

INTEGRALNA ZAŠTITA OD PREVALENTNIH PARAZITA PŠENICE U SEMIARIDNOM REGIONU

Zoran J. Jerković*, **Radivoje M. Jevtić**, **Mirjana S. Lalošević** i
Željana S. Prijić

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

Rezime: Savremena saznanja iz oblasti integralne zaštite pšenice u semiaridnim regionima, odnosno primena agrotehničkih mera i genetičkih analiza u smeru adekvatnog korišćenja rezultata oplemenjivanja te praćenja i prognoze rasta i razvoja prevalentnih parazita radi racionalne upotrebe fungicida uz predlog biološke mere, tj. veštačke infekcije s *Pyrenophora tritici repentis* (Ptr) u godinama nepovoljnim za razvoj fakultativnih parazita su prikazana u radu. Gajenjem sorti ne nižih od 85 cm optimalnog rasta delova stabla, primenom pune agrotehnike, ishrane i kasnijom setvom smanjena je opasnost od infekcija fakultativnih parazita na donjem i srednjem lišću preko 15% koja je smatrana korisnom usled antagonizma s obligatnim parazitima a povećan je maksimalni mogući intenzitet obligatnih parazita na 60–70% zahvaćenosti gornjih listova. Sugerisano je gajenje sorti s produženim latentnim periodom umesto kompletno otpornih prema prouzrokovaču lisne rđe radi izbegavanja štetnih efekata preakumuliranih gena za specifičnu otpornost na prinos zrna. Sorte efikasne prema širenju toksina Ptr je potrebno isključiti usled obezbeđenosti dovoljnog antagonističkog efekta sa srednjeg lišća. Predloženo podrazumeva različitost gena za navedenu specifičnu otpornost sorti kako bi bila smanjena verovatnoća istovremenog prevazilaženja otpornosti te izbegnute nesavladive promene u semenarstvu. Krajnji rezultat predloženog sistema su dva gornja lista bez parazita i mogućnost ekonomične i efikasne jednokratne kurativne zaštite jednom u deset godina kada fakultativni paraziti izostanu ili nakon prevaziđene otpornosti sorte u standardnim uslovima. Praktična primena predloženih rešenja takođe je zavisna od prognoznih modela razvoja lisne rđe i nestanka zelene lisne površine i usklađenosti veličine i opremljenosti poljoprivrednih gazdinstava usled kratkih rokova.

Ključne reči: paraziti pšenice, integralna zaštita, *Lr* geni.

Uvod

Integralna zaštita pšenice od parazita kao bitan deo integralne proizvodnje (održiva proizvodnja zasnovana na korišćenju prirodnih resursa i regulatornih mehanizama), podrazumeva primenu agrotehničkih, mehaničkih i bioloških mera i saznanja (prvenstveno genetičkih analiza koje omogućuju adekvatno korišćenje rezultata oplemenjivanja) kao i praćenje i prognozu njihovog rasta i razvoja radi racionalne upotrebe fungicida u proizvodnji. Savremena saznanja iz integralne zaštite omogućila su radikalne promene u pristupu radi ostvarenja navedenog cilja.

Agrotehničke mere i razvoj parazita u semiaridnom regionu

Prevalentni paraziti lišća u semiaridnom regionu s oko 600 mm godišnjih padavina i prosečnom temperaturom 11°C podeljeni su u dve grupe na osnovu optimalnih uslova za rast i razvoj. Temperature vazduha od oko 15°C odgovarale su *Septoria tritici* (St), a 20°C *Puccinia tritici* i *Pyrenophora tritici repentis* (Ptr). Razlika između obligatnih (*Puccinia spp.* i *Erysiphe graminis tritici*) i fakultativnih parazita – *Septoria tritici* (St) i *Pyrenophora tritici repentis* (Ptr) je u tome što poslednje pomenuti rastu *in vivo* a razvijaju se odnosno fruktificiraju kada je fotosintetička aktivnost delova na kojima se nalaze gotovo prestala (Prescott et al., 2006). Intenzivniji razvoj fakultativnih parazita bio je omogućen nepoštovanjem plodoređa, tanjiranjem umesto oranja, smanjenom količinom pristupačnog azota tokom vegetacije (Jerković et al., 2005) ili primenom zalivnih sistema. Kasnijom setvom od poslednje dekade oktobra (prosečna temperatura 14°C) i nicanjem u novembru (10°C) delimično je moguće redukovati efekat jesenjeg širenja fakultativnih parazita na veće razdaljine iz peritecija (St) i sprečiti ubrzano stvaranje konidija (Ptr). Povezanost klimatskih varijacija s pojavom prevalentnih parazita prikazali su Jevtić et al. (2010). Setva sredinom oktobra (Tabela 1) najviše je podizala početni i prosečni intenzitet zaraze fakultativnih parazita a naročito Ptr. Trend je potvrđen i poređenjem setve izvedene 2010. godine početkom novembra s onom krajem oktobra 2012. godine (Tabela 2). Na proleće (temperature u martu 3–11°C i aprilu 7–17°C), osnove povećanog prinosa su bile izbegnuto neproduktivno bokorenje te manja lisna površina izložena primarnim zarazama fakultativnih parazita iz semena, žetvenih ostataka, samoniklih biljaka ili srodnika (William and Jones, 1973; Brokenshire, 1975) uz uspešne infekcije duže zadržane u biotičkoj fazi (Gough, 1978) usled neodbačenog viška lišća ili biljaka uz produženi latentni period St od 14 do 40 dana i Ptr preko 20 dana (Eyal, 1981; Eyal et al., 1987). Optimalni uslovi za St bili su sredinom maja, a za obligatne parazite i Ptr većinom tek u poslednjoj dekadi maja. Obrnuto od fakultativnih parazita kod kojih je fruktifikacija vezana za redukovanu fotosintetičku aktivnost kod obligatnih parazita svako produženje trajanja lisne površine agrotehničkim merama povišavalo je

uspešnost infekcije i produkciju spora iz istih pustula (Jerković i Putnik-Delić, 2007).

Povezanost tipa sorte po rastu s nespecifičnom otpornošću

Promena tipa sorti po rastu usled očekivanog bržeg globalnog otopljenja i posledično pojačane suše (Vitousek, 1994; Cox et al., 2000; Mihailović et al., 2002) i kontinuiranih epidemija *Puccinia tritici* i *Puccinia striiformis* prouzrokovala lisne i žute rđe pšenice imala je za posledicu učestalija folijarna tretiranja pšeničnih useva u Evropi do 70% radi suzbijanja fakultativnih parazita (Diaz de Ackermann, 1995). Tipovi sorti na osnovu rasta sledećih organa kontrolisani su pojedinačnim delovanjem ili akumulacijom gena za nespecifičnu otpornost prema prouzrokovalima rđa razdvojenih u četiri osnovne grupe: kao *Lr 2a*, latentni period (LP) produžujući, SN (broj simptoma po jedinici površine u stadijumu sejanaca) i LGR (zbir dužina stabla i prvog lista podeljen s drugim u stadijumu sejanaca) povišavajući, SN (broj simptoma po jedinici površine) i LGR neznatno snižavajući (*Lr Tc*), SN i LGR srednje snižavajući (*Lr 2c*, *Lr 13*, *Lr 14a*) i SN i LGR najviše snižavajući (*Lr 22b*) (Prijić et al., 2014). SAGR odnosno količnik dužina poslednja dva kolenca i stabla je bio u potpunoj korelaciji sa LGR (Jerković i Prijić, 2012). Navedeni parametri mogu biti povezani s visinom stabla na osnovu diferencijacije pojedinih *Rht* gena i neosetljivošću prema dnevno noćnom režimu preko analize 2D hromozoma (Worland and Low, 1986). Na osnovu rezultata prikazanih u Tabelama 1–3, karakter je bio nezavisan od visine biljke. Pri višim vrednostima SAGR dolazilo je do izduženog gornjeg kolenca, a razmak između spratova se nije povećavao što je pogodovalo ograničenom širenju *St* iz piknida usled pljuskova ili dodiranjem listova (Van Beuningen and Kohli, 1990; Goudemand et al., 2013). SAGR vrednosti menjale su se iz godine u godinu u zavisnosti od temperature, vlažnosti ili mineralne ishrane. Po tom svojstvu rang sorti je bio isti potvrđujući genetsku kontrolu. Povišeni SAGR odnosno umanjeni LGR doveli su do proporcionalne redukcije uspešnosti infekcije obligatnih parazita bez obzira na rasu (Johnston and Browder, 1966), dok je pojava vezana za odrasli stadijum biljaka (Dyck, 1991). Prilikom prodora inicijalne hife u stomu svega jedan sat bez vode je dovoljan za ranu aborciju (De Vallavieille-Pope et al., 1995) kao i kod fakultativnih parazita uz duži kritični period (Tomerlin, 1985). Posledice povišenog SAGR-a su bile deficit vode u donjim listovima i transfer ugljenih hidrata u stablo, vidljive preko suvih vrhova a kasnije i celih listova te ubrzanog rasta organa naročito noću (Mishra et al., 2005). Latentni period obligata u uslovima kada ima dovoljno vode i šećera je bio skraćen, ali nisu primećene promene pri povišenom SAGR-u tako da konstatovano izgleda kontradiktorno. Objašnjenje je vezano s nejednakim rasporedom vode u međucelijskom prostoru odnosno uticajem samo na uspešnost infekcije. Značajno produžen latentni period i

niži reakcioni tip bili su ostvareni samo preko gena za rasno specifičnu otpornost, a mešavina gena iz obe grupe snižavala je reakcioni tip u stadijumu sejanaca pri temperaturi vazduha od 20°C. Reakcioni tip je proizvod interakcije pojedinačnih gena parazita i domaćina (Flor, 1956; 1971) pri određenim uslovima spoljašnje sredine (Loegering, 1978). Nakon prodora gljive u ćelije minimalno produžen LP bio je od gena iz grupa četiri kao *Lr 14a* ili tri kao *Lr 34* koji su kontrolisali rasno nespecifičnu otpornost (Prijić et al., 2014). Obrnuto, primećen je skraćen latentni period, manje ali češće povrede od fakultativnih parazita naročito Ptr ako su geni iz pomenute četvrte grupe bili prisutni bez obzira na velike razlike u SAGR usled komplementarnosti u akumulacijama. Geni iz te grupe kombinovani s onim za rasno specifičnu otpornost prema prouzrokovaču lisne rđe rezultirali su optimalnim SAGR-om pri 550 mm padavina kao kod standardne sorte Pobeda. Neophodni u sušnim regionima (200–400 mm) bili su *Lr 22b* radi postizanja adekvatnog SAGR-a, a *Lr 13* i *Lr 34* usled primećenog ubrzanog klijanja i nicanja preko sprečene kristalizacije šećera prisutnog oko 20% nakon svake degradacije skroba nastalog i pri nižim temperaturama vazduha za vreme insolacije ili jakog vetra. Dugotrajna otpornost (Parlevliet, 1993) u odraslom stadijumu prema prouzrokovaču lisne rđe postignuta je preko nekih prethodno navedenih gena (Kolmer, 1996). Moguće je konstatovati da je tako osnovana trajnost svojstva neograničena i većinom na nivou ispod navedenog praga ekonomičnosti tretmana naročito u semiaridnim regionima (Jerković and Jevtić, 2002). Akumulacijom gena iz prve tri grupe stvorene su sorte Sonata i NS 40S do sad najvišeg potencijala za prinos pri oko 600 mm padavina, dok su geni za rasno specifičnu otpornost bili neophodni za snižen RT-a (Jerković et al., 2003). Za razliku od Rapsodije visokog SAGR-a nastalog kombinacijom *Lr 22b* + *Lr 13* + *Lr 34* približan od *Lr 22b* i *Lr 34* sorte Metka 2013. godine je rezultirao s 15% manje Ptr na gornja dva lista usled izostanka *Lr 13* ili *Lr 14a* (Tabela 1). Kod sorti za sušne uslove gajenih u navedenim semiaridnim područjima usled bržeg transporta ugljenih hidrata i vode u stablo odnosno rasta sledećih organa na račun sopstvenih zaliha u stresnim uslovima, fruktifikacija fakultativnih parazita je bila ubrzana a povrede manje ali češće prisutne na gornjim listovima. Generalno, nezavisno od vrednosti SAGR, primećeno je ubrzano širenje odnosno fruktifikacija Ptr kod svih kombinacija u kojima su bili zastupljeni geni iz grupe *Lr 13* i *Lr 14a* prethodno povezani s razgradnjom šećera (Jerković et al., neobjavljeni podaci) čiji je pad koncentracije ispod 5% proglašen za razlog prelaska u reproduktivnu fazu Ptr (Meinhardt et al., 2002). Fruktifikacija St je više zavisila od nedostatka raspoložive vode u biljci a manji intenziteti zaraze na gornjem lišću su bili povezani sa visinom i razmakom između spratova lišća (Camacho-Casas, 1989), što je potvrđeno i prikazanim rezultatima, a naročito je bilo izraženo pri poređenju sorti Desetka i Arabeska (Tabela 1). Efekat *Lr 13* grupe gena je takođe bio vidljiv ali znatno manji nego kod Ptr, usled abioričkog rasta St. Gajenje sorti sa SAGR vrednostima preko 0,70 praćeno je nižim potencijalom za prinos usled brže

suvog srednjeg lišća i podzastavičara pri višim temperaturama i suši. Usled temperatura nižih od prosečnih tokom maja 2013. godine nije došlo do odvajanja zastavičara od poslednjeg kolenca što je takođe rezultiralo umanjenim prinosom za oko 3% nego što je očekivano na osnovu prethodno ustanovljenih razlika u odnosu na sorte s optimalnim SAGR-om. Ekvilibrijum prinosa sa sortama optimalnog SAGR-a one višeg SAGR postižu nemogućnošću zaraze obligatnim parazitom preko 35% pri odsustvu fakultativnih parazita u pojedinim godinama (Jerković and Prijić, 2010). Prikazani intenziteti zaraze u procentima od raspoložive lisne površine prikriju su obrnutu proporcionalnost broja povreda i njihove veličine. Prvi karakter je bio pozitivno a drugi negativno koreliran sa SAGR vrednostima. U semiaridnom regionu s oko 600 mm padavina i prosečnom temperaturom od 15°C u maju i 24°C u junu uz maksimum padavina od oko 80 mm povoljni uslovi za transfer St na gornje lišće kao što su bili 2013. godine usled kontinuiranih kiša u trećoj dekadi maja i nižih temperatura dešavali su se jednom do dva puta u dekadi. Pojava Ptr bila stabilna pri nižim intenzitetima zaraze osim jednom u dekadi. Neki od prethodno navedenih *Lr* gena (Mc Intosh et al., 1995) nalaze se na istim hromozomima sa onim odgovornim za otpornost prema Ptr (Lamari and Brounet, 1989) i St (Botez et al., 2009). Povezanost s jednim od pet tipova povrede kod Ptr nije ustanovljena. Razlike po otpornosti su napravljene na osnovu vidljivog dejstva toksina odnosno boje pege, prisustva ili izraženosti hlorotičnog okruženja. Definisane su različite grupe toksina (Pandelova et al., 2012) od kojih su većina proteinske prirode, dok su lakši po molekularnoj težini (6.62 Kd) bili agresivniji usled povećane pokretljivosti (Manning et al., 2012). Poreklo gena za otpornost prema St (Gilchrist and Mujeeb-Kazi, 1996), nasleđivanje svojstva (Wilson, 1985) i specifičnost interakcija (Certrain et al., 2002) su istraženi, a oplemenjivačka strategija razvijena (van Ginkel and Rajaram, 1989). Povećanje otpornosti pri akumulacijama nije primećeno (Brading et al., 2002) kao ni povezanost između otpornosti i vremena fruktifikacije (Ponomarenko et al., 2011).

Brži nestanak fotosintetičke aktivnosti klasa je sortna karakteristika nezavisna od već diskutovanih mera. Primećena je povezanost prethodno navedenog svojstva i bržeg rasta i razvoja prouzrokovala paleži klasa (*Fusarium* spp.) (Jerković i Prijić, 2009). Skraćenje perioda cvetanja preko nedovoljne ishrane i pristupačne vode je bilo kontraproduktivno i neopravdano jer procenat zahvaćenih klasića u navedenom regionu nikada nije bio viši od predviđenog (10-15%) za prelazak preko dozvoljenog sadržaja toksina (2 mg/kg) a štete po prinosu zrna su bile zanemarljive u odnosu na moguće u regionu sa oko 100 mm više padavina (Tomasović, 1997).

Tabela 1. Povezanost tipa sorte određenog po SAGR s intenzitetima zaraze i širenjem fakultativnih parazita.
 Table 1. The connection of variety type determined by SAGR with infection intensity and spread of facultative parasites.

Grupa gena Group of genes	SAGR	Visina sorte Height of varieties (cm)	Sorta Variety	Intenziteti zaraze Infection intensity						
				Septoria tritici		Pyrenophora tritici repentis				
				Srednji list Middle leaf	Gornja dva lista Last two leaves	Srednji list Middle leaf	Gornja dva lista Last two leaves	Srednji list Middle leaf	Gornja dva lista Last two leaves	
<i>Lr Tc</i>	0,50	96	Bambi	30	5	10	-			
<i>Lr Tc+Lr34+Lr 3a</i>	0,55	88	NS 40S	20	10	5	5			
		95	Ilina	20	10	5	5			
<i>Lr Tc+Lr34</i>	0,56	87	Futura	30	10	5	5			
<i>Lr 14a+Lr2a</i>	0,57	89	Renesansa	30	10	10	10			
		93	Enigma	30	10	10	5			
<i>Lr 14a</i>	0,58	90	Pobeda	30	10	15	10			
		88	Etida	30	10	5	5			
<i>LrTc+Lr 13</i>	0,62	96	Simonida	25	10	10	5			
		85	Tavita	25	20	10	5			
<i>Lr 22b+Lr34</i>	0,64	74	Metka	15	5	5	5			
<i>Lr 22b+Lr 13</i>	0,65	73	Desetka	25	20	10	10			
		95	Arabeska	15	10	10	5			
<i>Lr 22b+Lr 13+Lr 34</i>	0,66	73	Rapsodija	40	30	20	20			

SAGR - količnik zbiru dužina dva poslednja kolena i stabla.

SAGR - Steam Adult Growth Ratio or total length of last two internodes divided by stem length.

Prognozni model razvoja i šteta od *Puccinia triticina* zasnovan na otkrivanju prevaziđene specifične otpornosti i antagonizmu

Najviši intenziteti zaraze obligatnog parazita u kontinuirano sušnim godinama bili su neočekivani na osnovu prethodnih saznanja (Rijsdijk and Zadoks, 1976; Jerković et al., 2004; Jerković et al., 2005; Jerković, 2008). Prikazani su rezultati postignuti sa (2011) i bez kontinuirane (2013) vlažnosti u maju i početkom juna (Tabela 2). Antagonizam između Ptr na srednjem lišću tokom maja i *Puccinia triticina* zasnovan na proizvodima toksina nakon njihovih interakcija s biljkom (Jerković et al., 2005) je bio znatno jače izražen nego onaj od produkta St proglašenog za prenosioca već postojećih toksina i svrstanog u ABC transportere (Stergiopoulos et al., 2003) isto kao i enzimi gena *Lr 34* (Krattinger et al., 2009). Pri simultanim zarazama fakultativnim i obligatnim parazitima u junu nije dolazilo do pojačanog efekta jer je maksimalna proizvodnja toksina Ptr vezana za period nakon dve nedelje od infekcije. S obzirom na latentni period odnosno vreme do pojave pustula od nedelju dana pri optimalnim temperaturama zaraze s *Puccinia triticina* jačeg intenziteta nego u tragovima (oko 25. maja) na gornjem lišću su bile vidljive tek u prvoj dekadi juna. Interakcije između parazita i efekti različitih tipova sorti su bili definisani preko praktičnog prognoznog modela razvoja lisne rđe na gornja dva lista: $(90 - (\text{intenzitet zaraze Ptr na srednjem lišću} \times 2) + (\text{intenzitet zaraze St na srednjem lišću} \times 0,5) + (\text{SAGR} - 0,5) \times 2,5) \times 0,6-1$ u zavisnosti od latentnog perioda *Puccinia triticina*. Odstupanja rezultata u proizvodnji su moguća usled gajenja različitih genotipova u blizini u ogledima i vezana su za Ptr na gornjem lišću zaraženog s drugih genotipova koji su omogućavali njenu ubrzanu fruktifikaciju.

Pokrivenost gornjeg lišća fakultativnim parazitima 2013. godine nije bila predviđena prognoznim modelom jer nije imala uticaj na odluku o isplativosti tretmana osim kod sorti ekstremno visokog SAGR-a. Intenziteti zaraze na poslednja dva lista kod većine sorti nisu prelazili 30%, što je određeno kao prag isplativosti tretmana izvedenog 25. maja prskalicom zahvata 12 m uz ustanovljene štete od tragova 5–7% (Jerković i Prijić, 2009). Svaki 10% pokrivenosti gornjeg lišća parazitom rezultirao je gubikom prinosa zrna od 3,2–3,8% obrnuto proporcionalno SAGR-u sorte (Jerković and Jevtić, 2012; Jerković et al., 2012). Štete se odnose na poslednja dva lista jer su intenziteti na srednjim listovima bili identični kontroli. Izuzetak je bila sorta Rapsodija sa razvojem fakultativnih parazita do 50% u toku 2013. godine (Tabela 1).

Tabela 2. Intenziteti zaraze prevalentnih parazita, prognozirane vrednosti i gubici u prinosu zrna 2011. i 2013. godine.
 Table 2. Infection intensity of prevalent parasites, forecasted values and grain losses in 2011 and 2013.

Sorta Variety	Gubici prinosa Grain yield losses		Max. intenzitet <i>P. triticina</i> preko SAGR Max. attack of <i>Puccinia triticina</i> by SAGR		Ptr intenzitet na srednjem (1) i gornjem (2) lišću <i>Ptr</i> intensity on middle (1) and last (2) leaves		St intenzitet na srednjem (1) i gornjem (2) lišću <i>St</i> intensity on middle (1) and last (2) leaves		Puccinia triticina intenzitet na gornjem lišću <i>Puccinia triticina</i> attack on last leaves		Prognozirani maksimalan intenzitet <i>P. triticina</i> Forecasted maximal intensity of <i>P. triticina</i>		Intenzitet zaraze po gubitku prinosa/ Intenzitet po formuli Intensity across formula		
	2011.	2013.	2011.	2013.	1	2	1	2	2011.	2013.	2011.	2013.	2011.	2013.	
	% t/ha	% t/ha			2011.	2013.	2011.	2013.	2011.	2013.	2011.	2013.	2011.	2013.	
Pesma	11	8,9	-	-	5	5	10	10	-	20	-	28x0,8	-	32-27	
Pobeda	18	8,6	10	8,0	5	15	10	5	10	35	15	33	13	50-48	
Kantata	19	9,4	18	9,4	53	70	T	15	5	10	T	40	5	50	55
Rapsodija	11	8,5	9	8,3	42	52	5	25	10	15	15	15	10	0	30-32
Sonata	20	9,6	13	10,0	55	65	T	15	5	5	25	10	15	50	58
NS 40S	15	8,9	10	10,8	65	62	5	15	T	5	25	T	10	40	43-39
Simonida	10	8,9	7	9,0	48	53	5	20	5	10	10	10	25	0	30-36
Evropa 90	18	8,6	10	9,5	60	60	5	15	T	5	25	T	10	50	50-51
Janja	19	9,1	11	9,5	70	75	5	20	T	5	40	T	20	60	55-61
Prima	12	8,5	13	9,3	55	52	5	15	5	10	10	20	30	5	35-40

Ptr - *Pyrenophora tritici repens*, St - *Septoria tritici*.

SAGR - količnik zbira dužina dva poslednja kolena i stabla,

SAGR - Steam Adult Growth Ratio or total length of last two internodes divided by stem length.

Kod sorti sa obrnutim vrednostima SAGR predviđenim za humidne uslove uskrobljenost u junu je neminovna, rast fakultativnih parazita produžen a osetljivost prema lisnoj rđi odnosno potencijalna zaraza od 80–90% pri odsustvu fakultativnih parazita zahteva obavezan visok stepen specifične otpornosti (Jerkovic et al., 2013a). Za razliku od pojedinačnih (The et al., 1988) efekat više gena za specifičnu otpornost prema *Puccinia triticina* na prinos nije istražen ali je bilo primetno da su sorte sa njihovom akumulacijom retke (Oelke and Kolmer, 2005; Winzeler et al., 2000; Jerković et al., 1995). Globalni status pronađenih 69 gena za otpornost prikazali su Huerta-Espino et al. (2011) dok su prema izveštaju iz Laboratorije za bolesti strnih žita u Sent Polu (www.ars.usda.gov/mwa/cdl) mnogi proglašeni istodelujućim. Za razliku od prethodnih mišljenja dokazano je premanentno (Jerkovic et al., 2012; Jerkovic et al., 2013b) a ne inducirano prisustvo produkata gena s funkcijom intracelularnog razlaganja glutenskih disulfidnih mostova između lanaca proteina (Masson et al., 1986) iz semena i u listu te različita hidrolitička stabilnost kao objašnjenje prethodno primećene temperaturne zavisnosti pri intrakcijama s parazitom. Akumulacije gena čiji su produkti energetski različiti rezultirale su potpunom otpornošću prema monopustulnim izolatima parazita kompleksne virulentnosti na osnovu rezultata testova izogenih linija. Očekivane posledice dejstva su i ubrzano razlaganje disulfidnih mostova u glutenu stvorenom u listu te slabija fotosintetska aktivnost.

Najniže vrednosti SAGR bile su uzrok pojave žute rđe na sorti Bambi u 2013. godini, što potvrđuje navedenu osnovu nespecifične otpornosti prema svim prouzrokovateljima rđa. Pored nivoa interakcija parazita prognoznim modelom određena je i prevaziđenost otpornosti prema obligatnom parazitu (Mesterhazy et al., 2000) neustanovljiva u drugom periodu tokom vegetacije, osim u poslednjoj dekadi maja. Alternativni metod za analizu latentnog perioda u stadijumu sejanaca preko prikupljenih monopustulnih uzoraka s proleća je svakako nepraktičniji od predloženog.

Prognoza vremena nestanka zelene lisne površine

Nestanak zelene lisne površine prognoziran u poslednjoj dekadi maja kada prestaje rast biljaka, na osnovu visine, broja klasića i SAGR vrednosti prikazan je za poslednje tri godine (Tabela 3). Kod sorti s ukupnim zbirom 13 obezbeđen je period od mesec dana između eventualnog tretiranja predloženog na osnovu opisanog prognoznog modela i prestanka fotosintetičke aktivnosti lisne površine koja podrazumeva i jonizaciju vode to jest elemente u energetskom obliku neophodnom za razlaganje aktivnih materija pesticida (Jerković and Jevtić, 2012). Šest meseci posle žetve pšenice ostaci pesticida bili su prisutni u suvom zrnu (Mensah et al., 1979).

Tabela 3. Prognoza nestanka zelene lisne površine.
Table 3. Forecast of green leaf area disappearance.

Sorta <i>Variety</i>	SAGR			Dužina stabljike (cm) <i>Stem length (cm)</i>			Broj klasića <i>Spikelet number</i>			Suma GLAD faktora <i>Sum of GLAD factors</i>			GLAD		
	2011.	2012.	2013.	2011.	2012.	2013.	2011.	2012.	2013.	2011.	2012.	2013.	2011.	2012.	2013.
Pesma	0,67	-	-	80	-	-	18-20	-	4+3+5=12	-	-	-	25.06.	-	-
Pobeda	0,67	0,70	0,62	90	74	90	16-18	16-18	4+4+3=11	5+2+3=10	4+4+3=11	23.06.	20.06.	20.06.	23.06
Kantata	0,65	0,67	0,58	89	75	90	18	18	3+4+4=11	4+2+4=10	3+4+4=11	23.06.	20.06.	20.06.	23.06
Sonata	0,64	0,66	0,60	88	65	81	18	18	3+4+4=11	4+2+4=10	3+4+4=11	23.06.	21.06.	21.06.	23.06
NS 40S	0,61	0,67	0,61	81	68	81	18	18	3+4+4=11	4+2+4=10	3+4+3=10	23.06.	21.06	21.06	21.06
Rapsodija	0,73	0,75	0,69	75	58	67	16	16	5+2+3=10	5+1+3=9	4+2+3=9	22.06.	18.06.	18.06.	18.06.
Simonida	0,68	0,70	0,65	80	65	80	16	16	4+3+3=10	5+2+3=9	4+3+3=10	21.06.	18.06.	18.06.	19.06.
Evropa 90	0,62	0,69	0,62	92	73	88	16	16	3+4+3=10	5+2+3=10	3+4+3=10	21.06.	20.06.	20.06.	20.06.
Janja	0,58	-	0,52	86	-	75	16-18	-	3+4+3=10	-	2+2+4=8	22.06.	-	-	17.06
Prima	0,64	0,67	0,65	70	50	61	16	14-16	3+2+3=9	4+1+2=6	4+2+3=9	19.06.	15.05.	15.05.	18.06

SAGR- količnik zbira dužina dva posljednja kolena i stabla.

SAGR - *Stem Adult Growth Ratio or total length of last two internodes divided by stem length.*

GLAD - nestanak zelene lisne površine.

GLAD - *Green Leaf Area Disappearance.*

Mogućnosti biološke zaštite

Uz nekoliko preduslova uticaj toksina Ptr na uspešnost infekcije obligatnih parazita mogao bi se koristiti kao biološka mera radi zaštite od obligatnih parazita. Konidije nanese preko zalivnog sistema na donje i srednje lišće sredinom aprila i kontrolisana zaraza do 20% uz adekvatan SAGR u semiaridnim regionima pri kojem je mogućnost zaraze obligatnim parazitom 60–70% na gornjim listovima obezbedila bi njihovu pokrivenost parazitom do 30% ispod praga isplativosti tretmana uz malu verovatnoću kasnijih simultanih zaraza. Dejstvo proteinskih toksina na obligatne parazite može biti povezano s katjonom magnezijuma – Mg^{2+} (Corey and Smit, 1961) iz hlorofila (Strelkov et al., 1998), dakle po istom principu kao i kod nekih kontaktnih fungicida. Ujedno, na taj način objašnjen je biotički rast fakultativnih parazita praćen hlorozama oko mesta prodora i rasta gljive kao i nepromenjena boja lista pri prisustvu toksina. Alternativno objašnjenje je konkurentnost sa Zn (Hirai et al., 2011) neophodnim za stvaranje substomatičnog vezikuluma (Corey and Smit, 1961). Za razliku od fakultativnih parazita, pri infekciji obligatnih, hloroze oko pustule su verovatno nastale usled izdvajanja Mg iz hlorofila preko kiselina pri kontaktu membrane i ćelijskog zida gljive glikoproteinskog sastava s visokim sadržajem S i P (Harder and Chong, 1984) s hloroplastom (Fields and St Clair, 1984). Formiranje haustorijuma odnosno ulazak gljive u ćelije vezan je za nedostatak vode i ugljenih hidrata u međućelijskom prostoru što je dokazano formiranjem krugova pustula daleko od mesta prodora inicijalne hife. Koncentracija sumpora u ćeliji iz koje se formira haustorijum je bila povećana što je ukazivalo na obrnuti sistem odbrane od pomenutih katjona nego kod fakultativnih parazita, dakle ne toksinima unapred nego tek pri kontaktu hife s hloroplastom. Na osnovu prethodno opisane povećane agresivnosti preporučena je upotreba toksina A. Osnovni problem pri primeni predložene biološke mere su proizvodnja dovoljne količine inokuluma i aplikacija, dok tretiranje toksinom izgleda još nerealnije usled obaveznog usvajanja proteina znatno težih od aktivnih materija fungicida. Na osnovu dosadašnjih saznanja, u navedenom semiaridnom regionu, ova mera je potrebna jednom u deset godina kad u proleće razvoj Ptr nije primećen.

Zaštita fungicidima

Primenom preparata na bazi tebukonazola (15.05.2013) s karencom od 35 dana omogućena je kasnija infekcija prouzrokovačem lisne rđe na gornjim listovima intenziteta čak i do 10% na Evropi 90 tako da rezultati odudaraju od očekivanih po prognoznom modelu za razliku od 2011. godine kada je tretman obavljen 03.06. (Tabela 2). U vreme adekvatno za prognozu, nije bilo moguće primenjivati fungicide s karencom dužom od 30 dana kod većine sorti u

navedenom regionu. Kod većine fungicida pitanje rezidua nakon odvajanja aktivnih elemenata ili jedinjenja od baze nije rešeno a predviđena karenca to jest vreme od tretiranja do nestanka aktivne lisne površine je bila duža nego od primene prognoznih modela (Osborne and Stein, 2009; Škerbot, 2011). Navedenim istraživanjima ustanovljeno je da su pojedini *Lr* geni u osnovi posebne endoproteaze koje utiču na razlaganje sumpornih veza u glutenskim mostovima (Cumming et al., 2004) tako da je degradacija pojedinih fungicida (ditiokarbamati) ili insekticida (thiametoksam i thiacloprid) sa sličnim karakteristikama po sastavu postala predvidljiva i dokazana na osnovu umanjenog porasta u stadijumu sejanaca (Jerković et al. 2012; Jerković et al., nepublikovani podaci). Takvi preparati su i inače s najkraćom karencom (dve do tri nedelje) ali određenom pri znatno višim padavinama u maju i junu nego u semiaridnom regionu s kontinentalnom klimom i 550 mm padavina gde karenca od 14 dana biva produžena i nezadovoljavajuća. Na osnovu novih saznanja interakcijom sorte i pesticida problem optimalne primene postaje rešiv, odnosno omogućeno je tretiranje i do kraja prve dekade juna kada su rast fakultativnih parazita na gornjem lišću ili infekcija obligatnim parazitima prepoznatljivi. Slično je i s napadom lako migrirajućih insekata odnosno nepredvidivim vremenom do piljenja larvi kada je tretman najefikasniji (Malschi, 2003). Postoji verovatnoća da insekticidi s istim rezidualnim elementima kao kod fungicida pri povećanoj koncentraciji imaju efekat na suzbijanje gljiva što je omogućeno savremenim saznanjima. Posledica aktivnosti gena potrebnih za ubrzano razlaganje je bilo oslobađanje sumpora koji iz SO₂ u dodiru s hloroplastom kao što je već navedeno prelazi u kiseliniski oblik i direktno utiče na fotosintezu preko izdvajanja magnezijuma u obliku soli (Jolivet et al., 1992). Testiranjem preparata različitog sastava, ustanovljeno je da je proces reverzibilan kada su u pitanju sulfati pa su predviđene neznatne praktične štete u slučaju primene rezultata (Jerković et al., 2012). Očekivano je da pojedini geni istog tipa razlažu i rezidue pesticida s dvostruko vezanim hlorom ili fosforom bliskih po molekularnoj težini i energetske snazi veza. Geni odgovorni za razlaganje su ispoljili delimičnu ili potpunu specifičnost. Njihovim interakcijama s odgovarajućim fungicidima svi ciljevi integralne zaštite pšenice od prevalentnih parazita u semiaridnom regionu mogu biti ispunjeni. Obavezna prisutnost pojedinih gena prilikom priznavanja sorti bi svakako trebalo da postane jedna od budućih tema.

Zaključak

Savremeni rezultati su osnova za društveni pristup u integralnoj zaštiti pšenice od parazita u semiaridnim regionima s godišnjim padavinama 550–650 mm. Osnovna promena je u isključivanju preventivnih tretmana i svođenju na jedan po potrebi. Rizik pri primeni pune agrotehnike na sortama optimalnog tipa rasta je sveden na granicu isplativosti tretmana osim u jednoj od 10 godina na osetljivim sortama

prema *Puccinia triticina* jer je pojava 10–15% Ptr i 10% St na srednjem lišću bila permanentna bez obzira na sve mere. Svaka otpornost prema *Puccinia triticina* u tom slučaju je dobit po prinosu zrna u odnosu na sorte višeg SAGR-a predviđene za gajenje u sušnijim regionima. Stoga, gajenje takvih sorti ne nižih od 85 cm te primena pune agrotehnike, ishrane i kasnija setva su preporučene mere. Sugerisanim gajenjem sorti s produženim latentnim periodom prema lisnoj rđi izbegnuti su štetni efekti akumulacije specifičnih gena za otpornost dok je one prema Ptr potrebno isključiti radi obezbeđenja dovoljnog efekta toksina za razliku od takvih prema St. Predviđenim načinom, gornja dva lista najznačajnija za prinos nisu bila dovoljno napadnuta parazitom da bi bilo ekonomski opravdano tretiranje fungicidima u većini godina. Verovatnoća istovremeno prevaziđene otpornosti prema obligatnom parazitu je smanjena korišćenjem više gena za otpornost prema obligatnim parazitima u različitim sortama a samim tim i problemi nastali usled nedostatka semena za sledeću sezonu. Čak i u slučaju prevaziđene otpornosti svih sorti u proizvodnji, efekat je očekivan tek posle dve godine a maksimalan gubitak prinosa zrna je ispod 4% pri poređenju sa sortama za sušnije uslove (višeg SAGR-a) osim u godinama kada su fakultativni paraziti maksimalno redukovani. Ostalih godina, predviđeni dobitak po prinosu je 10–15% u odnosu na upotrebu sorti bilo kog drugog tipa rasta. Isplativost tretmana sorti na kojima je otpornost prevaziđena je svakako povećana preko višeg potencijala za prinos, a kasnije intervencije bez rezidua u poslednjoj dekadi maja omogućene su na osnovu prognoznih modela i novih saznanja o njihovom razlaganju.

Održivost prezentiranog sistema integralne zaštite zavisna je od mogućnosti intervencija u vrlo kratkim rokovima odnosno prilagođenosti opreme veličini poseda, bez obzira da li se radi o setvi, tretmanu fungicidima ili žetvi.

Literatura

- Botez, C., Pamfil, D., Curticiu, D., Cota, L., Saulescu, N. (2009): Marker assisted selection for *Septoria tritici* resistance in wheat dihaploid lines. *Not. Bot. Hort. Agrobot.* 37(1):253-255.
- Brading, P.A., Verstappen, E.C.P., Kema, G.H.J., Brown, J.K.M. (2002): A gene-for-gene relationship between wheat and *Mycosphaerella graminicola*, the *Septoria tritici* blotch pathogen. *Phytopathology* 92(4):439-445.
- Brokenshire, T. (1975): The role of graminaceous species in the epidemiology of *Septoria tritici* on wheat. *Plant Pathol.* 24:33-38.
- Camacho-Casas, M.A. (1989): Inheritance of *Septoria* leaf blotch and the possible influence of heading date and plant height on the disease expression in a winter wheat cross. Ph.D. thesis. Oregon State University, USA.

- Certrain, L., Berry, S.T., Brown, J.K.M. (2002): Resistance of wheat line Kavkaz-K4500 L.6.A.4 to *Septoria tritici* blotch controlled by isolate-specific resistance genes. *Phytopathology* 92(4):439-445.
- Corey, H.M., Smit, F.G. (1961): Effect of cations on germination & germ tube development of *Puccinia coronata uredospores*. *Plant Physiol.* 36(1):14-19.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Jones, C.D., Spall, S.A., Totterdell, I.J. (2000): Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408:84-187.
- Cumming, R.C., Andon, N.I., Haynes, P.A., Park, M., Fisher, W., Shubert, D. (2004): Protein disulfide bond formation in the cytoplasm during the oxidative stress. *J. Biol. Chem.* 279:21749-21758.
- De Vallavieille-Pope, C., Huber, L., Leconte, M., Goyeau, H. (1995): Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *P. striiformis* on wheat seedlings. *Phytopathology* 85(4):409-415.
- Diaz de Ackermann, M. (1995): Chemical control of *Septoria tritici* on spring wheat. In: Gilchrist, L., van Ginkel, M., McNab, A., Kema, G.H.J. (Eds.), *Proc. Septoria tritici Workshop*, CIMMYT, Mexico, pp. 147-151.
- Dyck, P.L. (1991): Genetics of adult-plant leaf rust resistance in 'Chinese Spring' and 'Sturdy' wheat. *Crop Sci.* 31:309-311.
- Eyal, Z.E. (1981): Integrated control of *Septoria* diseases of wheat. *Plant Dis.* 65:763-768.
- Eyal, Z., Sharen, A.L., Prescott, J.M., van Ginkel, M. (1987): The *Septoria* diseases of wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D.F., CIMMYT.
- Fields, R., St Clair, L.L. (1984): The effects of SO₂ on photosynthesis and carbohydrate transfer in two lichens: *Collema polycarpon* and *Parmelia chlorochroa*. *Am. J. Bot.* 71:986-998.
- Flor, H.H. (1956): The complementary genetic systems in flax and flax rust. *Adv. Genet.* 8:29-54.
- Flor, H. H. (1971): Current status of the gene-for-gene concept. *Ann. Rev. Phytopath.* 9:275-296.
- Gilchrist, L.I., Mujeeb-Kazi, A. (1996): *Septoria tritici* leaf blotch resistant germplasm derived from bread wheat/D genome synthetic hexaploids. ASA Conference, Indianapolis, IN, USA.
- Goudemand, E., Laurent, V., Duchalais, L., Tabib Ghaffary, M.S., Kema, G.H.J., Lonnet, P., Margalé, E., Robert, O. (2013): Association mapping and meta-analysis: two complementary approaches for the detection of reliable *Septoria tritici* blotch quantitative resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Mol. Breed.* DOI 10.1007/s11032-013-9890-4.
- Gough, F.G. (1978): Effect of wheat host cultivars on pycnidiospore production by *Septoria tritici*. *Phytopathology*, 68:1343-1345.
- Harder, D.E., Chong, P. (1984): Structure and physiology of haustoria. In: Roelfs, A.P., Bushnell, W.R. (Eds.), *Cereal rust*, Vol. I. Academic Press, Orlando, FL, USA, pp. 431-473.
- Hirai, Y., Sasaki, S., Tamiaki, H., Kashimura, S., Saga, Y. (2011): Substitution effects in the A- and B-rings of the chlorin macrocycle on demetalation properties of zinc chlorophyll derivatives. *J. Phys. Chem.* 115(12):3240-3244.
- Huerta-Espino, J., Singh, P.P., Germain, S., McCallum, B.D., Park, R.F., Chen, W.Q., Bhardway, S.C., Goheay, H. (2011): Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica* 179:143-160.
- Jerković, Z. (2008): Wheat variety specific model of parasite development and effects in semiarid regions. International Conference "Conventional and Molecular Breeding of Field and Vegetable Crops", Proceedings, pp. 277-282.
- Jerković, Z., Jevtić, R. (2002): Contribution of non specific leaf rust resistance in Yugoslav wheat production and breeding. *Petria* 12(1-2):73-76.
- Jerković, Z., Putnik-Delić, M. (2004): The forecast of maximal leaf rust intensity of wheat varieties in field according to seed ling resistance in green house. *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 7 (spec. number):107-109.

- Jerković, Z., Prijić, Ž. (2009): Parasite developmental consequences of growing the different wheat types in semi arid region. IV Symposium with international participation „Innovation in crop and vegetable production“. 23-24. October, Belgrade. Book of abstracts, pp. 34-35.
- Jerković, Z., Putnik-Delić, M. (2007): Influence of the leaf senescence on *Puccinia triticina* resistance characters. Field Veg. Crops Res. 45:55-59.
- Jerković, Z., Prijić, Ž. (2010): Grain yield equilibrium of according to growth speed different wheat types in semi-arid region. Sixth scientific-research symposium on breeding and seed production, Serbian Association of Plant Breeders and Seed Producers, Vrsac, Book of Abstracts, p. 9.
- Jerković, Z., Jevtić, R. (2012): A solution for economical and safe wheat protection from parasites. Proceedings of ECO conference, Safe food, pp. 97-102.
- Jerković, Z., Prijić, Ž. (2012): Smernice za ekonomičnu zaštitu pšenice od parazita. Ratar. Povrtar. 49(1):119-121.
- Jerković, Z., Mišić, T., Jevtić, R. (1995): Accumulating genes for enhancement of incomplete resistance to *Puccinia recondita tritici*. Zuchtungforshung 2:336-339.
- Jerković, Z., Mićanović, Ž., Jevtić, R. (2003): Genetic basis of hypersensitive resistance to *Puccinia triticina* in Novi Sad created wheat varieties, Proceeding of international scientific conference “50 Years University of Forestry“, pp. 200-202.
- Jerković, Z., Putnik-Delić, M., Hanzalova, A., Jevtić, R. (2005): *Pyrenophora tritici-repentis* uzrok slabijeg razvoja *Puccinia triticina*. Pest. Fitomed. 20(4):235-240.
- Jerković, Z., Prijić, Ž., Đurić, V. (2012): Leaf rust specific resistance genes effect on degradation of fungicides with sulfur. Plant Protect. 63(1):29-35.
- Jerković, Z., Prijić, Ž., Djurić, V., Lalošević, M. (2013a): Functions of *Lr* genes beside reduction of *Puccinia triticina*. Field Veg. Crops Res. In press.
- Jerković, Z., Prijić, Ž., Đurić, V. (2013b): Effect of accumulated resistance genes to *Puccinia triticina* on transfer of seed proteins. Ratar. Povrt. 50:60-64.
- Jevtić, R., Telečki, M., Lalić, B., Mihailović, T.D., Malešević, M. (2010): Climate change impact on small grains diseases appearance in Vojvodina region. In: Mihailovic, T.D., Lalić, B. (Eds.), Advances in Environmental Modeling and Measurements. Nova Science Publishers Inc, New York, pp. 209-222.
- Johnston, C.O., Browder, L.E. (1966): Seventh revision of physiologic races of *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. Plant Dis. Rep. 50:756-760.
- Jolivet, P., Bergeron, E., Kein, P. (1992): Oxidation of elemental sulfur and sulfite by chloroplasts. Phyton 32(3):59-62.
- Kolmer, J.A. (1996): Genetics of resistance to wheat leaf rust. Annu. Rev. Phytopathol. 34:435-455.
- Krattinger, S.G., Lagudah, E.S., Spielmeyer, W, Singh, R.P., Huerta-Espino, J., Mc Fadden, H., Bossolini, E., Celter, L.L., Keller, B. (2009): A putative ABC transporter confers durable resistance to multiple fungal pathogens in wheat. Science 323:1360-1363.
- Lamari, L., Bernier, C.C. (1989): Evaluation of wheat lines and cultivars to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) based on type lesions. Can. J. Plant Pathol. 11:49-56.
- Loegering, W.Q. (1978): Current concepts in interorganismal genetics. Annu. Rev. Phytopathol. 16:309-320.
- Malschi, D. (2003): Research on the integrated wheat pest control. (Actual strategy of integrated pest management as part of agro ecological system for sustainable development of wheat crop, in Transylvania). Rom. Agric. Res. 19-20:67-86.
- Manning, V.A., Chu, A.L., Steeves, J.E., Wolpert, T.J., Cuifetti, L.M. (2012): A host-selective toxin of *Pyrenophora tritici-repentis*, Ptr ToxA, induces photosystem changes and reactive oxygen species accumulation in sensitive wheat. Mol. Plant Microbe Interact. 22(6):665-676.
- Masson, P., Tome, D., Popineau, P. (1986): Peptic hydrolysis of gluten, glutenin and gliadin from wheat grain: Kinetics and characterisation of peptides. J. Sci. Food Agric. 37(12):1223-1235.
- Mc Intosh, R.A., Wellings, C.R., Park, R.F. (1995): Wheat rust. An atlas of resistance genes. CSIRO, Australia, Melbourne and Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

- Meinhardt, S.V., Chong, W., Evon, C., Donolue, C., Rasmunssen, J. (2002): Role of the argynil-glycol-aspartic motif in the action of Ptr ToxA produced by *Pyrenophora tritici repentis*. *Plant Physiol.* 130:1545-1551.
- Mensah, G.W.K., Watters, F.L., Webster, O.R.B. (1979): Insecticide residues in milled fractions of dry or tough wheat treated with malathion, bromophos, iodofenphos, and pirimiphos-methyl. *J. Econ. Entom.* 72(5):728-731.
- Mesterhazy, A., Bartos, P., Goyeau, H., Niks, R. E., Chosz, M. (2000): European virulence survey for leaf rust in wheat. *Agronomie* 20(7):793-804.
- Mihailović, D.T., Lalić, B., Arsenić, I., Pavkov, M. (2002): Upotreba integrisanog klimatskog modela u proceni promene klime za potrebe proizvodnje suncokreta, soje, pšenice i lekovitog bilja. U: EKO-konferencija Zdravstveno bezbedna hrana, Novi Sad, 25-28. septembar, Tematski zbornik Zemljište i voda kao osnova poljoprivredne proizvodnje zdravstveno bezbedne hrane, Novi Sad, Ekološki pokret grada Novog Sada, str. 57-62.
- Mishra, A.N., Kaushal, K., Yadav, S.R., Shirsekar, G.S., Pandey, N.H. (2005): A leaf rust resistance gene, different from *Lr 34* associated with leaf tip necrosis in wheat. *Plant Breed.* 124(5):517-519.
- Oelke, L.M., Kolmer, J.A. (2005): Genetics of leaf rust resistance in spring wheat cultivars Alsen and Norm. *Phytopathology* 95(7):773-778.
- Osborne, L., Stein, J. (2009): Wheat fungicide recommendations. <http://www.sdstate.edu/ps/extension/plant-path/upload/FS952.pdf>
- Pandelova, I., Figueroa, M., Wilhelm, L.J., Manning, V.A., Mankaney, A.N., Mockler, T.C., Ciuffetti, L.M. (2012): Host-selective toxins of *Pyrenophora tritici-repentis* induce common responses associated with host susceptibility. *PLoS ONE* 7(7):1-16.
- Parlevliet, J.E. (1993): What is durable resistance, a general outline. In: Jacobs, Th., Parlevliet, J.E. (Eds.), *Durability of disease resistance*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 23-39.
- Ponomarenko, A., Goodwin, S.B., Kema, G.H.J. (2011): *Septoria tritici* blotch (STB) of wheat. *Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2011-0407-01.
- Prescott, J.M., Burnett, P.A., Saari, E.E., Ranson, J., Bowman, J., de Milliano, W., Singh, R.P., Bekele, P. (2006): Wheat diseases and pests: A guide for field identification. International maize and wheat improvement center (www.cimmyt.org).
- Prijić, Ž., Jerković, Z., Hristov, N. (2014): Clusters of *Lr* genes by effects in accumulation consonant to wheat breeding. *Genetika*, In press.
- Rijsdijk, F.H., Zadoks, J.C. (1976): Assessment of risks and losses due to cereal rusts in Europe. *Proc.-Eur. Mediterr. Cereal Rusts 4th Conference*, pp. 60-62.
- Stergiopoulos, I., Zwiers, L.H., de Waard, M.A. (2003): The ABC transporter MgAtr4 is a virulence factor of *Mycosphaerella graminicola* that affect colonization of substomatal cavities in wheat leaves. *Mol. Plant Microbe Inter.* 16(8):689-698.
- Strelkov, S., Lamari, I., Balance, G.M. (1998): Induced chlorophyll degradation by a chlorosis toxin from *Pyrenophora tritici repentis*. *Can. J. Plant Path.* 20:428-435.
- The, T.T., Latter, B.H.D, Mc Intosh, R.A., Elison, F.W., Brennan, P.S., Fisher, J., Hollamby, G.J., Rathjen, A.J., Wilson, R.E. (1988): Grain yields of near isogenic lines with added genes for stem rust resistance. *Proceedings 7th International wheat genetic symposium*, pp. 901-906.
- Tomasović, S. (1997): Utjecaj umjetnih i prirodnih infekcija pšenice s *Fusarium graminearum* Schw. na urod zrna po biljci. *Agronomski Glasnik* 59(3-4):203-226.
- Tomerlin, J.R. (1985): Preliminary studies on the effect of interrupted wet periods on infection of wheat by *Septoria nodorum*. In: Scharen, A.L. (Ed.), *Septoria of Cereals*. Proc. Workshop, Bozeman, MT, USA, 2-4 Aug. 1983, pp. 68-69.
- Škerbot, I. (2011): Varstvo žiti pred boleznimi. <http://www.kmetijskizavod-celje.si>.
- Van Beuningen, L.T., Kohli, M.M. (1990): Deviation from the regression of infection on heading and height as measure of resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat. *Plant Dis.* 74(7):488-493.

- Van Ginkel, M., Rajaram, S. (1989): Breeding for global resistance to *Septoria tritici* in wheat. In: Fried, P.M. (Ed.), *Septoria of cereals*, Zurich, Switzerland, pp. 174-176.
- Vitousek, P.M. (1994): Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecology* 75:1861-1876.
- William, J.R., Jones, D.G. (1973): Infection of grasses by *Septoria nodorum* and *S. tritici*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 60: 355-358.
- Wilson, R.E. (1985): Inheritance of resistance to *Septoria tritici* in wheat. In: Scharen, A.L. (Ed.), *Septoria of cereals. Proc. Workshop*, Bozeman, MT, USA, 2-4 Aug. 1983, pp. 33-35.
- Winzeler, M., Mesterhazy, A., Park, R.F. (2000): Resistance of European wheat germplasm to leaf rust. *Agronomie* 20(7):783-792.
- Worland, A.J., Low, C.N. (1986): Genetic analysis of chromosome 2D of wheat. The location of genes affecting height, day-light insensitivity, hybrid dwarfism and yellow rust resistance. *Z. Pflanzencucht.* 96:331-345.

Primljeno: 19. jula 2013.
Odobreno: 30. septembra 2013.

INTEGRATED PROTECTION FROM PREVALENT WHEAT PARASITES IN SEMIARID REGION

Zoran J. Jerković*, Radiwoje M. Jevtić, Mirjana S. Lalošević and
Željana S. Prijić

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

A b s t r a c t

This paper is aimed at presenting contemporary knowledge in the field of integral wheat protection against parasites, i.e. the use of cultural measures and genetic analyses directed at adequate use of breeding results, monitoring and forecasting of prevalent parasite growth and development with the aim of rational fungicide application. In addition, the paper suggests the proper use of biological measures through artificial infection with *Pyrenophora tritici repentis* (Ptr) in years not favourable for facultative parasite development. Growing of the varieties not lower than 85 cm with optimal stem growth ratio in regions with 550–650 mm precipitation, deep and complete soil cultivation plus nutrition before sowing in late October reduced the risk of facultative parasite appearance on lower and middle leaves by over 15%, which was considered useful because of the antagonism to obligate parasites. Severity of *Puccinia triticina* on last two leaves when facultative parasites were absent was increased at 60–70% as maximal level according to suggested SAGR. Nevertheless, we suggest growing of varieties with prolonged latency period resistant to *Puccinia triticina*. The aim is to avoid over-accumulation of resistance genes consequential through the decrease of wheat grain yielding potential. Genes facilitating toxin from Ptr spreading have to be excluded because of necessary antagonistic effect from the middle leaves. This implies gene for the obligate parasite specific resistance diversity of varieties in order to reduce the probability of simultaneous overcoming of resistance and avoid insurmountable changes in seed production. The final result of the proposed system should be the last two leaves with mostly minimal parasite appearance and the possibility of economical and efficient single curative treatment application once in ten years when facultative parasites are absent in spring or after the resistance of variety is overcome in standard conditions. The practical aim was also dependent on leaf rust development and green leaf area disappearance forecasting models as well as balance between the size of the farm and equipment due to short deadlines.

Key words: wheat parasites, integral protection, *Lr* genes.

Received: July 19, 2013

Accepted: September 30, 2013

*Corresponding author: e-mail: zoran.jerkovic@ifvcns.ns.ac.rs