

Abstract

POWDERY MILDEW – ARISTOCRATIC DISEASE OF WHEAT

Mirjana Lalošević¹, Radivoje Jevtic¹, Vesna Župunski¹, Stevan Maširevic²

¹Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

²University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad

E-mail: mirjana.lalosevic@ifvcns.ns.ac.rs

Powdery mildew of wheat, caused by *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, is common disease in all the wheat growing areas, including the territory of Serbia. It occurs each year in a lower or higher intensity. It is considered as a high-risk pathogen because of its significant potential for adaptability and change in the virulence structure of its population. Breeding for resistance to this pathogen is an important task of wheat breeding programs worldwide. A large number of the powdery mildew pathotypes have been described, and a large number consistently forms. For that reasons wheat resistance to this pathogen is most often short-lived. Given that this pathogen has a great potential in spreading to significant distances, the risk of loss of resistance is even greater. However, the type of resistance which is characterized as a partial, allowing pathogenic development to the extent that does not affect yield losses, has been achieved in some wheat varieties that are now successfully grown across the world. Also, the cultural practices which ensure optimal crop canopy is an important measure that keeps the pathogen under control, given that the powdery mildew is a disease of rich, thick heavy crops. Fungicide treatment is recommended when preventive measures do not provide effective results.

Key words: powdery mildew, wheat, resistance, cultural practices, fungicides

RDE PŠENICE – PROŠLOST, SADAŠNJOST I BUDUCNOST

Radivoje Jevtic, Mirjana Lalošević, Vesna Župunski, Zoran Jerkovic

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

E-mail: radivoje.jevtic@ifvcns.ns.ac.rs

Rad primljen: 04.04.2017.

Prihvacen za štampu: 07.04.2017.

Izvod

Tokom istorije rde su periodično bile pretnja proizvodnji ratarskih kultura. Ekonomski najznacajnije su rde koje se javljaju na pšenici: lisna, žuta i stabljicna rda. Odnos pšenica-rde tokom XX veka je pretrpeo značajne promene, pocevši

od epidemija stabljicne rde pocetkom ovog veka, zatim uspostavljanja sistema kontrole datih patogena kroz znacajne istraživačke programe, pa do ponovne pojave epidemije stabljicne, ali i žute rde na kraju XX veka.

Na našim prostorima znacajna epidemija lisne rde utvrđena je 1994. godine, dok su 2014. godine veliki gubici u prinosu pšenice uzrokovani jačom pojavom žute rde. Višegodišnja ispitivanja na oglednim poljima na Rimskim Šancevima ukazala su na statistički znacajan uticaj sredine/godine i sorte na visinu indeksa oboljenja rda pšenice. Klimatski elementi koji su znacajno uticali na razvoj lisne rde u periodu 1998-2013. godine bili su: temperatura u aprilu; relativna vlažnost vazduha u aprilu i temperatura u maju. Klimatski uslovi koji su pogodovali pojavi žute rde 2014. godine, odnose se pre svega na srednje temperature u januaru i februaru koje su nadmašile desetogodišnje proseke, kao i na obilne padavine u martu i aprilu koje su takode bile iznad prosečnih vrednosti. Takode, u ovim istraživanjima utvrđen je statistički znacajan uticaj prouzrokovaca lisne, kao i žute rde na gubitak prinosa pšenice.

S obzirom na epidemiju stabljicne rde koja je prošle, 2016. godine, zahvatila hiljade hektara na području Sicilije, kao i na podatke o pojavi novih, agresivnijih rasa žute rde na području Evrope, redovno praćenje klimatskih promena i pristup koji podrazumeva integralne mere zaštite useva predstavlja neophodnost kako bi se držao korak sa ovim patogenima.

Ključne reci: Rde pšenice, rase, epidemije, klima, integralna zaštita useva

UVOD

Nacini proizvodnje pšenice menjali su se kroz vekove razvojem tehnologije i naših saznanja o odnosu patogena i biljke domaćina. Međutim, patogeni uvek imaju odgovor na dostignuća čovečanstva kojima se želi intenzivirati poljoprivredna proizvodnja. Promene u genetičkoj strukturi populacija, nastanak novih rasa prilagođenih klimatskim promenama, širenje na velika rastojanja vetrom ali i preko intenziviranog međunarodnog saobraćaja doveli su do pojave rda pšenice u epidemijskim razmerama širom sveta i danas takode predstavljaju ozbiljnu pretnju na globalnom nivou. Doktor Stakman je opisao rde kao “nestalne neprijatelje”, a čuven je i citat dobitnika Nobelove nagrade za mir (1970) dr Borlauga koji je rekao da “rda nikad ne spava”.

Na pšenici se javljaju tri vrste prouzrokovaca rda: *Puccinia triticina* (prouzrokovac lisne rde), *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (prouzrokovac žute rde) i *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (prouzrokovac stabljicne rde). Simptomi ovih oboljenja se javljaju na svim nadzemnim delovima biljke. Najtipičniji simptomi lisne rde se javljaju na listovima u vidu brojnih sitnih ovalnih pustula narandžaste boje, koje su nepravilno razmeštene po listu i pri povoljnim uslovima lako se šire, spajaju i pokrivaju citavu površinu lista (Slika 1a). Tipični simptomi žute rde se javljaju na listovima pšenice u vidu crtica limun žute do narandžaste boje oivicene nervaturom lista (Slika 1b). U slučaju stabljicne rde, najčešće se simptomi sreću na lisnim rukavcima i stabljici, u vidu dugih, uskih pustula, cigla

crvene boje, paralelno sa osom stabla. Na slici 1c prikazan je teleutostadijum ovog parazita na lisnim rukavcima i stabljici pšenice.

U svim regionima gajenja pšenice, rde se s vremena na vreme javljaju u epidemijskim razmerama. Kod osetljivih sorti može doći i do kompletnih gubitaka useva u uslovima koji su veoma povoljni za razvoj rda (Hodson, 2011).

Globalni problem kontrole prouzrokovaca rda pšenice uticao je na formiranje Borlagove Globalne Inicijative za Rde (BGRI, eng. Borlaug Global Rust Initiative) 2005. godine i Globalnog referentnog centra za rde (GRRC, eng. Global Rust Reference Center) koji je osnovan u Danskoj 2008. godine od strane CIMMYT-a, ICARDA-e i Aarhus University-a. Osnovni zadatak ove Inicijative je intenziviranje međunarodne saradnje u borbi protiv ovih patogena, koja podrazumeva pre svega nadzor i pracenje promena u strukturi populacija rda, a u cilju ostvarenja uspešne kontrole. Objedinjavanje saznanja o ovim patogenima do kojih se došlo u prošlosti i sadašnjosti daje šansu kontroli patogena „koji nikad ne spava” u budućnosti.



Slika 1. a) Simptomi lisne rde pšenice (prouzrokovac *Puccinia triticina*);
b) Simptomi žute rde pšenice (prouzrokovac *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*);
c) Simptomi stabljicne rde pšenice (prouzrokovac *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) – teleutospore na lisnom rukavcu i stabljici (Foto: R. Jevtic)

RDE PŠENICE – PROŠLOST

Pocetkom XX veka uslovi gajenja pšenice su se bitno razlikovali od onih koje danas poznajemo. Intenzivno navodnjavanje, upotreba neorganskih đubriva i fungicida nisu bili sastavni deo sistema upravljanja proizvodnjom ove žitarice. Osim toga, međunarodni saobraćaj nije bio intenzivan kao u današnjem vreme-

nu, što je imalo dodatni uticaj na prisustvo i rasprostranjenost vrsta i rasa rda pšenice. Pocetak XX veka karakterisitican je i po pionirskim istraživanjima Stakmana i saradnika koja su rezultirala utvrđivanjem razlicitih formi ili rasa stabljicne rde (Stakman and Piemeisel, 1917) kao i otkricem nespecificne otpornosti nazvane „slow rusting” otpornost pšenice prema prouzrokovacima rda (Stakman and Harrar, 1957). Ova otkrica dopunjena su istraživanjima Flora kojima je objašnjen odnos gena virulentnosti patogena i gena otpornosti domacina teorijom „gen za gen“ (Flor, 1956). Nova saznanja dala su osnovu modernim pristupima oplemenjivanju na otpornost prema rdama.

Snaga prilagodljivosti prouzrokovaca rda pšenice promenljivim uticajima spoljne sredine leži pre svega u mogucnosti polnog razmnožavanja kojim dolazi do rekombinacije genickog materijala. Osim toga, mogucnost prenošenja vetrom na velike razdaljine obezbeduje širenje granica rasprostiranja novih rasa i promenu strukture populacija na proizvodnim površinama pšenice.

Kao makrociklicni patogeni prouzrokovaci rda imaju pet stadijuma u ciklusu razvica: teleuto, bazidio i uredo stadijum na pšenici i spermacijski i ecidijski stadijum na alternativnom domacinu. Uredospore su sposobne da vrše infekcije ciklicno na pšenici u toku vegetacije. Teleutospore se razvijaju iz infekcija koje su prouzrokovane uredosporama na kraju vegetacije. One se u procesu mejoze dele na cetiri baziodiospore. Bazidiospore se rasejavaju vetrom i dospevaju na alternativnog domacina, prelaznu biljku hraniteljku. Prelazna biljka hraniteljka za vrste *P. graminis* f. sp. *tritici* i *P. striiformis* f. sp. *tritici* je šimširika *Berberis* spp., dok je za *P. triticina* rod *Thalictrum* spp., kao i *Anchusa*, *Anemonella*, *Clematis* i *Isopyrum* vrste (Wiese, 1987). Na ovim prelaznim hraniteljka se formiraju spermagonije (piknidije) sa spermacijama (piknie) i ecidije sa ecidiosporama. Ecidiospore ostvaruju infekciju pšenice i tako zatvaraju ciklus razvoja patogena. Oplemenjivacki programi su se pocetkom XX veka uglavnom bazirali na selekciji i uvođenju raso specificnih gena u sorte u proizvodnji, što je nažalost rezultiralo pojavom novih epidemija rda pšenice usled selekcionog pritiska na predominantne rase i favorizovanja onih rasa za koje nisu postojali geni otpornosti u populaciji domacina. Iz tog razloga Borlaug pokrece oplemenjivacki program u Meksiku kojim je u sorte unet “slow rusting” tip otpornosti kao i dugo-trajni *Sr2* kompleks (Hodson, 2011).

Otpornost prema stabljicnoj rdi je uspešno inkorporirana prvo u tradicionalnim visokim, a zatim i u polupatuljastim sortama pšenice koje se odlikuju ranim sazrevanjem što im je dodatno omogućilo da izbegnu infekciju stabljicnom rdom koja se javlja kasnije u sezoni. Široka proizvodnja otpornih polupatuljastih sorti dovela je do smanjene pojave stabljicne rde na svetskom nivou. Oplemenjivacka strategija velikih programa kao što je CIMMYT-ov (International Maize and Wheat Improvement Center) takode se bazira na uvođenju nespecificne otpornosti u selekcionerski program kao i na ubacivanju stranih gena za otpornost kao što je slucaj sa genom *Sr31* iz raži, za koji je dokazano da pokriva veoma dugo-trajnu otpornost (Hodson, 2011).

RDE PŠENICE – DANAS

Uprkos mnogim uspesima, rde i danas predstavljaju izazov i ne baš trivijalni zadatak istraživaca. U poslednjim godinama došlo je do ponovne pojave ovog oboljenja, u ne tako malim razmerama. Na području Ugande 1999. godine pojavila se nova rasa stabljicne rde TTKSK (Ug99) koja poseduje kombinovanu virulentnost prema više gena za otpornost domaćina (Pretorius et al., 2000) što je dovelo do gubitka otpornosti većine sorti pšenice (Singh et al., 2006). Rasa Ug99 se odlikuje širokim opsegom varijabilnosti, te su u narednim godinama u Keniji utvrđene i dve nove varijante ove rase (Jin et al., 2008, 2009). U Južnoj Africi je 2010. godine utvrđena još jedna varijanta Ug99, rasa PTKST, što ukazuje na neprekidne promene odnosno na stvaranje novih varijanti rase Ug99. S obzirom na navedeno, danas se rasa Ug99 posmatra kao grupa rasa. Za sada je poznato 8 varijanti *P. graminis* f. sp. *tritici* koje pripadaju grupi Ug99 (Singh et al., 2015). Populacija prouzrokovaca lisne rde *P. triticina* je takode visoko varijabilna. Na našim prostorima ovaj patogen prezimljava micelijom na samoniklim biljkama pšenice i travama što ukazuje da seksualno razmnožavanje nije od epidemiološkog značaja za širenje ovog patogena niti ima ulogu u njegovoj genetskoj varijabilnosti što je potvrđeno i u drugim zemljama širom sveta (Kolmer, 2015). Ipak prema podacima Kolmer i sar. (2007) na godišnjem nivou se opiše preko 70 novih rasa ovog patogena na teritoriji SAD-a, koje nastaju aseksualnim putem. Iz ovih razloga veoma je teško postići dugotrajnu efikasnu otpornost pšenice prema prouzrokovacu lisne rde.

Promene u strukturi populacije prouzrokovaca žute rde zabeležene su 2000. godine na području Severne Amerike pojavom dve nove rase žute rde koje su se odlikovale mogućnošću preživljavanja na višim temperaturama, većom produkcijom spora i znatno jačom agresivnošću od do tada dominantnih rasa. Pretpostavlja se da one nisu posledica rekombinacija gena postojećih rasa u populaciji patogena već da su uvedene.

Do 2010. godine rase žute rde atipične virulentnosti retko su konstatovane na Evropskom kontinentu (Enjalbert et al., 2005; Hovmøller and Justesen, 2007) i ovo oboljenje uspešno je kontrolisano otpornim sortama i hemijskim tretmanima (Hovmøller et al., 2016). Izuzetak čini Triticale agresivna rasa koja je u skandinavskim zemljama 2006. godine izazivala gubitke i do 100% (Hovmøller i sar., 2016). Međutim, 2011. godine nove rase „Warrior” i „Kranich”, koje vode poreklo iz Azije i koje se odlikuju većom agresivnošću i nizom drugačijih svojstava od dominantnih rasa prouzrokovaca žute rde sa evropskog kontinenta, registrovane su u velikom broju zemalja Evrope i za svega nekoliko godina postale su dominantne u njima (Hovmøller et al., 2016). Rasa „Warrior”-„Ratnik” registrovana je u Srbiji 2014. godine (Jevtic i sar., 2014a i 2014b) kada je izazvala ozbiljne gubitke prinosa kod proizvođača koji nisu izvršili blagovremene tretmane.

RDE PŠENICE U SRBIJI

Mnogi autori su pisali o rasprostranjenosti i štetnosti rda na našim prostorima. Prve podatke o pojavi lisne i stabljicne rde na teritoriji Srbije dao je Ranojevic (1910). Brojni literaturni podaci ukazuju na prisutnost ovog patogena u svim lokalitetima Srbije (Kostic i sar., 1966). Boškovic (1959) je utvrdio smanjenje prinosa od 20 do 28% usled pojave ovog patogena, a kasnije i 6,1 do 37,4% (Boškovic, 1971). Lisna rda redovno prati proizvodnju pšenice i smatra se jednom od najštetnijih oboljenja. Iz tih razloga je u našoj zemlji 1966. godine osnovan centar za nacionalna i međunarodna istraživanja prouzrokovaca lisne rde sa centrom u Novom Sadu (Boškovic i Boškovic, 2001).

Znacajnu ulogu u smanjenju pojave prouzrokovaca lisne rde imala su istraživanja koja su se odnosila na utvrđivanje virulentnosti populacije, zatim selekcija pšenice koja je podrazumevala akumulaciju gena za otpornost u jednom genotipu (Boškovic i Boškovic, 2001) kao i utvrđivanje nekompletne otpornosti pšenice prema ovom patogenu (Jerkovic, 1992). Ipak, epidemija ovog oboljenja na našim prostorima zabeležena je 1994. godine (Jevtic i sar., 1995). Lisna rda pšenice je predominantna vrsta na našim prostorima, i u pojedinim godinama (2001., 2004. i 2007.) na oglednim površinama izazivala je gubitke prinosa na osetljivim sortama i do 50%.

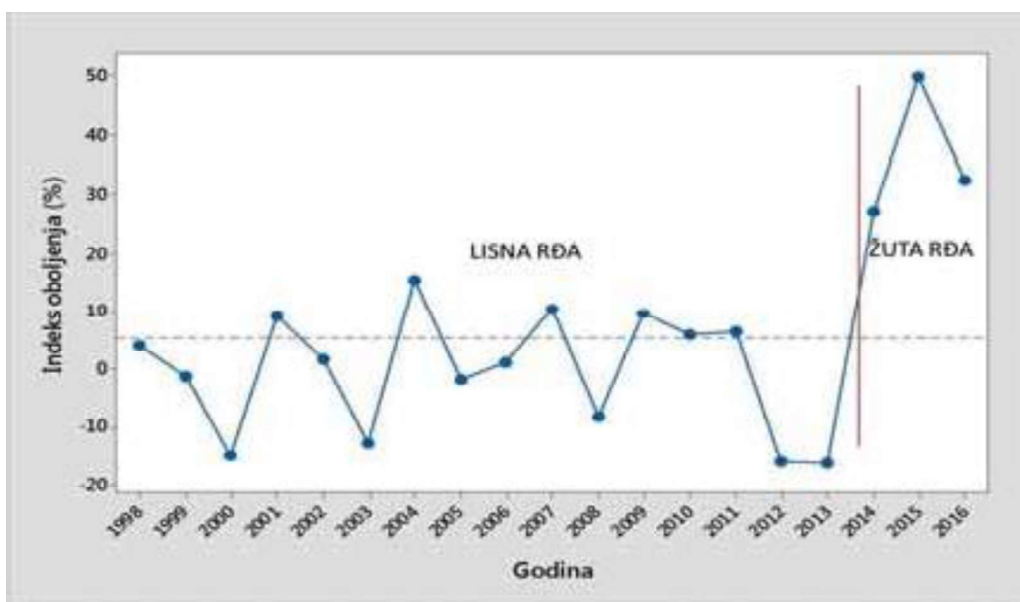
Stabljicna rda je do pocetka 60-tih na našim prostorima bila veoma cesto oboljenje. Epidemija koja je uništila skoro citavu proizvodnju pšenice zabeležena je 1932. godine (Tešic, 1936; Josifovic, 1956). Sa uvođenjem u proizvodnju ranostasnih sorti intenzitet napada se naglo smanjio. Stojanovic i Stojanovic (1996) su utvrdili smanjenje prinosa od 5-31% u poljskim uslovima zaraze patogenom *P. graminis* f. sp. *tritici* i 28-73% u kontrolisanim uslovima i pri veštackim inokulacijama. Danas se ovaj patogen javlja povremeno i ne pricinjava znacajne štete usevima pšenice.

Jevtic i sar. su 1997. godine ukazali na sporadicno prisustvo *P. striiformis* f. sp. *tritici*, prouzrokovaca žute rde, u genetskoj kolekciji na Rimskim Šancevima, a 2007. godine Jevtic i Jasnica su upozorili na opasnost od jace pojave žute rde u Srbiji usled klimatskih promena.

Osnovni prioritet Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada je obezbedenje održive proizvodnje pšenice, te se pracenju prisustva vrsta i rasa prouzrokovaca rda pšenice kao i oplemenjivanju na otpornost prema ovom oboljenju oduvek posvecivala posebna pažnja. Pracenje prisustva prouzrokovaca rda pšenice na teritoriji Srbije od strane istraživaca iz Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada datira od 1966. i odvija se u kontinuitetu sve do danas. Od tada uspostavljena je međunarodna saradnja sa mnogim institucijama i strucnjacima koji se bave ovom problematikom, te je ukljucivanje u rad GRRC i BGRI bio samo nastavak ranijih aktivnosti.

Treba istaci međunarodnu saradnju Instituta sa CIMMYT-om (Meksiko), kroz cije su kurseve oplemenjivanja i rada na otpornosti prošli mnogi naucni radnici (oplemenjivaci i fitopatolozi) Instituta.

Višegodišnja ispitivanja na oglednim poljima na Rimskim Šancevima ukazala su na statistički značajan uticaj sredine/godine ($P=0,000$) i sorte ($P=0,003$) na visinu indeksa oboljenja rda pšenice. Klimatski elementi koji su značajno uticali na razvoj lisne rde u periodu 1998-2013. godine bili su: temperatura u aprilu ($P=0,045$); relativna vlažnost vazduha u aprilu ($P=0,013$) i temperatura u maju ($P=0,001$). Bitno je istaci da se uticaj klimatskih elemenata na indeks oboljenja ne može posmatrati nezavisno od uticaja biljke domacina odnosno sorte ($P=0,007$). Klimatski uslovi koji su pogodovali pojavi žute rde 2014. godine, odnose se pre svega na srednje temperature u januaru i februaru koje su nadmašile desetogodišnje proseke, kao i na obilne padavine u martu i aprilu koje su takode bile iznad prosečnih. Indeksi oboljenja *P. striiformis* f. sp. *tritici* u 2014., 2015. i 2016. godini značajno su se razlikovali od indeksa oboljenja prouzrokovaca žute rde koji je dominirao do 2014. (Grafikon 1). Pracenjem rasnog sastava u saradnji sa kolegama iz referentnog centra iz Engleske utvrđeno je da se struktura populacije žute rde i kompozicija gena virulentnosti u poslednje tri godine nije bitno promenila.

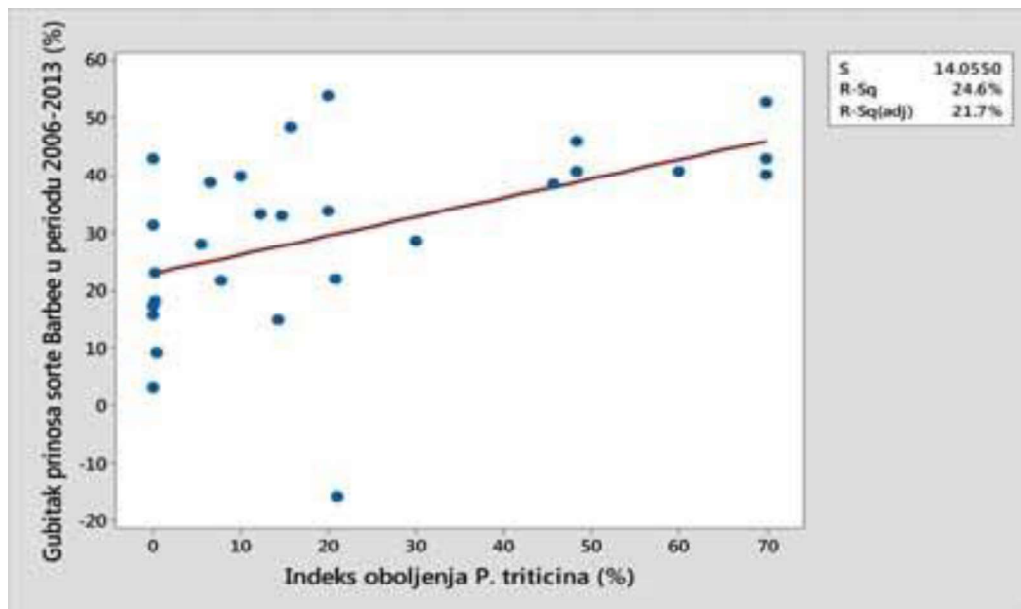


Grafikon 1. Pojava lisne i žute rde u periodu od 1998. do 2016. godine na lokalitetu Rimski Šancevi

Gubici prinosa. Rde pšenice pripadaju grupi ekonomski značajnih oboljenja čija pojava može da poprimi epidemijske razmere ako se ne primene adekvatne mere zaštite. Prema Herrera-Foessel i sar. (2006) gubici prinosa u slučaju jake zaraze lisnom rdom mogu da dosegnu 50%, što je zabeleženo i u višegodišnjim ogledima u kojima se testira otpornost genetskog materijala na Rimskim Šancevima. Pojava novih rasa žute rde na Evropskom kontinentu od 2011. dovela je do gubitka otpornosti sorti koje su bile široko zastupljene u proizvodnji i koje su nosile gene otpornosti prema do tada predominantnim rasama žute rde. Prema

Rahmatov (2013) gubici prinosa do kojih dovodi prouzrokovac žute rde krecu se od 10 do 70%. Pracenjem otpornosti 19 komercijalnih sorti prema žutoj rdi u eksperimentalnim uslovima na lokalitetu Rimski Šancevi ustanovljeno je da intenziteti infekcije mogu doseći 95% sa gubicima prinosa do 60% (Župunski i sar., 2016). U cilju unapređenja zaštite pšenice od prouzrokovaca rda dosta se pažnje posvećuje razvijanju modela za prognozu pojave i procenu gubitaka prinosa. Odnos indeksa oboljenja i gubitaka prinosa predmet je intenzivnih istraživanja poslednjih godina. Kako bi utvrdili odnos indeksa oboljenja i gubitaka prinosa izazvanih prouzrokovacima lisne i žute rde primenjeni su General Linear Model i Spearman-ov koeficijent korelacije.

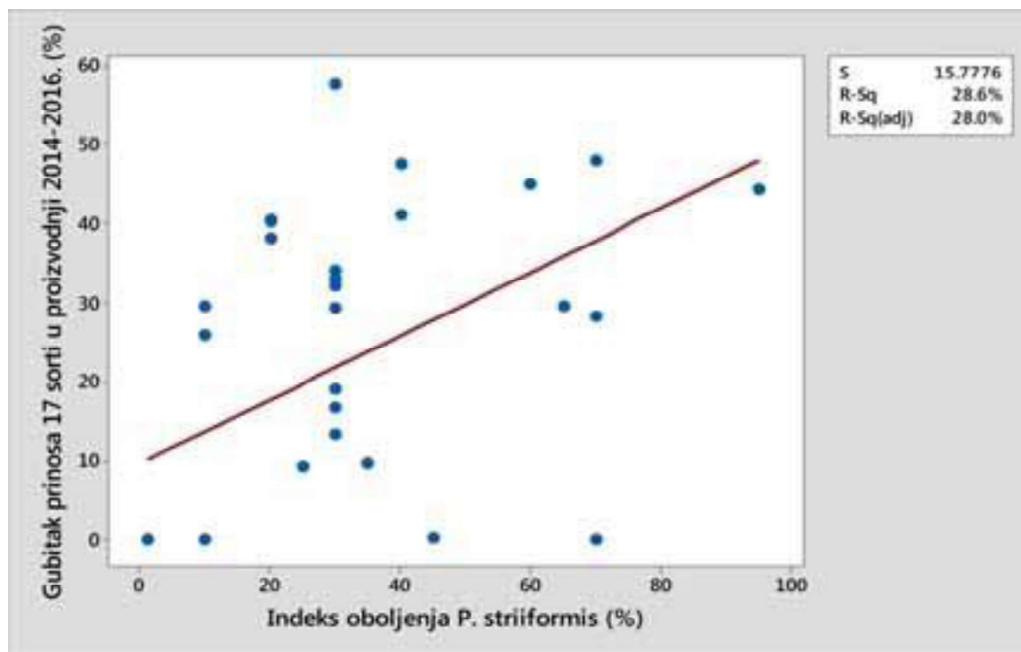
Odnos gubitka prinosa i indeksa oboljenja lisnom rdom na lokalitetu Rimski Šancevi predstavljen je za period od 2006-2013. godine koristeći kao model osetljivu sortu Barbee. Primenom Spearman-ovog koeficijenta korelacije utvrđeno je da je indeks oboljenja statistički značajno srednje pozitivno korelisan sa gubitkom prinosa ($r=0,537$; $P=0,003$). Lisna rda je imala statistički značajan uticaj na gubitak prinosa sorte Barbee ($P=0,007$), međutim treba istaći da su različiti intenziteti infekcije bili povezani sa širokim rasponima gubitaka prinosa u datom periodu. Mera rasipanja podataka izražena je koeficijentom determinacije $R^2=25\%$, što znači da su na gubitak prinosa uticali i drugi faktori pored lisne rde (Grafikon 2). Utvrđivanjem značajnosti uticaja godine na gubitak prinosa sorte Barbee potvrđeno je da je on bio signifikantan za period 2006-2013. godine ($P=0,04$).



Grafikon 2. Odnos indeksa oboljenja lisnom rdom i gubitka prinosa sorte Barbee u periodu 2006-2013. godine na lokalitetu Rimski Šancevi

Odnos gubitaka prinosa i indeksa oboljenja žutom rdom ispitan je na lokalitetu Rimski Šancevi na 17 sorti pšenice u proizvodnji u periodu 2004-2016. godine i

takode je utvrđeno da taj odnos statistički značajno srednje pozitivano korelisan ($r=0,632$; $P=0,000$). Dobijen koeficijent deteminacije $R^2=29\%$ posledica je rasi-panja podataka što znaci da je gubitak prinosa rezultirao iz delovanja i drugih faktora osim intenziteta infekcije žutom rdom (Grafikon 3). Primenom General Linear Modela utvrđen je značajan uticaj godine ($P=0,000$), sorte ($P=0,000$) i indeksa oboljenja žutom rdom ($P=0,000$) na gubitak prinosa.



Grafikon 3. Odnos indeksa oboljenja žutom rdom i gubitka prinosa 17 sorti u proizvodnji u periodu 2014-2016. godine na lokalitetu Rimski Šancevi.

RDE PŠENICE – BUDUCNOST

Danas su prouzrokovaci žute i stabljicne rde ponovo u fokusu javnosti, posebno Evrope, s obzirom na epidemiju stabljicne rde koja je prošle (2016.) godine zahvatila hiljade hektara na području Sicilije. Chris Giligan, epidemiolog sa Univerziteta Kembridž u Velikoj Britaniji, istice za casopis *Nature*, da je ovo najjača pojava stabljicne rde nakon više godina na području Evrope. Utvrđeno je da je u pitanju nova rasa *P. graminis* f. sp. *tritici* nazvana TTTTF koja je virulentna prema sortama koje su do sada pokazivale otpornost prema datom patogenu.

Takode, prema podacima FAO (2017) na području Italije, Maroka, i četiri Skandinavске zemlje, utvrđena je i pojava novih rasa žute rde koje su u preliminarnim analizama pokazale veću agresivnost i bolju prilagodенost višim temperaturama od većine dosadašnjih rasa.

Navedene pojave novih agresivnijih rasa predstavljaju svojevrsni alarm i upozorenje da bez odgovarajuće kontrole, upozorenja od strane istraživaca, može doći do veoma brzog širenja ovih patogena, u slučaju stabljicne rde na područje citavog Mediterana, Jadranske regije, kao i na naše prostore.

Usled realne zabrinutosti za proizvodnju pšenice koja je potencijalno ozbiljno ugrožena od strane rda, pre svega stabljicne i žute, 2016. godine održan je trening program koji okuplja istraživace sa Aarhus Univerziteta (Danska), ICARDA (Center for Agricultural Research in the Dry Areas), CIMMYT (Meksiko) i FAO zajedno sa članovima Borlagove Globalne Inicijativa za Rde. Trening koji će biti ponovljen i ove, 2017. godine, omogućava ekspertima iz oblasti rda pšenice da ojacaju svoje istraživačke, ali i menadžerske veštine, kako bi mogli da reaguju brzo i adekvatno u kontroli pojave ovih oboljenja kako ne bi došlo do pojave epidemija, te velikih šteta za proizvodnju hrane.

Rezultati naših istraživanja ukazuju na neophodnost redovnog praćenja klimatskih promena i pristup koji podrazumeva integralne mere zaštite useva. Najefikasnija, najjeftinija i ekološki najprihvatljivija mera kontrole prouzrokovaca rda je gajenje otpornih sorti. Selekcija genotipova pšenice sa dugotrajnom nespecificnom otpornošću je stalni zadatak oplemenjivackih programa. Veliku ulogu u ovom procesu ima i kontinuirano praćenje virulentnosti populacija prouzrokovaca rda širom proizvodnih područja pšenice.

Takode, uništavanje samoniklih biljaka je važna mera kojom se može prekinuti "zeleni most" (eng. „green bridge“) koji ima značajnu ulogu u ciklusu razvika prouzrokovaca rda i širenju parazita na novoposejane useve. Nema podataka o alternativnim domaćinima prouzrokovaca lisne rde na našim prostorima, a tematikom alternativnih domaćina prouzrokovaca žute i stabljicne rde bavili su se Kostic (1962), Staletic i Stojanovic (2005). Prema podacima Kolmer i sar. (2007) masovno iskorenjavanje šimširike (*Berberis* spp.) kao alternativnog domaćina stabljicne i žute rde (koja je neophodna za seksualnu reprodukciju ovog patogena) u glavnim regionima gajenja pšenice Severne Amerike i Evrope drastično je redukovalo broj novih rasa ovih patogena.

Ukoliko pomenute mere kontrole ne daju zadovoljavajuće rezultate primenjuju se hemijske mere suzbijanja. Najefikasniji folijarni fungicidi na tržištu Srbije su preparati na bazi inhibitora sinteze ergosterola (triazoli): epoksikonazol, protriokonazol, tebukonazol, ciprokonazol, metkonazol i flukvinkonazol; zatim preparati na bazi strobilurina: piraklostrobin, pikoksistrobin, azoksistrobin i trifloksistrobin. S obzirom na specifičnosti u proizvodnoj 2013/14. godini (rana pojava patogena i niže temperature, na kojima preparati na bazi inhibitora ergosterola imaju slabije delovanje), preporučljiva je primena kombinacije preparata na bazi triazola i strobilurina. Specifičnosti proizvodnje u 2014. godini, kada se prouzrokovac žute rde javio u epifitotičnim razmerama, iziskivale su rani tretman u fenofazi T1 (31-33 BBCH). Primenom fungicida u ovoj fenofazi uspešno se kontroliše prouzrokovac septoriozne pegavosti, a generalno i prouzrokovac žute rde. Ne treba zanemariti tretiranje semena (T0), jer ukoliko je seme tretirano adekvatnim fungicidima, onda rana pojava rde može biti odložena. S obzirom da se nove rase patogena mogu veoma brzo razvijati, važno je da se usevi kontrolišu u smislu obilazaka parcela i aktivnosti koje se odnose na tretiranje useva fungicidima gde je to potrebno.

Treba istaci da preporuke i upozorenja Prognozno izveštajne službe Vojvodine i Srbije moraju imati veoma važnu ulogu u sistemu predviđanja pojave prouzrokovaca rda sa stanovišta adekvatnog momenta suzbijanja. Izostanak adekvatnih i blagovremenih mera suzbijanja dovode do značajnih gubitaka u prinosu i kvalitetu pšenice.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan kao rezultat projekta TR 31066 „Savremeno oplemenjivanje strnih žita za sadašnje i buduće potrebe“, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Boškovic, M. (1959): Štetnost lisne rde na pšenici u 1958. godini. Savremena poljoprivreda, 4: 287-293.
- Boškovic, M. (1971): Uticaj lisne rde i pepelnice na prinos nekih sorti pšenice u Jugoslaviji. Savremena poljoprivreda, 4: 81-88.
- Boškovic, J., Boškovic, M. (2001): Primena sistema gen za gen u analizi populacije patogena i selekciji izvora otpornosti. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Enjalbert, J., Duan, X., Leconte, M., Hovmøller, M. S., de Vallavieille-Pope, C. (2005): Genetic evidence of local adaptation of wheat yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) within France. *Molecular Ecology*, 14: 2065-73.
<http://www.fao.org/news/story/en/item/469467/icode/>
- Flor, H. H. (1956): The complementary gene systems in flax and flax rust. *Adv Genet* : 29-54.
- Herrera-Foessel, S. A., Singh, R. P., Huerta-Espino, J., Crossa, J., Yuen, J., Djurle, A. (2006): Effect of Leaf Rust on Grain Yield and Yield Traits of Durum Wheats with Race-Specific and Slow-Rusting Resistance to Leaf Rust. *Plant Disease*, 90 (8): 1065-1072.
- Hodson, D. P. (2011): Shifting boundaries: challenges for rust monitoring. *Euphytica*, 179: 93-104.
- Hovmøller, M. S., Justesen, A. F. (2007): Appearance of atypical *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* phenotypes in north-western Europe. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58: 518–24.
- Hovmøller, M. S., Walter, S., Bayles, R. A., Hubbard, A., Flath, K., Sommerfeldt, N., Leconte, M., Czembor, P., Rodriguez-Algaba, J., Thach, T., Hansen, J. G., Lassen, P., Justesen, A. F., Ali, S., de Vallavieille-Pope, C. (2016): Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near- Himalayan region. *Plant Pathology*, 65: 402-411.
- Jerkovic, Z. (1992): Nasledivanje nekompletne otpornosti pšenice prema *Puccinia recondita tritici*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Jevtic, R., Jerkovic, Z., Pribakovic, M. (1995): Uzroci epifitocije lisne rde na pšenici i jecmu u 1993/94. godini. *Biljni lekar*, 1: 42-45.

- Jevtic, R., Jerkovic, Z., Dencic, S., Stojanovic, S. (1997): Pojava žute rde (*Puccinia striiformis*) na pšenici u 1997. godini. Biljni lekar, 4: 455-458.
- Jevtic, R., Jasnic, S. (2007): Adaptacija na pojavu bolesti izazvanih klimatskim promenama i procene rizika. Klimatske promene i poljoprivredna proizvodnja u Srbiji: Prvi nacionalni skup o očekivanim promenama klime u Vojvodini i njihovim mogućim efektima, Zbornik rezimea: 5-7.
- Jevtic, R., Laloševic, M., Kalentic, M. (2012): Zaštita strnih žitarica od bolesti. Glasnik zaštite bilja, 5: 86-93.
- Jevtic, R., Laloševic, M., Jerkovic, Z., Mladenov, N., Hristov, N. (2014a): Žuta rda pretili da prepolovi prinos pšenice. Biljni lekar, 1: 6-13.
- Jevtic, R., Laloševic, M., Jerkovic, Z., Mladenov, N., Hristov, N. (2014b): Ratnik je stigao u Srbiju. Biljni lekar, 6: 504.
- Jin, Y., Pretorius, Z. A., Singh, R. P., Fetch, T. Jr. (2008): Detection of virulence to resistance gene Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. tritici. Plant Disease, 92: 923-926.
- Jin, Y., Szabo, L. J., Rouse, M. N., Fetch, T. Jr., Pretorius, Z. A., Wanyera, R., Njau, P. (2009): Detection of virulence to resistance gene Sr36 within the TTKS race lineage of *Puccinia graminis* f. sp. tritici. Plant Disease, 93: 367-370.
- Josifovic, M. (1956): Poljoprivredna fitopatologija. Naucna knjiga, Beograd, II izdanje.
- Kolmer, J. A., Jin, Y., Long, D. L. (2007): Wheat leaf and stem rust in the United States. Aust J Agric Res, 58: 631-638.
- Kolmer, J. A., Hughes, M. E. (2015): Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2013. Plant Disease 99: 1261-1267. doi:10.1094/PDIS-12-14-1277-SR
- Kostic, B. (1962): Fiziološke rase *Puccinia graminis* var. tritici Erikss et. Henn. u jugoistocnom delu FNRJ. Zaštita bilja, 69-70: 5-81.
- Kostic, B., Smiljakovic, H., Tešic, T. (1966): Bolesti i štetocine pšenice u našoj zemlji. Savremena poljoprivreda, 9: 779-791.
- Pretorius, Z. A., Singh, R. P., Wagoire, W. W., Payne, T. S. (2000): Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene Sr31 in *Puccinia graminis* f. sp. tritici in Uganda. Plant Disease, 84: 203.
- Rahmatov, M. (2013): Sources of resistance to yellow rust and stem rust in wheat-alien introgressions. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science, Swedish University of Agricultural Sciences Alnarp, 1-64.
- Ranojevic, N. (1910): Zweiter beitrage zur pilzflora Serbens. Annales Mycologici, 347-410.
- Singh, R. P., Hodson, D. P., Jin, Y., Huerta-Espino, J., Kinyua, M., Wanyera, R., Njau, P., Ward, R. W. (2006). Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen. CAB Rev, 1: 54.

- Singh, R. P., Hodson, D. P., Jin, Y., Lagudah, E. S., Ayliffe, M. A., Bhavani, S., Rouse, M. N., Pretorius, Z. A., Szabo, L. J., Huerta-Espino, J., Basnet, B. R., Lan, C., Hovmøller, M. S. (2015): Emergence and spread of new races of wheat stem rust fungus: Continued threat to food security and prospects of genetic control. *Phytopathology*, 105: 872-884.
- Stakman, E. C., Piemeisel, F. J. (1917): Biologic forms of *Puccinia graminis* on cereals and grasses. *J Agric Res*, 10: 429-495.
- Stakman, E. C., Harrar, J. G. (1957): Principles of plant pathology. Ronald Press, New York
- Stojanovic, S., Stojanovic, J. (1996): Uticaj sorte, doze i vremena primene azota na prinos pšenice zaražene crnom rd. Zbornik rezimea radova sa X Jugoslovenskog simpozijuma o zaštiti bilja, Budva, 63.
- Tešić, P. Ž. (1936): Biološko suzbijanje *Puccinia* spp. Arhiv Ministarstva poljoprivrede, 3: 176-189.
- Wiese, M. V. (1987): Compendium of Wheat Diseases. Second edition, APS PRESS, The American Phytopathological Society.
- Župunski, V., Jevtic, R., Lalošević, M. (2016): Uticaj prouzrokovaca žute rde na prinos pšenice u zavisnosti od godine. XV Simpozijum o zaštiti bilja, Zlatibor, Zbornik rezimea radova: 89-90.

Abstract

WHEAT RUSTS - THE PAST, PRESENT AND FUTURE

Radivoje Jevtic, Mirjana Lalošević, Vesna Župunski, Zoran Jerkovic

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

E-mail: radivoje.jevtic@ifvcns.ns.ac.rs

Historically, rusts have periodically been a threat to cereal production. The most economically important rusts occur on wheat, such as: leaf rust, yellow or stripe rust and stem rust. During the twentieth century the wheat-rust interaction has suffered significant changes, starting with the epidemics of stem rust at the beginning of this century, then establishing a system of control of given pathogens through major research programs, to the recurrence of epidemics of stem, as well as yellow rust at the end of the twentieth century.

In our country a significant epidemic of leaf rust was reported in 1994, while in 2014 great yield losses in wheat were caused due to the large outbreak of yellow rust. Multi-year trials that were conducted on the experimental fields of Rimski Šancevi indicated significant effect of environment/year, and the variety on disease index of wheat rusts. Climatic elements which have significantly influenced the development of leaf rust in the period 1998-2013 were as follows: temperature and relative humidity in April, and temperature in May. Climatic conditions which were favorable to yellow rust in 2014, related primarily to mean temperature in January and February, which exceeded the ten-year avera-

ges, as well as the heavy rainfall in March and April, which were also higher than average. Furthermore, in these studies we found statistically significant effect of the leaf and yellow rust on wheat yield loss.

Given the epidemics of stem rust which in 2016 affected thousands of hectares in the Italian island of Sicily, as well as the data on the occurrence of new aggressive races of yellow rust on the territory of Europe, regular monitoring of climate change and approach that includes integrated crop protection measures represents a necessity in order to keep pace with these pathogens.

Key words: Wheat rusts, race, epidemics, climate, integrated crop protection

FUZARIOZA KLASA – IZAZOV U PROIZVODNJI PŠENICE

Vesna Župunski¹, Radivoje Jevtic¹, Mirjana Lalošević¹, Nina Skenderovic²

¹Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

²Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

E-mail: vesna.zupunski@ifvcns.ns.ac.rs

Rad primljen: 04.04.2017.

Prihvacen za štampu: 07.04.2017.

Izvod

Fuzarioza klasa pšenice pripada grupi ekonomski značajnih oboljenja čija se štetnost ogleda ne samo u smanjenju prinosa i kvaliteta zrna pšenice, već i u produkciji mikotoksina koji nepovoljno utiču na zdravlje ljudi i životinja. Proučavanja pojave i razvoja fuzarioze klasa pšenice vršena su na sortama u proizvodnji i selekcionerskom materijalu na Rimskim Šancevima. Primenom General Linear Model-a potvrđen je značajan uticaj sorti ($P=0,000$), indeksa oboljenja ($P=0,002$) i klimatskih elemenata u maju i junu ($P=0,000$) na visinu prinosa. Analizom odnosa indeksa oboljenja 44 sorte u 2014. i 2015. godini i komponenta prinosa primenom Spearman-ovog koeficijenta korelacije utvrdeno je da je indeks oboljenja statistički značajno srednje negativno korelisan sa prinosom ($r= - 0.574$; $P=0,000$), statistički značajno nisko negativno korelisan ($r= - 0.130$; $P=0,035$) sa masom 1000 zrna, dok nije bilo linearne korelacije sa hektolitarskom masom ($r= - 0.009$). Parametar procentualnog prisustva fuzarioznih zrna može se koristiti pri određivanju Tipa III otpornosti, pri čemu treba imati u vidu da je uticaj godine, sorte i interakcije godine i sorte na ovo svojstvo statistički značajno ($P=0,000$). Rezultati istraživanja ukazuju na kompleksnost uzroka i posledica od pojave ovih patogena što upućuje da se jedino višestrukim merama zaštite može kontrolisati ovo oboljenje.

Ključne reci: pšenica, fuzarioza klasa, prinos, integralna zaštita