

**Abstract**  
**FUNGAL LEAF SPOT DISEASES OF WHEAT-FUTURE  
PERSPECTIVES**

**Mirjana Lalošević<sup>1</sup>, Radivoje Jevtic<sup>1</sup>, Marija Kalentic<sup>2</sup>,  
Vesna Župunski<sup>1</sup>, Dragoljub Lazic<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

<sup>2</sup>Donau Soja Standard, Regional Center, Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management - Department of  
Phytosanitary Inspection based in Valjevo  
E-mail: mirjana.lalosevic@ifvcns.ns.ac.rs

The most important pathogens as causal agents of wheat leaf spot are *Zymoseptoria tritici*, *Parastagonospora nodorum* and *Drechslera tritici-repentis*. In Serbia, *Z. tritici* predominates over *P. nodorum* and *D. tritici-repentis*, which are considered as minor diseases of wheat. However, those pathogens cause high level of yield losses worldwide, and as consequence continuous monitoring of their occurrence is obligatory. All measures of integrated pest management including breeding for resistance, fungicide application and crop practices are considered to be important for control of leaf spot diseases of wheat. Bearing in mind that interaction between plant host and pathogens is continuously changing and that there is threat of growing resistance of these pathogens to triazoles and strobilurins, the need for breeding of superior varieties, and producing more effective fungicides are the main goals of programs related to management of leaf spot diseases of wheat.

**Key words:** leaf spot diseases of wheat, *Z. tritici*, *P. nodorum*, *D. tritici-repentis*, integrated pest management

---

**PEPELNICA – ARISTOKRATSKO OBOLJENJE PŠENICE**

**Mirjana Lalošević<sup>1</sup>, Radivoje Jevtic<sup>1</sup>, Vesna Župunski<sup>1</sup>, Stevan Maširevic<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

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

Rad primljen: 04.04.2017.

Prihvacen za štampu: 07.04.2017.

**Izvod**

Prouzrokovac pepelnice (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) se javlja u svim proizvodnim područjima pšenice širom sveta, pa tako i na teritoriji Srbije, svake go-

dine u slabijem ili jacem intenzitetu. Smatra se visoko rizicnim patogenom zbog znacajnog potencijala za adaptabilnost i promenu u virulentnosti populacije. Rad na selekciji na otpornost pšenice prema ovom patogenu je važan zadatak oplemenjivackih programa širom sveta. Veliki broj patotipova ovog patogena je do sada opisan, i veliki broj se konstantno stvara, te je otpornost pšenice najčešće kratkotrajne prirode. S obzirom da se radi o patogenu velikog potencijala širenja na značajne udaljenosti, rizik od gubitka otpornosti sorti je utoliko veći. Ipak, tip otpornosti koji se karakteriše kao parcijalan, odnosno koji dozvoljava patogenu razvoj u meri koja ne nanosi značajne štete, postignut je kod nekih sorti koje se danas uspešno gaje širom sveta. Takode, primena agrotehnickih mera koje obezbeđuju optimalni biljni sklop omogucava adekvatnu kontrolu ovog patogena, s obzirom da je pepelnica oboljenje bogatih useva, gustog sklopa. Tretiranje fungicidima se preporučuje onda kada preventivne mere ne daju efikasne rezultate.

**Ključne reci:** pepelnica, pšenica, otpornost, agrotehnicke mere, fungicidi

## UVOD

Gljiva *Blumeria graminis* je obligatni patogen koji prouzrokuje pepelnicu na travama i strnim žitima. Ova vrsta je kroz evoluciju razvila osam razlicitih *formae speciales* (f. sp.) koji pokazuju striktnu specijalizaciju za domacina. *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (*B. graminis* f. sp. *tritici*) je jedan od najznacajnijih patogena pšenice širom sveta. U pitanju je obligatni parazit kome je neophodno živo tkivo za opstanak. Simptomi koje prouzrokuje se mogu javiti na svim nadzemnim delovima pšenice, ali su najčešći na licu lista u vidu belih pahuljastih pustula.

*B. graminis* f. sp. *tritici* se javlja u svim delovima sveta u kojima se pšenica gaji, nanoseći često značajne štete usevima. McDonald i Linde (2002) svrstavaju prouzrokovace pepelnice u patogene visokog rizika s obzirom na značajan potencijal adaptabilnosti i promenljivosti. Dr Kostic, koji je radni vek posvetio proucavanju prouzrokovaca pepelnice na našim prostorima, je imao obicaj da kaže da je pepelnica aristokratsko oboljenje. U današnje vreme na teritoriji Srbije se ovaj patogen javlja hronicno, te se gubici u prinosu javljaju svake godine, i ukupna šteta nije zanemarljiva.

Zadatak oplemenjivackih programa koji se odnosi na stvaranje otpornosti pšenice prema ovom patogenu nije jednostavan. Gotovo je nemoguće stvoriti sortu koja poseduje dugotrajnu, efikasnu otpornost prema prouzrokovacu pepelnice. Ipak, otpornost sorti u kombinaciji sa adekvatnim agrotehnickim merama i blagovremenom primenom fungicida omogucava da se patogen drži na nivou koji ne pricinjava značajne štete usevima.

## EKONOMSKI ZNACAJ

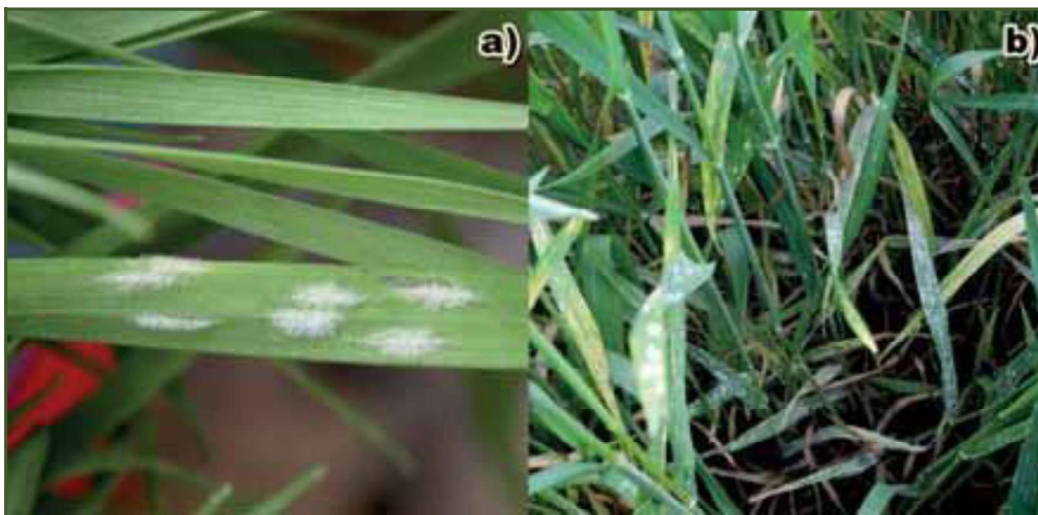
Na teritoriji Srbije prouzrokovac pepelnice nije pricinjavao ozbiljnije štete sve do 1959. godine, jer se javljao sporadicno i samo na donjim listovima biljaka. Smiljakovic (1966) istice da su na pojavu pepelnice u epifitoticnim razmera-

ma od presudnog znacaja bili introdukcija visokorodnih sorti koje su u proizvodnim uslovima Srbije ispoljile maksimalnu osetljivost, zatim upotreba vecih količina mineralnih đubriva (narocito azotnih) i povoljni vremenski uslovi. Prema podacima Smiljakovic (1962) prouzrokovac pepelnice smanjuje prinos zrna prosečno za 17%, dok Nikolic (1965) i Kišpatic (1980) navode gubitke u prinosu od preko 40%. Pri veštackim inokulacijama i razlicitim nivoima ishrane Stojanovic i Stojanovic (1989) su utvrdili prosečno smanjenje prinosa od 56,1%.

Procene gubitaka u prinosu pšenice usled pojave pepelnice vrše se redovno i na globalnom nivou. Rabbinge i sar. (1985) su utvrdili znatno manji nivo transpiracije i asimilacije u listovima zahvacenim pepelnicom, cak i pri niskim intenzitetima infekcije (oko 4%), što indirektno redukuje i proces fotosinteze, a dalje i prinos i kvalitet zrna. Pri slaboj zarazi gubici se krecu u rangu od 13-34%, dok pri ozbiljnijim napadima u polju zabeleženi gubici iznose od 50%, pa cak do 100% (Zhang et al., 2008; Li et al., 2011; Alam et al., 2013).

### CIKLUS RAZVOJA I SIMPTOMI OBOLJENJA

Ciklus razvoja gljive *B. graminis* f. sp. *tritici* podrazumeva bespolni i polni stadijum. U agroekološkim uslovima Srbije ovaj patogen uglavnom prezimljava micelijom, rede kleistotecijama, te se primarne zaraze ostvaruju konidijama, a u manjoj meri askosporama. Karakteristicni simptomi pepelnice se mogu uociti u bilo kojoj fenofazi nakon nicanja useva, na svim nadzemnim biljnim delovima, ali se najčešće sreću na listovima u vidu belih pahuljastih pustula najpre pojedinačnih (Slika 1a), koje se vremenom spajaju u pepeljastu navlaku, te odatle i naziv ove bolesti (Slika 1b).



**Slika 1.** a) Pojedinačne pustule pepelnice na listu pšenice; b) Jak napad prouzrokovaca pepelnice u usevu pšenice (Foto: R. Jevtic)

Spomenutu pepeljastu navlaku čini micelija gljive sa konidioforama i konidijama koje predstavljaju bespolni stadijum razvica ovog patogena. Konidije se

šire putem vetra i ostvaruju sekundarne infekcije na listovima. Lisno tkivo sa suprotne strane pustule postaje najpre žuto, hlorotično i na kraju potpuno nekrotično, te dolazi do njegovog propadanja. Maksimalni razvoj ovaj patogen ostvaruje u fenofazama cvetanja i mlečne zrelosti. Pred kraj vegetacije u okviru pepeljaste navlake formiraju se crna okruglasta telašca, delimično uronjena u miceliju. Ova telašca predstavljaju plodonosna tela – kleistotecije, kojima gljiva preživljava prilikom nepovoljnih uslova spoljašne sredine. U okviru kleistotecija stvaraju se askusi sa askosporama (polni stadijum razvica) koje sazrevaju krajem leta i inficiraju samonikle biljke ili biljke ozimih useva, na kojima se zatim obrazuje micelija kojom patogen najčešće prezimljava.

Prouzrokovacu pepelnice odgovaraju topliji vremenski uslovi i uslovi povišene vlage. Najbolje sporuliše pri visokoj relativnoj vlažnosti vazduha (>95%) i u temperaturnom opsegu od 10 do 22 °C. Razvoj bolesti opada veoma brzo sa temperaturama iznad 25 °C (Wiese, 1987). Pri povoljnim uslovima za razvoj, prouzročavac pepelnice ponovi bespolni ciklus razvoja na svakih 7-10 dana u toku vegetacije (Wiese, 1987), te broj bespolnih, konidijskih generacija u toku godine može da bude značajan. U istraživanjima Smiljaković (1966) broj konidijskih generacija prouzročavaca pepelnice iznosio je do 18. S obzirom na činjenicu da su kod svake generacije mogući mutageni procesi, genetska varijabilnost ovog patogena umnogome je određena bespolnim razmnožavanjem.

## ZAŠTITA USEVA

Za uspešnu proizvodnju pšenice kontrola patogena *B. graminis* f. sp. *tritici* je veoma značajna. Najefikasniju meru pored primene fungicida, predstavlja oplemenjivanje pšenice na otpornost prema prouzročavacu pepelnice, odnosno stvaranje otpornih genotipova. Veoma je teško, gotovo nemoguće postići otpornost prema svim patotipovima patogena, te se oplemenjivanje vrši u pravcu unošenja gena otpornosti prema onim patotipovima koji su prevalentni u određenom prostoru i vremenu.

**Otpornost.** Dva osnovna tipa otpornosti pšenice prema pepelnici su rasno specifična i parcijalna otpornost. Rasno specifična otpornost je po definiciji otpornost jedne sorte prema nekim fiziološkim rasama patogena, dok je prema drugim rasama istog patogena data sorta neotporna. Ovaj tip otpornosti je određen sa jednim ili nekoliko major gena koji imaju jak pojedinačan efekat i deluju po Flor-ovoj teoriji gen-za-gen (1955) sa avirulentnim genima patogena. Prema ovoj teoriji za svaki gen za otpornost u domaćinu postoji odgovarajući gen za virulentnost u patogenu.

Do sada je utvrđeno više od 78 gena ili alela za otpornost pšenice prema prouzročavacu pepelnice na 50 lokusa pšenice, koji su identifikovani i mapirani na različitim hromozomima (McIntosh et al., 2013). Ovi geni se označavaju kao *Pm* geni (*Pm1–Pm50*) (pepelnica, eng. Powdery mildew). Njihovi izvori su divlji srodnici, autohtone vrste i sorte obične pšenice.



Na osnovu poznatih *Pm* gena u diferencijalnim sortama i linijama pšenice vrše se ispitivanja virulentnosti populacije prouzrokovaca pepelnice koja se baziraju na pomenutoj Flor-ovoj teoriji gen za gen (Flor, 1955). Brojna istraživanja virulentnosti populacije *B. graminis* f. sp. *tritici* sprovode se iz godine u godinu – kontinuirano u Evropi, SAD-u, Kini i Australiji, kao i kod nas.

Vecina poznatih *Pm* gena obicno ima tkzv. “uspon i pad” ciklus (eng. ‘boom i bust’) i cesto se dešava da sorta kroz nekoliko godina izgubi otpornost i dolazi do novih epidemija. Brz gubitak rasno specificne otpornosti prema pepelnici je dobro poznat kod strnih žita. Do gubitka otpornosti dolazi iz nekoliko razloga:

1) Sorta otporna prema prevalentnim patotipovima vrši selekcionni pritisak na iste i njihova frekvencija u populaciji se smanjuje. Zatim dolazi do brzog širenja populacije patogena koji poseduju podudarne gene za virulentnost prema genima za otpornost koje nosi sorta široko zastupljena u proizvodnji, a koji su bili procentualno slabo zastupljeni u prirodi. Tako dolazi do stvaranja novih prevalentnih rasa patogena i gubitka otpornosti domacina.

2) Do promene u populaciji patogena odnosno nastajanja novih prevalentnih patogena dolazi i usled mutacija gena. Svaka mutacija avirulentnih gena patogena dovodi do ne prepoznavanja od strane odgovarajućeg major gena za otpornost domacina, te se obnavlja patogenost i dolazi do gubitka otpornosti.

3) S obzirom na sposobnost seksualnog razmnožavanja datog patogena, izvor promene i pojave novih genotipova u populaciji leži i u seksualnoj rekombinaciji.

4) Za vrstu *B. graminis* je karakteristicno i širenje na daljinu. Limpert i sar. (1999) su ukazali da putem vetra spore prouzrokovaca pepelnice dostižu velike udaljenosti i omogucavaju patogenu širenje cak i izmedu kontinenata. Ovaj tip migracije je neophodan za obligatne patogene kao što je prouzrokovac pepelnice čije preživljavanje potpuno zavisi od živog tkiva domacina. Na ovaj način prouzrokovac pepelnice vrši “kolonizaciju nove teritorije” veoma brzo (Brown and Hovmøller, 2002). Kao posledica ovakvog širenja dolazi do gubitka nekada efikasne otpornosti sorte gajene na određenom području.

Iz navedenih razloga rasno specificnom tipu otpornosti se pripisuje nestabilnost i kratkotrajnost, te je više održiva alternativa razvitak genotipova pšenice sa parcijalnom otpornošću.

Otpornost biljaka na patogene veoma varira u intenzitetu, od kompletne (potpuno odsustvo patogena) do umerene (veoma nizak intenzitet razvoja patogena). Varirajući nivo izmedu kompletne otpornosti i kompletne osetljivosti smatra se parcijalnom otpornošću (Kinane and Jones, 2001). Parcijalna otpornost pšenice prema pepelnici je određena sa više ili manje aditivnih, minor gena koji imaju mali pojedinačni, ali jak ukupni efekat. Takva otpornost je rasno nespecificna odnosno, efikasna prema svim patotipovima jednog patogena, i kao takva ne potvrđuje Flor-ovu teoriju (1942) gen-za-gen odnosa parazita i domacina.

Ovaj tip otpornosti se ispoljava kroz smanjenje razvoja bolesti domacina. Može se sagledati kroz promenu jedne ili više komponenti (Kinane and Jones,

2000): produžen latentni period, redukcija frekvencije infekcije, smanjenje dužine infektivnog perioda, redukcija velicine kolonija i produkcije spora.

Poljska ispitivanja u uslovima prirodne zaraze ili inokulacija biljaka sa mešanom populacijom patogena se obično primenjuje prilikom ispitivanja parcijalne otpornosti. Međutim, često je veoma teško utvrditi parcijalnu otpornost u takvim eksperimentima bez prethodnog znanja o postojanju rasno specifičnih gena u testiranim linijama pšenice. Ukoliko je frekvencija virulentnosti populacije patogena koja odgovara rasno specifičnim genima određene sorte ili linije pšenice niska za dato područje, to može takođe da rezultira u delimičnoj, parcijalnoj infekciji. Iz tih razloga, saznanja o virulentnim genima populacije prouzrokovaca pepelnice su neophodna kako bi se izborili sa ovim zbunjujućim efektima.

**Agrotehnicke mere.** Agrotehnicke mere mogu značajno da utiču na intenzitet pepelnice. Za pepelnicu je karakterističan i naziv “bolest bogatih useva”. Setva veće količine semena od optimalne za određenu sortu pšenice daje gušći biljni sklop, a u okviru ovakvog sklopa je mikroklimat koji je pogodan za razvoj i širenje ovog oboljenja. Isti rezultat postiže se i upotrebom veće količine azotnog đubriva, te izbalansirana ishrana useva predstavlja bitnu meru kontrole.

U našim agroekološkim uslovima zaoravanje žetvenih ostataka koje se postiže konvencionalnom obradom zemljišta nije od velikog značaja za kontrolu prouzrokovaca pepelnice, s obzirom da je u pitanju obligatni parazit za čiji opstanak je neophodno živo tkivo domaćina. *B. graminis* f. sp. *tritici* uglavnom prezimljava micelijom na samoniklim biljkama ili ozimim usevima i uništavanje samoniklih biljaka predstavlja važnu meru koja doprinosi smanjenju zaraze novoposetanih useva pšenice.

**Hemijsko suzbijanje.** Hemijska zaštita useva se preporučuje onda kada se preventivnim merama (otpornost sorti i agrotehnika) ne postignu zadovoljavajući rezultati. Na našem tržištu postoji velik broj preparata-fungicida za suzbijanje prouzrokovaca pepelnice, ali za njihovu efikasnu primenu od suštinskog je značaja blagovremena i adekvatna primena, kao i pridržavanje principa koje propisuje FRAC (<http://www.frac.info>).

## ZAKLJUCAK

U prirodi postoji konstantna borba između napada parazita i odbrane domaćina, te su u evolutivnom smislu svi tipovi otpornosti prolazni. Imajući u vidu izneto, stalan rad koji se odnosi pre svega na proučavanje populacije prouzrokovaca pepelnice kao patogena s jedne strane i iznalaženje izvora otpornosti pšenice kao domaćina s druge strane, cilj je mnogih oplemenjivačkih programa pšenice. Za održivu proizvodnju ovog useva, sa stanovišta kontrole prouzrokovaca pepelnice, neophodno je i sprovođenje adekvatnih agrotehničkih mera, kao i pravilna primena fungicida, a sve u cilju ostvarenja maksimalnih prinosa.

## 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

- Alam M. A., Mandal, M. S. N., Wang, C., Ji, W. (2013): Chromosomal location and SSR markers of a powdery mildew resistance gene in common wheat line N0308. *Afric. J. Micro. Res.*, 7: 477-482.
- Brown, J. K. M., Hovmöller, M. S. (2002): Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. *Science*, 297: 537-541.
- Flor, A. H. (1955): Host-parasite interactions in flax rust-its genetics and other implications. *Phytopathology*, 45: 680-685.
- Kinane, J.T., Jones, P.W. (2000): Components of partial resistance to powdery mildew in wheat mutants. *European Journal of Plant Pathology*, 106: 607-616.
- Kinane, J.T., Jones, P.W. (2001): Isolation of wheat mutants with increased resistance to powdery mildew from small induced variant populations. *Euphytica*, 117: 251-260.
- Kišpatic, J. (1980): Sadašnje stanje zaštite pšenice od bolesti u Sr Hrvatskoj. *Glasnik zaštite bilja*, 10.
- Li, H., Wang, X., Song, F., Wu, C., Wu, X., Zhang, N., Zhou, Y., Zhang, X. (2011): Response to Powdery Mildew and Detection of resistance Genes in Wheat Cultivars from China. *Acta Agron.Sin.*, 37: 943-954.
- Limpert, E., Felsenstein, F. G., Andrivon, D. (1987): Analysis of virulence in populations of wheat powdery mildew in Europe. *J. Phytopathol.*, 120: 1-8.
- McDonald, B. A., Linde, C. (2002): The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica*, 124:163-180.
- McIntosh R.A., Yamazaki Y., Dubcovsky J., Rogers J., Morris C., Appels R., Xia X.C. (2013): Catalogue of gene symbols for wheat. In: *Proc. 12th Int. Wheat Genetics Symposium*. Yokohama, Sept 8–13, 2013: 1-31.
- Nikolic, M. (1965): Problemi proizvodnje i zaštite pšenice na PK Županja u 1964. godini. *Biljna zaštita*, 6-7.
- Rabbinge, R., Jorristma, I.T.M., Schans, J. (1985): Damage components of powdery mildew in winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.*, 91: 235-247.
- Smiljakovic, H. (1962): Neki rezultati proučavanja pepelnice na pšenici u NR Srbiji. *Agronomski glasnik*, 5-7: 3789-3800.
- Smiljakovic, H. (1966): Physiological specialization in *Erysiphe graminis tritici* in Serbia, *Savremena poljoprivreda*, 11-12.
- Stojanovic, S., Stojanovic, J. (1989): Znacaj nekih Pm gena za selekciju pšenice na otpornost prema prouzrokovacu pepelnice. *Zaštita bilja*, 190: 465-472.
- Wiese, M. V. (1987): *Compendium of Wheat Diseases*. Second Edition, American Phytopathological Society.
- Zhang K., Zhao L., Hai Y., Chen G., Tian J. (2008): QTL Mapping for Adult-Plant Resistance to Powdery Mildew, Lodging Resistance, and Internode Length Below Spike in Wheat. *Acta Agron.Sin.*, 34: 1350-1357.

## Abstract

### POWDERY MILDEW – ARISTOCRATIC DISEASE OF WHEAT

Mirjana Lalošević<sup>1</sup>, Radivoje Jevtic<sup>1</sup>, Vesna Župunski<sup>1</sup>, Stevan Maširevic<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

<sup>2</sup>University 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