



Osnove trajno umanjenog razvoja *Puccinia triticina* u semi-aridnim regionima

Zoran Jerković^{1*}, Željana Prijčić²

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

²Fakultet za biofarming Megatrend Univerziteta, Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola

Izvod: Genotipovi ozime pšenice stvoreni u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, testirani su u poljskim uslovima na otpornost prema *Puccinia triticina* u poslednjih dvadeset godina. U ovom radu odabrani su oni genotipovi pšenice koji su u poljskim uslovima bili sa intenzitetom zaraze listova ispod 30 %. U stadijumu sejanaca biljke su u stakleniku (prosečno 20 °C do 25 °C) bile inokulisane natresanjem izolatom sa sorte Pesma, a sa ciljem da se odrede svojstva pseudorezistentnosti, te razlike među specifično otpornim genotipovima na osnovu identičnosti po porastu stabla i listova. Linije NS 8040, BM 328 i ZJ 1675 su bile definisane kao pseudo-rezistentne, sa nižim reakcionim tipom (RT), koji se povisio kad je drugi list bio uklonjen posle inokulacije (RT1), visokom uspešnošću infekcije (IF) i kratkim latentnim periodom (LP). Tipične karakteristike rasta sejanaca bile su nisko stablo, kratak prvi i dug drugi list. Genotipovi bez takvih ekspresija su svrstani u četiri grupe po reakcionim tipovima (., ;N₁;N23 i 4). U svim drugim kategorijama po svojstvima rasta, osim prvonavedene (RT), bilo je i genotipova s kratkim latentnim periodom, najvišim reakcionim tipom i uspešnošću infekcije. Akumulacija gena za produžen latentni period (LP) relativno je snizila SN. ZJ linije su bile različite po genima za prvonavedeno svojstvo. Nisko stablo u stadijumu sejanaca pri višim temperaturama je bila jedina osobina koja je na osnovu dosadašnjih rezultata neočekivano povisila SN infekcije, a smanjila reakcioni tip.

Cljučne reči: *Puccinia triticina*, trajna otpornost

Uvod

Otpornost prema parazitima pšenice je naučno osnovana tema početkom prošlog veka (Biffen 1905, Stakman & Piemiesel 1917). Modeli interakcija parazita i domaćina u određenim uslovima spoljne sredine postavljani su znatno kasnije (Flor 1956, Flor 1971, Loegering 1978, Roelfs et al. 1992). Van der Plank (1963) je na osnovu epidemioloških karaktera te broja i efekata gena za otpornost izvršio podelu na vertikalnu i horizontalnu otpornost. Do sada je prijavljeno 57 gena koji smanjuju razvoj *Puccinia triticina* prouzrokovala lisne rde, prenesenih u sortu

Thatcher. Neki od njih su opisani kao prome-njivog reakcionog tipa (RT) pri promeni temperature (Lr 11-13, Lr 18) ili efektni samo u odraslom stadijumu (Lr 12,13, Lr 22, Lr 35 a Lr 48 i Lr 49 samo s Lr 34). Lr 29 i Lr 31 deluju zajedno. Efekat Lr 21 s 39 je bio kasnije prijavljeni Lr 43. Ustanovljena je i identičnost u skorije vreme pronađenih gena sa pret-hodnim, Lr 40=Lr 21, a Lr 41=Lr 39. Iz tog razloga Lr 40, Lr 41 i 43 su obrisani. Samo na hromozomima 2D, 6B i 7D pronađeni su multipli aleli (www.cdl.umn.edu). Lr 1, Lr 12, Lr 15, Lr 17, Lr 18, Lr 19, Lr 20, Lr 21, Lr 24 i Lr 34 bile su nešto otpornije u Bugarskoj, a Lr 3KA, Lr 16, Lr 19, Lr 20, Lr 21, Lr 24 i Lr 38 u Srbiji (Jerković et al, 2002). Lr 2a koji je ponovo počeo da smanjuje RT nalazi se na

*autor za kontakt / corresponding author
(jerkovic@ifvens.ns.ac.rs)

istom hromozomu sa Lr 22b (Thatcher) (Mičanović 2002, Putnik-Delić 2006). Hromozomi sa D genoma su opisani kao nosioci supresora (Bai & Knott 1994). Nekompletna otpornost postala je aktuelna pre tridesetak godina (Parlevliet & Van Ommeren 1975, Parlevliet 1978) usled intenzivnog korišćenja postojećih i nedostataka novih pojedinačno efektnih gena. Histološkim istraživanjima rane aborticije u različitim stadijumima, te smeru rasta inicijalne hife nije ustanovljena osnova umanjene uspešnosti infekcije (IF). Otpornost diploidne pšenice je varirala od potpunog prehaustorijske do posthaustorijske sa čestim nekrozama. Zavisila je više od varijabilnosti u *Triticum monococcum* nego od izolata *Puccinia recondita* (Niks 1981). Non-host reakcija prema lisnoj rđi raži je prehaustorijska. Reakcija sorte raži Rogo prema lisnoj rđi raži je većinom posthaustorijska sa nekrozama. Na diploidnoj pšenici zaraženoj sa *Puccinia bordei* primećene su nekroze (Niks & Dekens 1991). Interakcije gena za specifičnu otpornost prema parazitu s različitim hromozoma, koje bi se ispoljile kroz nizak RT i IF, te produžen latentni period (LP), teorijama nisu predviđene, kao ni mešovite reakcije (x) pri istom monopustulnom izolatu.

Rad na odabiru i stvaranju izvora otpornosti prema *Puccinia triticina* u našoj zemlji traje već gotovo pola veka (Bošković 1965, Momčilović 1966). Obimnim istraživanjima nasleđivanja reakcionog tipa (RT) najčešće je ustanovljeno komplementarno dejstvo više gena (Momčilović & Jerković 1985), a novijim metodama određena svojstva nekompletne, LP i IF (Jerković et al. 1992, Jerković et al. 1995). U paralelnim programima, s ciljem stvaranja genotipova tolerantnih na sušu i visoke temperature, korišćeni su geni čiji se efekat svodi na brz prenos vode i solubilnih karbohidrata te odumiranje donjih listova (Putnik-Delić & Jerković 2006). Prapatni efekat je smanjen razvoj obligatnih parazita (Jerković 2009). Sve linije i sorte prema *Puccinia triticina* sa manje od 30 % zahvaćenosti poslednja dva lista su gajene u rasadniku za otpornost Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu radi kombinovanja oba karaktera i postizanja regionalno najvišeg mogućeg kvaliteta i prinosa zrna.

Cilj istraživanja je bilo definisanje osobina trajno otpornih genotipova u stadijumu sejanaca i razlikovanje genotipova po osnovama specifične otpornosti u semiaridnim regionima.

Materijal i metod rada

Dvanaest sorti i linija pšenice otpornih na prouzrokač lisne rđe u poljskim uslovima (Rimski Šančevi) testirano je u stakleniku pri prosečnoj temperaturi vazduha od 20 °C do 25 °C simultano s Lr linijama i kontrolnim, izuzetno osetljivim genotipovima u stadijumu sejanaca. Inokulacija je izvršena izolatom *Puccinia triticina* sa Pesme, nekompletno otporne sorte regionalno raširene u proizvodnji poslednjih petnaestak godina u tipu rase 77 (Johnston & Browder 1966). Ustanovljen je RT (Stakman et al. 1962), SN = broj simptoma (30-ak = L, 40-ak = M i 50-ak = H na 100 mm² po sredini prvog lista) te LP slično već korišćenom metodu (Putnik-Delić 2006, Jerković i sar. 2007) a po danu razlike od početne pojave pustula označen S (kratak), M (srednji) i L (dugačak). U istoj posudi u gustom sklopu su gajene biljke od svakog genotipa, a na deset je drugi list uklonjen odmah nakon inkubacije (RT1, IF1). Nakon deset dana od inokulacije, izmerene su i razlike genotipova po visini stabla (H = iznad 6 cm, M = 4-6 cm, L = ispod 4 cm) te dužini prvog ili drugog lista (H1 ili H2 = iznad 15 cm, M1 ili M2 = 11-15 cm, L1 ili L1 = manje od 11 cm) te zabeležena pojava suvog ili hlortičnog vrha prvog lista (SV) iznad mesta savijanja.

Rezultati i diskusija

Testirane linije (Tab. 1) su se razlikovale po porastu prva dva lista i stabla. NS 8040 i BM 328 sa brzim porastom drugog lista i niskim stablom, ostvarile su najniži RT, kratak LP, a HSN. Linije postoje kao homozigotne već više od dvadeset godina. Uklanjanjem drugog lista RT je bio povećan. Takođe je 2001. na prvopomenutoj liniji zabeležena pojava pustula (RT 3) uz SLP usled nižih temperatura pri testiranju. Od Lr linija, najviši drugi list, a srednji prvi list je imala Lr 23 linija uz srednje dugo stablo. Lr 10 linija je bila usklađenog ali usporenog rasta (LLL)

prvih sedam dana od inokulacije. Gabo 56 (Lr23) i Lee-ND 138 (Lr 10) su jedni od roditelja. Oba gena u sorti Thatcher ne obezbeđuju niži RT i LP prema korišćenim izolatima (Jerković, neobjavljeno). Visoke vrednosti novih odnosa rasta (SGR i LGR) u poljskim uslovima bile su vezane s umanjnim intenzitetima zaraze (Jerković et al. 2009) kao i kod tri prvoavedene linije (Tab. 1). Ispoljeni karakteri otpornosti bili su obr-

nuti u različitim stadijumima. Kombinacija Lr 10 i Lr 13 u liniji ZJ 1675 najviše je odgovarala ispoljenim karakteristikama. Navedene osobine su omogućavale brz razvoj fakultativnih parazita (Jerković i sar. 2005, Jerković & Putnik-Delić 2007b). Kod genotipova sa podjednakim listovima nakon deset dana, te stabiljkom srednje dužine nije bilo promena po karakteristikama otpornosti.

Tab.1. Karakteri razvoja genotipova i otpornost prema Puccinia triticina u stadijumu sejanaca
Tab.1. Seedling stage growth characteristics and resistance to Puccinia triticina

Genotip <i>Genotype</i>	RT	RT1	IF	IF1	LP	H	M	L	H1	M1	L1	H2	M2	L2	SV
NS 8040	;	;N2	H	H	S			x			X	x			
BM 328	;	;1	H	H	S			x			X	x			
ZJ 1675	;4	14	H	H	S			x		x		x			
BM 101	;	;	L	L	-	x			x				x		
BM 197	;	;	L	L	-	x			x				x		
ZJ R 860	4	4	L	L	L	x				x			x		
ZJ 1733	;	;	L	L	-		x			x				x	
ZJ 1316	;N	;N	L	L	-		x		x			x			
ZJ 1722	;N3	;N3	L	L	L		x		x			x			
ZJ 1786	4	4	L	L	L		x			x				x	
ZJ 1582	4	4	L	L	L		x		x			x			
Pesma	;N2	;N23	M	M	L		x			x			x		x
NSR 2	4	4	H	H	S		x			x			x		
NS 6-3558	4	4	H	H	S	x			x			x			
NS 3-6535	4	4	H	H	S	x				x		x			

2Lr 24 i Lr 19 linije reagovala su oko ;N , a Lr 1 i Lr 2a su ispoljile LLP (a od 2000. ponovo i niži RT prema rasi 2) u svim citiranim radovima iz Srbije. Ovi geni opisani su tipičnom reakcijom 0; (Browder et al. 1980). Takođe je kombinacija Lr 1 i Lr 13 reagovala na isti način (Jerković et al. 1996). Kod sorte Pesma se otpornost ispoljila nešto nižim RT-om nego kod ZJ 1722, pri čemu se sušio vrh prvog lista koja ukazuje na prisustvo LR 34. Primećeno je da na hromozomu sa Lr 34 (7D) postoji i supresor (Dyck 1987, Jerković & Putnik-Delić 2007a). Nepprisustvo Lr 19 i 24 (Jerković 1992), a kasnije Lr 1 i Lr 2a (Mićanović 2002) dokazano je u roditeljima navedenih linija na osnovu razdvajanja u potomstvima F2 generacija. Lr 3 i Lr 10 pronađeni su u sorti Selekt (Jerković et al. 2003). U potomstvu iz ukrštanja s Pesmom

nije bilo osetljivih biljaka (Jerković, nepublikovano).

Zaključak

Hipersenzitivna, parazitu specifična reakcija je brža od opšte reakcije na stres, usled kraćerelacijskog višesmernog transporta vode i solubilnih karbohidrata ka povredi nakon inkubacije, za razliku od jednosmernog u stablo i drugi list. Geni za specifičnu otpornost umanjuju uspešnost infekcije samo delimično. Nisko stablo je bilo uzrok obrnute pojave u stadijumu sejanaca uz niži RT pri višim temperaturama. Kao pseudorezistentne, s trajno umanjnim razvojem *Puccinia triticina* u semiaridnim regionima definisane su i linije dugačkog drugog a kratkog prvog lista te niskog stabla s neočekivano višom uspešnošću infekcije u stadijumu sejanaca, nis-

kog ili mešovitog RT (nešto viši pri uklonjenom gornjem listu), a kratkog LP-a. Tri genotipa bez pronađenih morfoloških osobina bili su potpuno osetljivi, bez ijedne osobine vezane za otpornost, a time ZJ i BM linije dokazano različite po genima za specifičnu otpornost prema parazitima. Po svim dosadašnjim rezultatima i relativno produženi LP je trajna osobina, a odnosi rasta osetljivih genotipova su bili postignuti drugim genima u kombinaciji sa delom onih definisanih kao Lr (odgovornih i za tolerantnost prema drugim stresovima). Razlika između BM 101 i 197 linija međusobno i ZJ 1733 po genima za produženi LP odnosno specifičnu otpornost nije dokazana. U slučaju sličnih vrednosti RT i IF pri simultanom testiranju biljaka sa drugim listom i bez drugog lista, ustanovljena otpornost nije lažna nego prenosiva u sve tipove pšenice.

Literatura

- Bai D, Knott D R (1994): Suppression of rust resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by D genome chromosomes. *Genome* 37: 405-409
- Biffen R H (1905): Mendel's laws of inheritance and wheat breeding. *J. Agr. Sci.* 1: 4-48
- Bošković M (1965): Identifikacija fizioloških rasa *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f.sp. *tritici* (Erikss.) u Jugoslaviji. *Savremena poljoprivreda* 4: 183
- Browder L E, Lyon F L, Eversmeyer M G (1980): Races, pathogenicity phenotypes, and type cultures of plant pathogens. *Phytopathology* 70: 581-583
- Dyck P L (1987): The association of a gene for leaf rust resistance with the chromosome 7D suppressor of stem rust resistance in common wheat. *Genome* 29: 467-469
- Flor H H (1956): The complementary genic systems in flax and flax rust. *Advances in Genetics* 8: 29
- Flor H H (1971): Current status of the gene-for-gene concept. *Ann. Rev. Phytopathology* 9: 275-296
- Jerković Z (1992): Identifying genes for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* resistance in wheat lines. *Journal of Genetics & Breeding* 46: 163-166
- Jerković Z, Zadoks J C, Momčilović V (1992): Inheritance of uncomplete resistance to *Puccinia recondita tritici*. Proceedings of the Eight European and Mediterranean Cereal Rusts and Mildews Conference, Germany, Vortr. Pflanzenzuchtg. 24: 218-220
- Jerković Z, Mišić T, Jevtić R (1995): Accumulating genes for enhancement of incomplete resistance to *Puccinia recondita tritici*. Zuchtungsforschung, Bundesanstalt für Zuchtungsforschung an Kulturpflanzen, Quedlinburg, Germany 2: 336-339
- Jerković Z, Bošković M, Bošković J, Park R (1996): Interactions of wheat resistance genes against leaf rust. Kongres biologa Makedonije sa internacionalnim učešćem, Abstrakti 90
- Jerković Z, Todorova M, Jevtić R (2002): Reakcije prema *Puccinia triticina* i *Puccinia striiformis* i intenziteti zaraza na Lr izogenim linijama. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad* 37: 77-83
- Jerković Z, Mićanović Ž, Jevtić R (2003): Genetic basis of hypersensitive resistance to *Puccinia triticina* in Novi Sad created wheat varieties, Proceeding, International Scientific Conference 50 Years University of Forestry, Sofia, 200-202
- Jerković Z, Putnik-Delić M, Hanzalova A, Jevtić R (2005): *Pyrenophora tritici-repentis* uzrok slabijeg razvoja *Puccinia triticina*. *Pesticidi i fitomedicina* 20: 235-239
- Jerković Z, Putnik-Delić M (2007a): Effect of cytoplasm on expression of genes for resistance to *Puccinia triticina*. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke* 112: 43-48
- Jerković Z, Putnik-Delić M (2007b): Genotipovi pšenice s kompleksnom otpornošću prema parazitima u semiaridnim regionima. III simpozijum s međunarodnim učešćem: Inovacije u ratarskoj proizvodnji, *Zbornik izvoda*, 62
- Jerković Z, Putnik-Delić M, Prijčić Ž (2007): Prednosti novog metoda za ocenu karaktera otpornosti prema *Puccinia coronata* III simpozijum s međunarodnim učešćem: Inovacije u ratarskoj proizvodnji, *Zbornik izvoda*, 160
- Jerković Z (2008): Wheat variety specific model of parasite development and effects in semiarid regions. *Breeding* 2008, 277-282
- Jerković Z, Prijčić Ž, Putnik-Delić M (2009): Two new parameters linked with amount of *Puccinia triticina*. *Archives of Biological Sciences* (received in October 2009)
- Johanson C O, Browder L E (1966): Seventh revision of physiological races of *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. *Plant Disease Reporter* 50: 756
- Loefering W Q (1978): Current concepts in intergenomic genetics. *Ann. Rev. Phytopathology* 16: 309-320
- Mićanović Z (2002): Identifikacija gena za otpornost ozime pšenice prema *Puccinia recondita tritici*, *Magistarska teza*, Poljoprivredni fakultet, Zemun, 51
- Momčilović V (1966): Problems in selection of wheat strains as sources of resistance to leaf rust. *Cereal Rusts Conference*, Cambridge, 1: 126-132
- Momčilović V, Jerković Z (1985): Nasledjivanje otpornosti prema *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* od četiri izvora otpornosti. *Zaštita bilja* 171: 13-17
- Niks R E (1981): Early abortion of colonies of leaf rust, *Puccinia hordei*, in partially resistant barley seedlings. *Canadian Journal of Botany* 60: 714-723
- Niks R E, Dekens R G (1991): Prehaustorial and posthaustorial resistance to wheat leaf rust in diploid wheat seedlings. *Phytopathology* 81: 847-851
- Parlevliet J E, Van Ommeren (1975): Partial resistance of barley to leaf rust *Puccinia hordei*. II Relationship between field trials, micro plot tests and latent period. *Euphytica* 24: 293-303
- Parlevliet J E (1978): Further evidence of polygenic inheritance of the partial resistance in barley to leaf rust, *Puccinia hordei*. *Euphytica* 27: 369-379
- Putnik-Delić M (2006): Povezanost otpornosti prema *Puccinia triticina* u različitim fazama razvoja genotipova pšenice. *Magistarska teza*, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 51
- Putnik-Delić M, Jerković Z (2006): Fitopatološke posledice lažne otpornosti prema *Puccinia triticina*. *Selekcija i semenarstvo* 12: 79-82
- Roelphs A P, Singh R P, Saari E E (1992): Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. *CIMMYT, Mexico, D.F.*
- Stakman E C, Piemeisel R J (1917): Biologic forms of *Puccinia graminis* on cereals and grasses. *J. Agr. Res.* 10: 429-495

Basis of long-term decreased development of *Puccinia triticina* in semiarid regions

Zoran Jerković¹, Željana Prijić²

¹Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

²Faculty of Biofarming, Megatrend University, Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola

Summary: The genotypes of winter wheat developed at Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, were tested for field resistance to *Puccinia triticina* during previous 30 years. The genotypes with infection severity less than 30 % were tested as seedlings in the greenhouse (20-25°C) using the isolate multiplied from widespread variety Pema, with the aim of defining pseudo-resistance basis and finding differences in specific resistant ones. Lines NS 8040, BM 328 and ZJ 1675 were defined as pseudo-resistant with low reaction types increasable when second leaves were removed after inoculation, high infection efficiency and short latency period. The typical characteristic of growth was low stem, short first and long second leaf. The genotypes without such expressions were separated in four groups according to reaction types (1, 2, 3, 4). Generally, it could also be concluded that hypersensitive reaction to parasite was based on water loss and sugar accumulation around the pustule. Infection efficiency was generally dependent on wheat type (one direction high temperature or drought stress tolerance connected genes) except in particular mentioned case of pseudo-resistance at seedlings related to higher air temperatures. The same wheat type as susceptible ones proved ZJ lines as different according to parasite specific genes.

Key words: long-term resistance, *Puccinia triticina*

Primljeno / Received: 09.11.2009.

Prihvaćeno / Accepted: 01.12.2009.