lr28 od *Ae. speltooides*. Na mogućnost prenošenja otpornosti prema rasama 15B i 56 prouzrokovачa stabljične rđe od *Ae. speltooides* ukazao je Kott (loc. cit. Воронкова, 1974). Riley et al. (1968) ističu da je *Ae. comosa* nosilac Yr gena otpornosti za žutu rđu pšenice. Prema istraživanjima Андреев и Плотников (1989) parazit lisne rđe se razvija još i na vrstama *Ae. cylindrica*, *Ae. biuncialis*, *Ae. triuncialis* i *Ae. crassa*, te i ove vrste mogu biti nosioci Lr gena. Stepanov i Iliev (1991) su kao donore gena otpornosti prema *Erysiphe graminis* f. *sp. tritici* koristili *Ae. variabilis*. Njihova istraživanja su pokazala da *Ae. variabilis* poseduje visoku otpornost prema mnogim rasama ove gljive u Bugarskoj.

Rezultati ovih istraživanja ukazuju da u budućim selekcionim programima treba koristiti različite vrste *Aegilops* kao donore gena otpornosti prema prouzrokovачima rđi pšenice. Udaljena hibridizacija je veoma značajna, jer obezbeđuje nove gene otpornosti prema bolestima pšenice (Воронкова, 1974). Bošković i Browder (1976) navode da najefikasniji Lr geni vode poreklo od *Agropyron spp.*, *Aegilops spp.* i *Secale cereale*. Bošković (1992) je mišljenja da su geni Lr9, Lr19 i Lr24 najviše doprineli suzbijanju parazita lisne rđe pšenice. Zbog toga je ona ukrštala linije koje poseduju ove gene sa rekurentnim roditeljima Princ i Starke i dobila otporne hibride. Na značaj Lr9, Lr19 i Lr24 gena ukazali su Oдицова et al. (1982). Prema ovim autorima u kolekciji meke pšenice VIR-a sorte Riley, McNair 2203, McNair 701, McNair 1813, Abe i Oasis su nosioci Lr9 gena. Prema navodima McIntosh (1988) Lr9 gen se nalazi još i u genotipovima pšenice Transfer, PI 468940 i Sullivan. Proučavajući horizontalnu otpornost linija pšenice sa Lr21 i Lr22 genima Oдицова i Михайлова (1988) su utvrdile da su ove linije vrlo otporne. Obzirom na značaj horizontalne otpornosti zbog njene dugotrajnosti i ove gene treba koristiti u našim selekcionim programima. Da se otpornost prema bolestima od *Aegilops* vrsta može preneti u pšenicu prvi je pokazao Sears (1956). On je uspeo da prenese gene otpornosti prema prouzrokovачu lisne rđe u pšenicu od *Ae. umbellulata*. Kasnije Solum et al. (1963) su utvrdili da je to bio gen Lr9. Sambofski (1963) je gene od iste vrste *Aegilops* preneo u sorte Transpher i Chinese Spring. Aung i Kerber (1994) su dobili otporno

potomstvo prema lisnoj rđi ukrštajući *Ae. triuncialis* sa sortom Marquis. Maan i Gordon (1988) daju veoma opširan prikaz hibrida nastalih između 25 *Aegilops* vrsta i pšenice. Treba istaći da hibridizacija između *Aegilops* i pšenice nije jednostavna i da je vezana sa problemom sterilnosti hibrida i prenošenja u potomstva nekih nepoželjnih svojstava. Ipak, nova saznanja uz primenu savremenih metoda rada omogućavaju prevazilaženje ovih poteškoća i dobijanje otpornih i produktivnih hibrida heksaploidne pšenice.

### Zaključak

Na osnovu obavljenih istraživanja i dobijenih rezultata mogu se izvući sledeći zaključci:  
- *Aegilops* je veoma značajan izvor gena otpornosti prema prouzrokovачu stabljične i lisne rđe pšenice.

- Utvrđena je dobra efikasnost Sr32 i Sr33 gena u fazi sejanaca prema različitim patotipovima parazita stabljične rđe. Međutim, u fazi odraslih biljaka u Kragujevcu i Zaječaru gen Sr33 je bio neefikasan, dok je gen Sr32 u 1994. godini ispoljio srednju efikasnost.

- Prema prouzrokovачu lisne rđe u fazi sejanaca efikasan je bio jedino gen Lr9. I u fazi odraslih biljaka ovaj gen je bio efikasan u Novom Sadu, a u Kragujevcu srednje efikasan. Postoji razlika u reakciji Lr21 i Lr22 gena u zavisnosti od lokaliteta. Oba gena su u Novom Sadu bili neefikasni, dok su u Kragujevcu ispoljili srednju efikasnost.

- U selekciji pšenice prema prouzrokovачu stabljične i lisne rđe treba koristiti linije i sorte koje poseduju gene otpornosti od *Aegilops* vrsta, kao i drugih srodnika heksaploidne pšenice. Za lisnu rđu od najvećeg je značaja Lr9 gen, koji se već nalazi u mnogim sortama pšenice.

### LITERATURA

- Андреев, Л.Н., Плотников, Ю.М. (1989): Ржавчяна пшеницы. Цитология и физиология. Наука, Москва.
- Asir, R., Reddy, V.R.K., Viswanathan, R. (1994): Introduction of *Aegilops ventricosa* derived gene complex Sr38+Lr37+Yr17 into popular Indian bread wheat cultivars. Wheat News Letter, V.40.3.
- Aung, T., Kerber, E.R. (1994): Incorporation of leaf rust resistance from wild tetraploid into cultivated hexaploid wheat. Wheat News Letter, V.40.2.
- Берлянд-Кожевников, В.М. (1974): Сопраження звольнення растений-хозяина и паразита и селекция пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине. В книге Генетика и селекция болезнестойчивых сортов культурных растений. „Наука“, Москва.
- Bošković, M., Browder, L.E. (1976): A comparison of pathogenicity of *Puccinia recondita tritici* in Europe, the United States and Canada. Plant Disease Reporter, 7:278-280.
- Bošković, J. (1992): Selekcija izvora otpornosti pšenice akumulacijom gena otpornosti prema *Puccinia recondita* f. *sp. tritici* i primena modela „gen-za-gen“ odnosa. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- Dyck, P.L., Kerber, E.R. (1970): Inheritance in hexaploid wheat of adult-plant leaf rust resistance derived from *Aegilops squarrosa*. Can. J. Gen. Citol., 12: 175-180.
- Kerber, E.R., Dyck, P.L. (1979): Resistance to stem rust and leaf rust of wheat in *Aegilops squarrosa* and transfer of a gene for stem rust resistance to hexaploid wheat. Proc. V. Int. Wheat Gen. Symp., pp. 358-364, New Delhi.
- Kostić, B. (1962): Fiziološke rase *Puccinia graminis* var. *tritici* Erikss. et Henn. u jugoistočnom delu FNRJ. Zaštita bilja, 69-70:5-81.
- Levine, M.N., Basile, R. (1959): A review and appraisal of thirty years research on cereal uredinology in Italy. Boll. Staz. Pat. Veget., XVII, Ser terza, 1-36.

- Maan, S.S., Gordon, J. (1988): Compending of alloplasmic lines and amphiploids in the Triticeae. Proc. of the VII Inter. Wheta Gen. Symp., 1325-1371. England.
- McIntosh, R.A. (1988): Catalog of gene symbols for wheat. Proc. of the VII Inter. Wheat Gen. Symp., 1225-1323, England.
- Одинцова, И.Г., Кривченко, В.И., Григорьева, О.Г., Пешца, Х.О., Приплин, О.Я., Макарова, Н.А., Богословский, П.А., Хван, О., Медведев, А.М., Зуев, В.И. (1982): Каталог мировой коллекции ВИР. Устойчивые к бурой ржавчине образцов яровой пшеницы с предварительной генетической характеристикой. Выпуск 362, Ленинград.
- Одинцова, И.Г., Михайлова, Л.А. (1988): Горизонтальная устойчивость пшеницы к бурой ржавчине, связанная с неэффективными генами вертикальной устойчивости. Генетика, 6:1041-1045.
- Peterson, R.F., Campbell, A.B., Hannah, E.E. (1948): A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. Can. J. Res., 496-500.
- Riley, R., Chapman, V., Johnson, R. (1968): Introduction of yellow rust resistance of *Aegilops comosa* into wheat by genetically induced homoecologous recombination. Nature, 217: 383-384.
- Samborski, D.J. (1963): A mutation in *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* to virulence on Transfer, Chinese Spring x *Aegilops umbellulata* Zhuk. Can. J. Bot., 41: 475-479.
- Sears, E.R. (1956): The transfer of leaf rust resistance from *Aegilops umbellulata* to wheat. Brookhaven Symp. in Biology, 9: 1-22.
- Soliman, A.S., Heyne, E.G., Johnston, C.O. (1963): Resistance to leaf rust in wheat derived from *Aegilops umbellulata* translocation lines. Crop. Sci., 3: 254-256.
- Stakman, E.C., Stewart, D.M., Loegering, W. (1962): Identification of physiologic races of *Puccinia graminis tritici*. USDA-ARS, E-617.
- Stepanov, P., Iliev, I. (1991): Characterization of a disomic wheat - *Ae. variabilis* addition line resistant to powdery mildew fungus. Wheat Inform. Service, 73:1-4.
- Stojanović, S., Andrejić, M. (1981): Biotipovi fizioloških rasa *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. izolovani sa trava. Zaštita bilja, 155: 29-34.
- Воронкова, А.А. (1974): Генетика и селекция болезнестойчивых сортов культурных растений. Исходный материал для селекции на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине, 41-65, „Наука“, Москва.

(Primljeno 20.12.1995.)

## THE EFFECTIVENESS OF RESISTANCE GENES DERIVED FROM *AEGILOPS* SPP. TO WHEAT RUSTS

by

S. Stojanović<sup>1</sup>, Jovanka Stojanović,<sup>1</sup> Z. Jerković,<sup>3</sup> S. Milijić<sup>2</sup> and R. Jevtić<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Agriculture Research Institute „Serbia“, Belgrade

<sup>1</sup> Center for Small Grains, Kragujevac

<sup>3</sup> Center for agricultural and technological investigation, Zaječar

<sup>2</sup> Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

### Summary

In this paper resistance of nearly isogenic lines with genes Sr32, Sr33, Lr9, Lr21 and Lr22 derived from *Ae. squarrosa* and *Ae. umbellulata* is presented.

The genes Sr32 and Sr33 showed good effectiveness to different pathotypes of wheat stem rust in seedling stage. But, in adult stage lines with this genes were moderately resistant to very susceptible in Kragujevac and Zaječar. The most effective was gene Lr9. In our population of wheat leaf rust there is no alleles of virulence to this gene. The lines with other two genes (Lr21 and Lr22) were susceptible in Novi Sad and moderately susceptible in Kragujevac.

Studies showed that *Aegilops spp.* is very important source of Sr and Lr genes of resistance.