

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

RĐE PŠENICE- PROŠLOST, SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Radivoje Jevtić, Mirjana Lalošević, Vesna Župunski, Zoran Jerković

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

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

Rad primljen: 04.04.2017.
Prihvaćen za štampu: 07.04.2017.

Izvod

Tokom istorije rđe su periodično bile pretnja proizvodnji ratarskih kultura. Ekonomski najznačajnije su rđe koje se javljaju na pšenici: lisna, žuta i stabljična rđa. Odnos pšenica-rđe tokom XX veka je pretrpeo značajne promene, počevši od epidemija stabljične rđe početkom ovog veka, zatim uspostavljanja sistema kontrole datih patogena kroz značajne istraživačke programe, pa do ponovne pojave epidemije stabljične, ali i žute rđe na kraju XX veka.

Na našim prostorima značajna epidemija lisne rđe utvrđena je 1994. godine, dok su 2014. godine veliki gubici u prinosu pšenice uzrokovani jačom pojavom žute rđe. Višegodišnja ispitivanja na oglednim poljima na Rimskim Šančevima ukazala su na statistički značajan uticaj sredine/godine i sorte na visinu indeksa oboljenja rđa pšenice. Klimatski elementi koji su značajno uticali na razvoj lisne rđe 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 rđe 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 takođe bile iznad prosečnih vrednosti. Takođe, u ovim istraživanjima utvrđen je statistički značajan uticaj prouzrokovala lisne, kao i žute rđe na gubitak prinosa pšenice.

S obzirom na epidemiju stabljичne rđe koja je prošle, 2016. godine, zahvatila hiljade hektara na području Sicilije, kao i na podatke o pojavi novih, agresivnijih rasa žute rđe 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 reči: Rđe pšenice, rase, epidemije, klima, integralna zaštita useva

UVOD

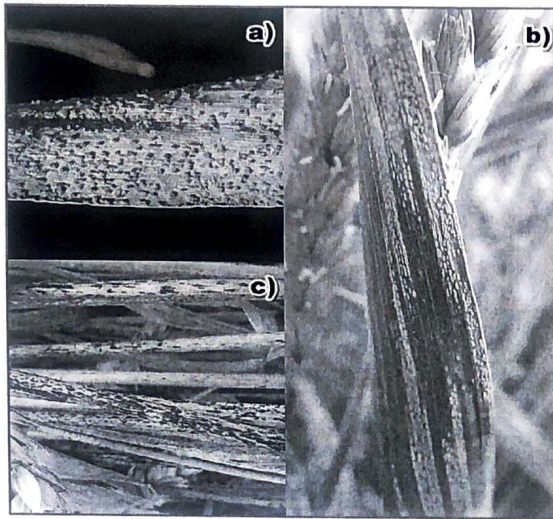
Načini proizvodnje pšenice menjali su se kroz vekove razvojem tehnologije i naših saznanja o odnosu patogena i biljke domaćina. Međutim, patogeni uvek imaju odgovor na dostignuća čovečanstva kojima se želi intenzivirati poljoprivredna proizvodnja. Promene u genetičkoj strukturi populacija, nastanak novih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

Na pšenici se javljaju tri vrste prouzrokovala rđa: *Puccinia triticina* (prouzrokoval lisne rđe), *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (prouzrokoval žute rđe) i *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (prouzrokoval stabljичne rđe). Simptomi ovih oboljenja se javljaju na svim nadzemnim delovima biljke. Najtipičniji simptomi lisne rđe 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 čitavu površinu lista (slika 1a). Tipični simptomi žute rđe se javljaju na listovima pšenice u vidu crtica limun žute do narandžaste boje oivičene nervaturom lista (slika 1b). U slučaju stabljичne rđe, 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, rđe 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 rđa (Hodson, 2011).

Globalni problem kontrole prouzrokovala rđa pšenice uticao je na formiranje Borlagove Globalne Inicijative za Rđe (BGRI, eng. Borlaug Global Rust Initiative) 2005. godine i Globalnog referentnog centra za rđe (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 praćenje promena u strukturi populacija rđa, 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 rđe pšenice (prouzrokovatelj *Puccinia triticina*);
b) Simptomi žute rđe pšenice (prouzrokovatelj *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*);
c) Simptomi stabljичne rđe pšenice (prouzrokovatelj *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) -teleutospore na lisnom rukavcu i stabljici (Foto: R. Jevtić)

RĐE PŠENICE - PROŠLOST

Početak 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 vremenu, što je imalo dodatni uticaj na prisustvo i rasprostranjenost vrsta i rasa rđa pšenice. Početak XX veka karakterističan je i po pionirskim istraživanjima Stakmana i saradnika koja su rezultirala utvrđivanjem različitih formi ili rasa stabljичne rđe (Stakman and Piemeisel, 1917) kao i otkrićem nespecifične otpornosti nazvane „slow rusting“ otpornost pšenice prema prouzrokovateljima rđa (Stakman and Harrar, 1957). Ova otkrića dopunjena su istraživanjima Flora kojima je objašnjen odnos gena virulentnosti patogena i gena otpornosti

domaćina teorijom „gen za gen“ (Flor, 1956). Nova saznanja dala su osnovu modernim pristupima oplemenjivanju na otpornost prema rđama.

Snaga prilagodljivosti prouzrokovala rđa pšenice promenljivim uticajima spoljne sredine leži pre svega u mogućnosti polnog razmnožavanja kojim dolazi do rekombinacije genetičkog materijala. Osim toga, mogućnost prenošenja vetrom na velike razdaljine obezbeđuje širenje granica rasprostriranja novih rasa i promenu strukture populacija na proizvodnim površinama pšenice.

Kao makrociklični patogeni prouzrokovali rđa imaju pet stadijuma u ciklusu razvića: teleuto, bazidio i uredo stadijum na pšenici i spermacijski i ecidijski stadijum na alternativnom domaćinu. Uredospore su sposobne da vrše infekcije ciklično na pšenici u toku vegetacije. Teleutospore se razvijaju iz infekcija koje su prouzrokovane uredosporama na kraju vegetacije. One se u procesu mejoze dele na četiri bazidiospore. Bazidiospore se rasejavaju vetrom i dospevaju na alternativnog domaćina, 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. Oplemenjivački programi su se početkom XX veka uglavnom bazirali na selekciji i uvođenju rasno specifičnih gena u sorte u proizvodnji, što je nažalost rezultiralo pojavom novih epidemija rđa pšenice usled selekcionog pritiska na predominantne rase i favorizovanja onih rasa za koje nisu postojali geni otpornosti u populaciji domaćina. Iz tog razloga Borlaug pokreće oplemenjivački program u Meksiku kojim je u sorte unet „slow rusting” tip otpornosti kao i dugotrajni *Sr2* kompleks (Hodson, 2011).

Otpornost prema stabljичnoj rđi 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 stabljичnom rđom koja se javlja kasnije u sezoni. Široka proizvodnja otpornih polupatuljastih sorti dovela je do smanjene pojave stabljичne rđe na svetskom nivou. Oplemenjivačka strategija velikih programa kao što je CIMMYT-ov (International Maize and Wheat Improvement Center) takođe se bazira na uvođenju nespecifične otpornosti u selekcionerski program kao i na ubacivanju stranih gena za otpornost kao što je slučaj sa genom *Sr31* iz raži, za koji je dokazano da pokriva veoma dugotrajnu otpornost (Hodson, 2011).

RĐE PŠENICE - DANAS

Uprkos mnogim uspesima, rđe i danas predstavljaju izazov i ne baš trivijalni zadatak istraživača. U poslednjim godinama došlo je do ponovne pojave ovog oboljenja, u ne tako malim razmerama. Na području Ugande 1999. godine

pojavi se nova rasa stabljične rđe 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 rase. Za sada je poznato 8 varijanti *P. graminis* f. sp. *tritici* koje pripadaju grupi Ug99 (Singh et al., 2015). Populacija prouzrokovača lisne rđe *P. triticina* je takođe 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 rase ovog patogena na teritoriji SAD-a, koje nastaju aseksualnim putem. Iz ovih razloga veoma je teško postići dugotrajnu efikasnu otpornost pšenice prema prouzrokovaču lisne rđe.

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

Do 2010. godine rase žute rđe 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 predominantnih rase prouzrokovača žute rđe 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 (Jevtić i sar., 2014a i 2014b) kada je izazvala ozbiljne gubitke prinosa kod proizvođača koji nisu izvršili blagovremene tretmane.

RĐE PŠENICE U SRBIJI

Mnogi autori su pisali o rasprostranjenosti i štetnosti rđa na našim prostorima. Prve podatke o pojavi lisne i stabljične rđe na teritoriji Srbije dao je Ranojević

(1910). Brojni literaturni podaci ukazuju na prisutnost ovog patogena u svim lokalitetima Srbije (Kostić i sar., 1966). Bošković (1959) je utvrdio smanjenje prinosa od 20 do 28% usled pojave ovog patogena, a kasnije i 6,1 do 37,4% (Bošković, 1971). Lisna rđa 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 rđe sa centrom u Novom Sadu (Bošković i Bošković, 2001).

Značajnu ulogu u smanjenju pojave prouzrokovaca lisne rđe imala su istraživanja koja su se odnosila na utvrđivanje virulentnosti populacije, zatim selekcija pšenice koja je podrazumevala akumulaciju gena za otpornost u jednom genotipu (Bošković i Bošković, 2001) kao i utvrđivanje nekompletne otpornosti pšenice prema ovom patogenu (Jerković, 1992). Ipak, epidemija ovog oboljenja na našim prostorima zabeležena je 1994. godine (Jevtić i sar., 1995). Lisna rđa 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 %.

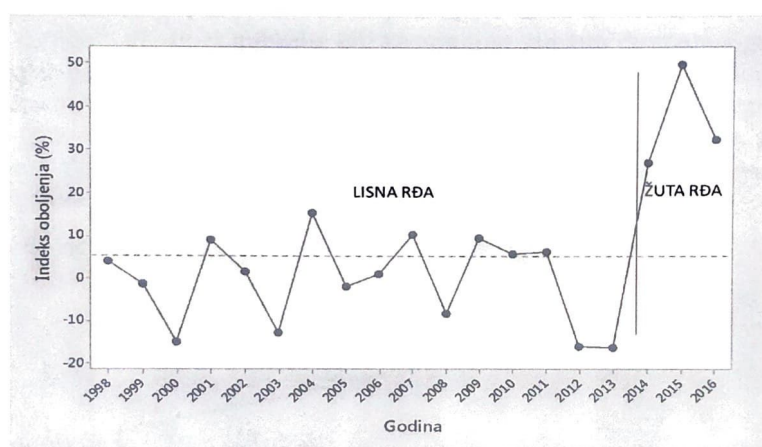
Stabljična rđa je do početka 60-tih na našim prostorima bila veoma često oboljenje. Epidemija koja je uništila skoro čitavu proizvodnju pšenice zabeležena je 1932. godine (Tešić, 1936; Josifović, 1956). Sa uvođenjem u proizvodnju ranostasnih sorti intenzitet napada se naglo smanjio. Stojanović i Stojanović (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 veštačkim inokulacijama. Danas se ovaj patogen javlja povremeno i ne pričinjava značajne štete usevima pšenice.

Jevtić i sar. su 1997. godine ukazali na sporadično prisustvo *P. striiformis* f. sp. *tritici*, prouzrokovaca žute rđe, u genetskoj kolekciji na Rimskim Šančevima, a 2007. godine Jevtić i Jasnić su upozorili na opasnost od jače pojave žute rđe u Srbiji usled klimatskih promena.

Osnovni prioritet Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada je obezbeđenje održive proizvodnje pšenice, te se praćenju prisustva vrsta i rasa prouzrokovaca rđa pšenice kao i oplemenjivanju na otpornost prema ovom oboljenju oduvek posvećivala posebna pažnja. Praćenje prisustva prouzrokovaca rđa pšenice na teritoriji Srbije od strane istraživača 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 stručnjacima koji se bave ovom problematikom, te je uključivanje u rad GRRC i BGRI bio samo nastavak ranijih aktivnosti.

Treba istaći međunarodnu saradnju Instituta sa CIMMYT-om (Meksiko), kroz čije su kurseve oplemenjivanja i rada na otpornosti prošli mnogi naučni radnici (oplemenjivači i fitopatolozi) Instituta.

Višegodišnja ispitivanja na oglednim poljima na Rimskim Šančevima ukazala su na statistički značajan uticaj sredine/godine ($P=0,000$) i sorte ($P=0,003$) na visinu indeksa oboljenja rđa pšenice. Klimatski elementi koji su značajno uticali na razvoj lisne rđe 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 istaći da se uticaj klimatskih elemenata na indeks oboljenja ne može posmatrati nezavisno od uticaja biljke domaćina odnosno sorte ($P=0,007$). Klimatski uslovi koji su pogodovali pojavi žute rđe 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 takođe bile iznad prosečnih. Indeksi oboljenja *P. striiformis* f. sp. *tritici* u 2014., 2015. i 2016. godini značajno su se razlikovali od indeksa oboljenja prouzrokovala žute rđe koji je dominirao do 2014. (Graf. 1). Praćenjem rasnog sastava u saradnji sa kolegama iz referentnog centra iz Engleske utvrđeno je da se struktura populacije žute rđe i kompozicija gena virulentnosti u poslednje tri godine nije bitno promenila.

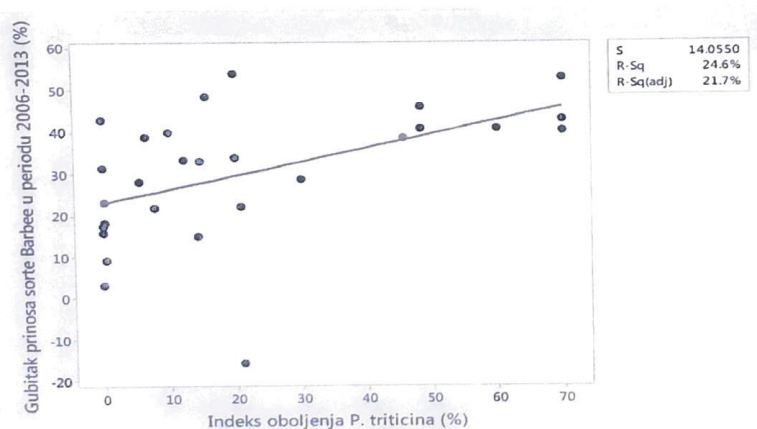


Grafikon 1. Pojava lisne i žute rđe u periodu od 1998. do 2016. godine na lokalitetu Rimski Šančevi

Gubici prinosa. Rđe 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 rđom mogu da dosegnu 50%, što je zabeleženo i u višegodišnjim ogledima u kojima se testira otpornost genetičkog materijala na Rimskim Šančevima. Pojava novih rasa žute rđe na Evropskom kontinentu od 2011. dovela je do gubitka otpornosti sorti koje su bile široko zastupljene u proizvodnji

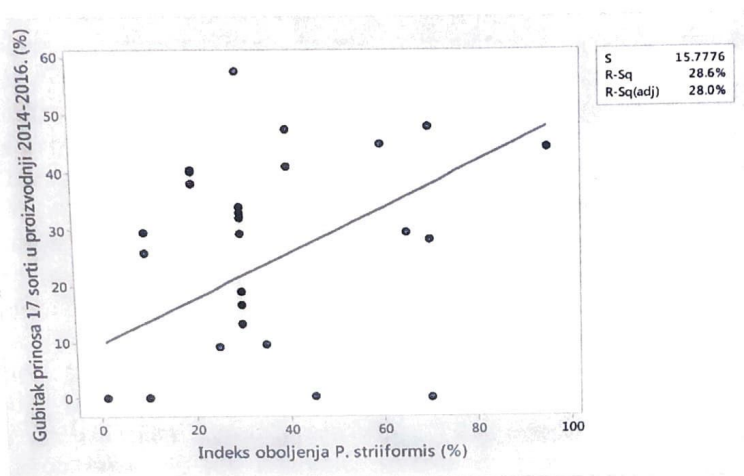
i koje su nosile gene otpornosti prema do tada predominantnim rasama žute rđe. Prema Rahmatov (2013) gubici prinosa do kojih dovodi prouzročivač žute rđe kreću se od 10 do 70%. Praćenjem otpornosti 19 komercijalnih sorti prema žutoj rđi u eksperimentalnim uslovima na lokalitetu Rimski Šančevi ustanovljeno je da intenziteti infekcije mogu doseći 95% sa gubicima prinosa do 60% (Župunski i sar., 2016). U cilju unapređenja zaštite pšenice od prouzročivača rđa 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 prouzročivačima lisne i žute rđe primenjeni su General Linear Model i Spearman-ov koeficijent korelacije.

Odnos gubitka prinosa i indeksa oboljenja lisnom rđom na lokalitetu Rimski Šančevi 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 rđa 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 rđe (Graf. 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 rđom i gubitka prinosa sorte Barbee u periodu 2006-2013. godine na lokalitetu Rimski Šančevi

Odnos gubitaka prinosa i indeksa oboljenja žutom rđom ispitan je na lokalitetu Rimski Šančevi na 17 sorti pšenice u proizvodnji u periodu 2004-2016. godine i takođe je utvrđeno da taj odnos statistički značajno srednje pozitivno korelisan ($r=0,632$; $P=0,000$). Dobijen koeficijent deteminacije $R^2=29\%$ posledica je rasipanja podataka što znači da je gubitak prinosa rezultirao iz delovanja i drugih faktora osim intenziteta infekcije žutom rđom (Graf. 3). Primenom General Linear Modela utvrđen je značajan uticaj godine ($P=0,000$), sorte ($P=0,000$) i indeksa oboljenja žutom rđom ($P=0,000$) na gubitak prinosa.



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

RDE PŠENICE - BUDUĆNOST

Danas su prouzrokovajući žute i stabljичne rđe ponovo u fokusu javnosti, posebno Evrope, s obzirom na epidemiju stabljичne rđe koja je prošle (2016.) godine zahvatila hiljade hektara na području Sicilije. Chris Giligan, epidemiolog sa Univerziteta Kembridž u Velikoj Britaniji, ističe za časopis *Nature*, da je ovo najjača pojava stabljичne rđe 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.

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

Navedene pojave novih agresivnijih rasa predstavljaju svojevrzni alarm i upozorenje da bez odgovarajuće kontrole, upozorenja od strane istraživača, može doći do veoma brzog širenja ovih patogena, u slučaju stabljične rđe na područje čitavog Mediterana, Jadranske regije, kao i na naše prostore.

Usled realne zabrinutosti za proizvodnju pšenice koja je potencijalno ozbiljno ugrožena od strane rđa, pre svega stabljične i žute, 2016. godine održan je trening program koji okuplja istraživače sa Aarhus Univerziteta (Danska), ICARDA (Center for Agricultural Research in the Dry Areas), CIMMYT (Meksiko) i FAO zajedno sa članovima Borlagove Globalne Inicijativa za Rđe. Trening koji će biti ponovljen i ove, 2017. godine, omogućava ekspertima iz oblasti rđa pšenice da ojačaju 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 rđa je gajenje otpornih sorti. Selekcija genotipova pšenice sa dugotrajnom nespecifičnom otpornošću je stalni zadatak oplemenjivačkih programa. Veliku ulogu u ovom procesu ima i kontinuirano praćenje virulentnosti populacija prouzrokovaca rđa širom proizvodnih područja pšenice.

Takođe, uništavanje samoniklih biljaka je važna mera kojom se može prekinuti „zeleni most“ (eng. „green bridge“) koji ima značajnu ulogu u ciklusu razvika prouzrokovaca rđa i širenju parazita na novoposejane useve. Nema podataka o alternativnim domaćinima prouzrokovaca lisne rđe na našim prostorima, a tematikom alternativnih domaćina prouzrokovaca žute i stabljične rđe bavili su se Kostić (1962), Staletić i Stojanović (2005). Prema podacima Kolmer i sar. (2007) masovno iskorenjavanje šimširike (*Berberis* spp.) kao alternativnog domaćina stabljične i žute rđe (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, protiokonazol, 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 rđe 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 rđe. Ne treba zanemariti tretiranje semena (T0), jer ukoliko je seme tretirano adekvatnim fungicidima, onda rana pojava rđe 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 istaći da preporuke i upozorenja Prognozno izveštajne službe Vojvodine i Srbije moraju imati veoma važnu ulogu u sistemu predviđanja pojave prouzrokovaca rđa 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

- Bošković, J., Bošković, M. (2001): Primena sistema gen za gen u analizi populacije patogena I selekciji izvora otpornosti. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Bošković, M. (1959): Štetnost lisne rđe na pšenici u 1958. godini. Savremena poljoprivreda, 4: 287-293.
- Bošković, M. (1971): Uticaj lisne rđe i pepelnice na prinos nekih sorti pšenice u Jugoslaviji. Savremena poljoprivreda, 4: 81-88.
- 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.
- Jerković, Z. (1992): Nasleđivanje nekompletne otpornosti pšenice prema *Puccinia recondita tritici*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Jevtić, R., Jerković, Z., Pribaković, M. (1995): Uzroci epifitocije lisne rđe na pšenici i ječmu u 1993/94. godini. *Biljni lekar*, 1: 42–45.
- Jevtić, R., Jerković, Z., Denčić, S., Stojanović, S. (1997): Pojava žute rđe (*Puccinia striiformis*) na pšenici u 1997. godini. *Biljni lekar*, 4: 455–458.
- Jevtić, R., Jasnić, 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.
- Jevtić, R., Lalošević, M., Kalentić, M. (2012): Zaštita strnih žitarica od bolesti. *Glasnik zaštite bilja*, 5: 86–93.
- Jevtić, R., Lalošević, M., Jerković, Z., Mladenov, N., Hristov, N. (2014a): Žuta rđa preti da prepolovi prinos pšenice. *Biljni lekar*, 1: 6–13.
- Jevtić, R., Lalošević, M., Jerković, 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.
- Josifović, M. (1956): Poljoprivredna fitopatologija. Naučna 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
- Kostić, B. (1962): Fiziološke rase *Puccinia graminis* var. *tritici* Erikss et. Henn. u jugoistočnom delu FNRJ. *Zaštita bilja*, 69-70: 5–81.

- Kostić, B., Smiljaković, H., Tešić, T. (1966): Bolesti i štetočine 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.
- Ranojević, 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., Harrar, J. G. (1957): Principles of plant pathology. Ronald Press, New York
- Stakman, E. C., Piemeisel, F. J. (1917): Biologic forms of *Puccinia graminis* on cereals and grasses. *J Agric Res*, 10: 429-495.
- Stojanović, S., Stojanović, J. (1996): Uticaj sorte, doze i vremena primene azota na prinos pšenice zaražene crnom rdóm. 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., Jevtić, R., Lalošević, M. (2016): Uticaj prouzrokovala 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 Jevtić, Mirjana Lalošević, Vesna Župunski, Zoran Jerković

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 Šančevi 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 averages, 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