

Biljni lekar



Plant Doctor



Biljni lekar Plant Doctor

Časopis Društva za zaštitu bilja Srbije

Broj 4, 2023.

Godina 51

Časopis "Biljni lekar" izlazio je od 1956. do 1977. godine u Beogradu (između 1978. i 1991. godine postojao je "Glasnik zaštite bilja" – Zagreb, kao glasilo Saveza društava za zaštitu bilja bivše SFR Jugoslavije). Izlaženje časopisa "Biljni lekar" obnovljeno je 1995. godine. Časopis Biljni lekar se citira preko baze podataka EBSCO.

"Plant Doctor" ("Biljni lekar") is a Journal of The Plant Protection Society of Serbia, published by the Department for Environmental and Plant Protection, Faculty of Agriculture, Novi Sad. The journal was continually published from 1956 to 1977, when it was discontinued and a new Journal for the former Yugoslavia was introduced. In 1995 the Journal "Plant Doctor" was re-established and has been published bimonthly ever since. Plant Doctor has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's leading aggregator of full text journals, magazines and eBooks. The full text of JOURNAL can be found in the EBSCOhost™ databases.



Glavni i odgovorni urednik / Chief Editor: dr Ferenc Bagi (ferenc.bagi@polj.edu.rs)

Zamenik glavnog urednika / Deputy Editor: dr Goran Aleksić

Urednici oblasti / Consulting Editors

Bolesti i suzbijanje / *Diseases and Control*: dr Mila Grahovac

Štetočine i suzbijanje / *Pests and Control*: dr Aleksandra Ignjatović-Ćupina

Korovi i suzbijanje / *Weeds and Control*: dr Bojan Konstantinović

Sredstva za zaštitu bilja / *Plant Protection Products*: dr Slavica Vuković

Mašine u zaštiti bilja / *Plant Protection Machinery*: dr Aleksandar Sedlar

Sekretar / Secretary: Sonja Vučinić, Dušanka Popović

Redakcioni odbor/Editorial Board

dr Goran Aleksić⁸, dr Ferenc Bagi², dr Aleksandra Bulajić¹, mast. inž., MBA Dijana Eraković¹², dr Jelena Gajić Umiljendić⁹, dr Mila Grahovac², dr Nikola Grujić¹, dr Snježana Hrnčić⁶, dr Aleksandra Ignjatović-Ćupina², dr Renata Iličić², dr Aleksandar Ivezić³, dr Radivoje Jevtić⁷, dr Aleksandar Jurišić², dr Petar Kljajić⁸, dr Bojan Konstantinović², mr sci. biochem. Katarina Krinulović¹¹, dr Sanja Lazić², dr Dušan Marinković², dr Leopold Poljaković Pajnik¹⁰, dr Milena Popov², dr Aleksandra Popović², dr Milivoj Radojčin², dr Marija Sarić-Krsmanović⁹, dr Aleksandar Sedlar², dr Mira Starović⁸, dr Milan Stević¹, dr Danijela Šikuljak⁸, dr Bojana Špirović Trifunović¹, dr Snežana Tanasković⁴, dr Vojislav Trkulja⁵, dr Slavica Vuković².

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet/University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia

²Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet/University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia

³Univerzitet u Novom Sadu, Institut Biosens, Centar za biosisteme/University of Novi Sad, Biosense Institute, Center for Biosystems, Novi Sad, Serbia

⁴Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, Čačak/University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Čačak, Serbia

⁵Univerzitet u Banja Luci, Poljoprivredni fakultet/University of Banja Luka, Faculty of Agriculture, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

⁶Univerzitet Crne Gore, Biotehnički fakultat, Podgorica/University of Montenegro, Biotechnical Faculty, Podgorica, Montenegro

⁷Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju/Institute of Field and Vegetable Crops, National Institute of the Republic of Serbia, Serbia

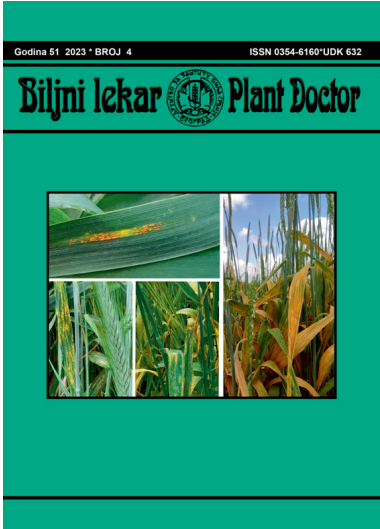
⁸Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd/Institute for Plant Protection and Environment, Belgrade, Serbia

⁹Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd/Institute of Pesticides and Environmental Protection, Belgrade, Serbia

¹⁰Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad/Institute of Lowland Forestry and Environment, Novi Sad, Serbia

¹¹Udruženje za održivu poljoprivredu i zaštitu bilja u Srbiji – SECPA, Beograd/Serbian Sustainable Agriculture and Crop Protection Association – SECPA, Belgrade, Serbia

¹²Galenika fitofarmacija, Beograd – Zemun/Galenika phytopharmacy, Belgrade – Zemun, Serbia

	<p>Naslovna strana: Slika: Karakteristični simptomi žute rde: Uredosorusi raspoređeni u vidu crtica na listu pšenice (levo- gore, foto: Jevtić, R.); na listu triticalesea (levo-dole, foto: Župunski, V.); listu ječma (u sredini- dole, foto: Župunski V.) i osetljiv genotip pšenice u polju (desno, foto, Jevtić, R.); Uz radove: Jevtić i sar. na str. 565 i Župunski i sar. na str. 576.</p> <p>Cover page: Photo: Characteristic symptoms of yellow rust: Uredosori arranged in the stipe form on the wheat leaf (top left, photo: Jevtić, R.); on the triticale leaf (bottom left, photo: Župunski, V.); on the barley leaf (middle, bottom, photo: Župunski, V.); and a susceptible wheat genotype in the field (right, photo: Jevtić, R.). Articles: Jevtić et al. (2023) and Župunski et al., (2023).</p>
--	--

Izdavač / Publisher

Poljoprivredni fakultet / Faculty of Agriculture

Departman za fitomedicinu i zaštitu životne sredine / Department of Environmental and Plant Protection, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8.

Časopis "Biljni lekar", kao dvomesečnik, izlazi šest puta godišnje. Cena godišnje pretplate iznosi 3600 dinara + PDV, ovog broja 700 dinara + PDV. Pretplata za inostranstvo je 100 €. **Dinarsku uplatu doznačiti na žiro račun 840-1736666-97, uz poziv na broj 4000-1111, sa naznakom za "Biljni lekar", a za deviznu uplatu obratiti se sekretaru Redakcije.**

Za sve informacije obratiti se g-đi Sonji Vučinić, sekretaru Redakcionog odbora, na tel. 021/4853-521, E-mail: biljnilekar@polj.uns.ac.rs ili ferenc.bagi@polj.edu.rs

Kompjuterski slog i štampa / Formatting and Printing

„Donat graf“ DOO, Vučka Milićevića 29, 11306 Grocka-Beograd; Tel. 011/2928-265; E-mail:

donatgraf@live.com

Tiraž: 500

SADRŽAJ

ŽUTA RĐA PŠENICE U SRBIJI – IZAZOVI KONTROLE I PERSPEKTIVE (Radivoje Jevtić, Vesna Župunski, Bojan Jocković, Sonja Ilin, Branka Orbović).....	565
PRVA POJAVA ŽUTE RĐE NA JEČMU I TRITIKALEU U SRBIJI (Vesna Župunski, Radivoje Jevtić, Ljiljana Brbaklić, Milan Mirosavljević, Sanja Miić).....	576
<i>Waitea circinata</i> var. <i>zeae</i> – PROUZROKOVAČ TRULEŽI KORENA KUPUSA I ULJANE REPICE (Mira Vojvodić, Brankica Tanović, Petar Mitrović, Ivana Vico i Aleksandra Bulajić).....	585
MEFENTRIFLUKONAZOL - NOVI FUNGICID IZ GRUPE TRIAZOLA (Nada Milutinović, Milan Stević, Bojana Špirović Trifunović, Dragica Brkić).....	594
BIODEGRADIBILNI BIOPOLIMERNI MATERIJALI ZA KONTROLISANO OTPUŠTANJE ANTIMIKROBNIH SUPSTANCI (Nemanja Simović).....	613
NAUČNI I STRUČNI SKUPOVI.....	622
UPUTSTVO ZA PRIPREMU RUKOPISA	631

CONTENTS

YELLOW RUST OF WHEAT IN SERBIA - CONTROL CHALLENGES AND PERSPECTIVES (Radivoje Jevtić, Vesna Župunski, Bojan Jocković, Sonja Ilin, Branka Orbović)	565
FIRST REPORT OF YELLOW RUST ON BARLEY AND TRITICALE IN SERBIA (Vesna Župunski, Radivoje Jevtić, Ljiljana Brbaklić, Milan Mirosavljević, Sanja Mikić)	576
<i>Waitea circinata</i> var. <i>zeae</i> CAUSING ROOT ROT OF CABBAGE AND OILSEED RAPE (Mira Vojvodić, Brankica Tanović, Petar Mitrović, Ivana Vico and Aleksandra Bulajić)	585
MEFENTRIFLUCONAZOLE - THE NOVEL TRIAZOLE FUNGICIDE (Nada Milutinović, Milan Stević, Bojana Špirović Trifunović, Dragica Brkić)	594
BIODEGRADABLE BIOPOLYMERS WITH CONTROLLED RELEASE OF ANTIMICROBIAL AGENTS (Nemanja Simović)	613
SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL MEETINGS.....	622
INSTRUCTIONS TO AUTHORS.....	631

ŽUTA RĐA PŠENICE U SRBIJI – IZAZOVI KONTROLE I PERSPEKTIVE

**Radivoje Jevtić, Vesna Župunski, Bojan Jocković,
Sonja Ilin, Branka Orbović**

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

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

Izvod

Prouzrokovatelj žute rđe (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) dobio je na posebnom značaju u Srbiji od proizvodne 2013/2014, iako je u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima registrovan od strane Jevtića i sar. još 1997. godine. Imajući u vidu način prenošenja prouzrokovatelja žute rđe i visoku sposobnost prevazilaženja otpornosti biljaka domaćina, cilj ovog rada je da ukaže na faktore koji utiču na dinamiku pojave i osnovne probleme u kontroli ovog patogena u Srbiji. Klimatski faktori 2023. godine pogodovali su jačoj pojavi žute rđe pšenice u Srbiji kao i 2014, 2016. i 2018. Međutim, ne treba izgubiti iz vida da se rasni sastav ovog patogena može menjati iz godine u godinu, kao i da reakcija osetljivosti i/ili otpornosti genotipova pšenice zavisi od kombinovanog efekta abiotičkog i biotičkog stresa. Kompleksnost delovanja faktora koji utiču na nivo osetljivosti ili pad otpornosti pšenice prema žutoj rđi potvrđen je i u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima 2023. godine kada je značajno veći broj genotipova (80%) bio zaražen žutom rđom nego prethodnih godina sa indeksom oboljenja preko 41%. Procenat genotipova sa reakcijom osetljivosti prema žutoj rđi (DI>41%) bio je 47,7 % u 2016. i 43 % u 2018. godini.

Ključne reči: pšenica, žuta rđa, dinamika pojave, mere kontrole

UVOD

Prouzrokovatelj žute rđe (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) dobio je na posebnom značaju u Srbiji od proizvodne 2013/2014, iako je u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima registrovan od strane Jevtića i sar. još 1997. godine (Jevtić i sar., 1997, Jevtić i sar., 2014a, Jevtić i sar., 2014b). Prvo upozorenje na opasnost od jače pojave žute rđe u Srbiji usled klimatskih promena ukazali su Jevtić i Jasnić 2007. godine. Do 2014. godine, dominantna vrsta bila je *Puccinia triticina*, prouzrokovatelj lisne rđe, koja je u pojedinim godinama (1994, 2001, 2004 i 2007) na oglednim površinama dovođila do gubitaka prinosa čak do 50% (Jevtić i sar., 1995; Jevtić i sar., 2020). Međutim, zbog promenjenih klimatskih

uslova 2014, kada su zimske temperature u januaru (4,2 °C) i februaru (6,1 °C) premašile prosečne temperature (-0,1 °C u januaru i 1,8 °C u februaru) od 1964. godine, žuta rđa je preovladavala nad lisnom rđom i dovela do ogromnih šteta u proizvodnji (Jevtić i sar., 2017). U usevima pšenice, indeksi oboljenja od žute rđe u 2014. godini kretali su se od 40% do 60%, ali u genetičkoj kolekciji testiranoj u poljskim ogledima Instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim šančevima, indeksi oboljenja od žute rđe dosegali su 90% i rezultirali gubitkom prinosa od 60% (Jevtić i sar., 2020).

Puccinia striiformis f.sp. *tritici* je obligatni patogen koji ima sposobnost širenja na velike razdaljine vazдушnim strujama što je ujedno i osnovni način njegovog prenošenja (Zadoks, 1961; Hodson, 2011; Hovmøller i sar., 2011). Iako se pri jakim intenzitetima zaraze uredospore mogu uočiti i na klasu biljke domaćina, žuta rđa se ne prenosi semenom. Razlikujemo 6 osnovnih genetičkih grupa ovog patogena i svaki je predominantan u pojedinim regionima u svetu: G1 u Kini; G2 u Nepal; G3 u Pakistanu; G4 na Bliskom istoku i istočnoj Africi; G5 u Mediteranu i Centralnoj Aziji i G6 u Severo-zapadnoj Evropi (Ali i sar., 2014). Centar diverziteta žute rđe je Himalajska regija gde ujedno dolazi i do najvećih promena u genetičkoj strukturi patogena, za razliku od klonalne populacijske strukture koja dominira u Evropi, Americi i Australiji (Wellings i MekIntosh, 1990; Hovmøller i sar., 2011; Ali i sar., 2014).

U Evropi, većina dominantnih rasa do 2010. godine bila je tipična za severozapadno-evropsku genetičku grupu, dok su egzotične rase imale samo manji uticaj na proizvodnju pšenice u Evropi (de Vallavieille-Pope i sar., 2012). Pre 2011. godine populacija *P. striiformis* u Evropi bila je dominantno klonalna i zavisila je od mutacija i intrakontinentalne disperzije s malim uticajem seksualne rekombinacije (Hovmøller i sar., 2002). U klonalnoj populaciji, mutacije i naknadna selekcija generisale bi nove rase virulentne prema postojećim genima otpornosti domaćina (Linde i sar., 2002; de Vallavieille-Pope i sar., 2012). Međutim, 2011. godine u mnogim evropskim zemljama otkrivene su dve nove rase, nazvane Warrior i Kranich, koje su pokazale značajno veću genetičku varijabilnost u odnosu na rase prethodne klonalne populacije. Warrior i Kranich su izazvale ogromne probleme u proizvodnji pšenice između ostalog i zato što su bile virulentne za sorte koje su nosile dugotrajnu otpornost prema prevalentnim rasama prouzrokovala žute rđe (Sørensen i sar., 2014).

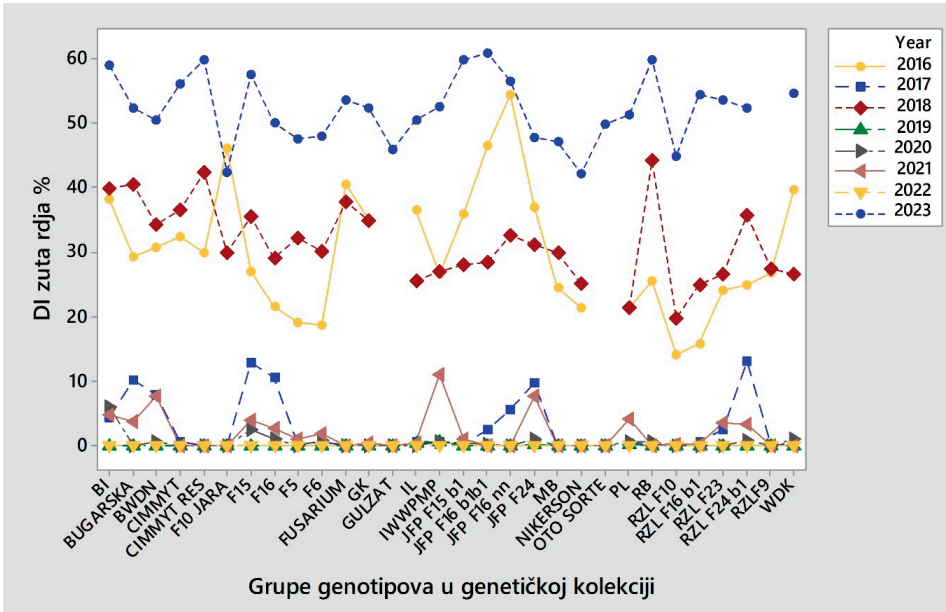
Kao i u mnogim evropskim zemljama, rasa Warrior žute rđe pšenice, postala dominantna i u Srbiji 2014. godine (Jevtić i sar., 2014a, Jevtić i sar., 2014b). Ovi rezultati naglašavaju činjenicu da uprkos kontinuiranom razvoju sorti pšenice sa otpornošću na prevalentnu populaciju patogena, introdukcija novih rasa žute rđe može započeti infekcije epidemijskih razmera i to na kontinentalnom nivou (Brown i Hovmøller, 2002). Imajući u vidu način prenošenja prouzrokovala žute rđe i visoku sposobnost prevazilaženja otpornosti biljaka domaćina, cilj ovog

rada je da ukaže na faktore koji utiču na dinamiku pojave i osnovne probleme u kontroli ovog patogena u Srbiji.

EKSTREMNA VARIRANJA KLIMATSKIH FAKTORA – UTICAJ NA ŽIVOTNI CIKLUS I POJAVU ŽUTE RĐE PŠENICE

Osnovni prioritet Instituta za ratarstvo i povtarstvo iz Novog Sada je obezbeđenje održive proizvodnje pšenice, te i praćenje prisustva prouzrokovala rđa pšenice na teritoriji Srbije i oplemenjivanje na otpornost prema ovom oboljenju. Značajniji rezultati testiranja na otpornost počeli su se ostvarivati sredinom šezdesetih godina prošlog veka. Centar za nacionalna i međunarodna istraživanja lisne rđe, osnovan je 1966. godine u Novom Sadu (Bošković M., 1966). Poznato je da prouzrokovali žute i lisne rđe imaju različite zahteve u pogledu klimatskih uslova za započinjanje inicijacije i razvoj bolesti (Roelfs i sar., 1992). Potvrđeno je u dosadašnjim istraživanjima da povišene temperature u zimskom periodu favorizuju razvoj žute rđe (Hovmøller i sar., 2016). U genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima koja uključuje 2828 genotipova pšenice od 2016. godine jača pojava žute rđe zabeležena je 2016, 2018. i 2023. godine (Slika 1).

U periodu od 2016. do 2023. Srbija se suočila sa ekstremnim fluktuacijama klimatskih faktora, pri čemu su se temperature u januaru i februaru razlikovale u rasponu od gotovo 10 °C (od -5 do +5 °C u januaru) i 6,3 °C (od 1,2 do 7,5 °C u februaru). Takođe je zabeležena velika razlika u ukupnoj količini padavina u rasponu od 1 do 65,5 mm u martu kao i od 11,1 do 74.5 mm u aprilu mesecu. U godinama kada je dolazilo do jače pojave žute rđe, prosečne temperature u januaru i/ili u februaru prelazile su 4 °C što je značajno više od prosečnih temperatura u januaru (1,4°C) i februaru (3,4 °C) u poslednjih 18 godina. Treba istaći i da je suma padavina u tim godinama bila optimalna za ostvarnje infekcija, za razliku od godina kada su temperaturni uslovi u zimskom periodu bili povoljni za pojavu žute rđe, ali padavine nisu kao 2022. kada je suma padavina u martu bila 1 mm.



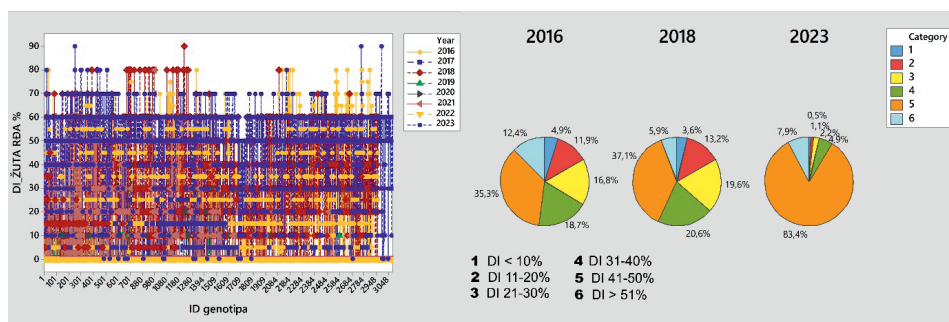
Slika 1. Pojava žute rđe u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima na 2828 genotipa pšenice od 2016 do 2023 godine

Praćenje klimatskih faktora koji utiču na razvojni ciklus žute rđe su svakako osnova za uspešnu prognozu i kontrolu pojave žute rđe, međutim ne treba izgubiti iz vida da se rasni sastav ovog patogena može menjati iz godine u godinu, kao i da reakcija osetljivosti i/ili otpornosti genotipova pšenice zavisi od kombinovanog efekta abiotičkog i biotičkog stresa. Na to ukazuju i prosečni indeksi oboljenja žutom rđom u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima koji su 2023. godine bili veći od 50%, dok su 2016. i 2018. bili manji od 45% (Slika 1).

PROMENE U ODNOSIMA OBLIGATNIH PATOGENA I OSETLJIVOSTI BILJKE DOMAĆINA NA PROUZROKOVAČA ŽUTE RĐE

Specifični zahtevi žute rđe za visokim zimskim temperaturama pokrenuli su razvoj modela prognoze žute rđe u mnogim zemljama (Jarroudi i sar., 2017; Sharma-Poudyal i Chen, 2011). Međutim, ti modeli obično su se sastojali od različitih kombinacija zimskih klimatskih faktora u zavisnosti od regiona i klimatske zone, uticaj sorte na pojavu žute rđe obično je bio potcenjen i izostavljen. Koliko je bitno imati u vidu varijabilnost u reakcijama osetljivosti/otpornosti sorte na žutu rđu ukazuju i istraživanja pojave obligatnih patogena u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima od 2016. do 2023. Tokom 2018. godine, u genetičkoj kolekciji lisna rđa je prevladavala nad žutom rđom u 21% genotipova, iako su 2018 bili ostvareni povoljni klimatski uslovi za pojavu žute rđe koja se ujedno i smatra agresivnijim patogenom (Jevtić i sar., 2020). Bitno je

istaći da je kod iste grupe genotipova 2016. godine žuta rđa bila predominantna (Jevtić i sar., 2020). Osim toga, 2023 došlo je do jače pojave žute rđe kod značajno većeg broja genotipova nego u prethodnim godinama od čega je indeks oboljnjia žutom rdom prešao 41% kod više od 80% genotipova, dok je procenat genotipova sa reakcijom osetljivosti prema žutoj rđi (DI>41%) bio 47,7 % u 2016. i 43 % u 2018. godini (Slika 2)



Slika 2. Promena u reakciji otpornosti/osetljivosti genotipova pšenice na prouzrokača žute rđe u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima od 2016. do 2023. godine

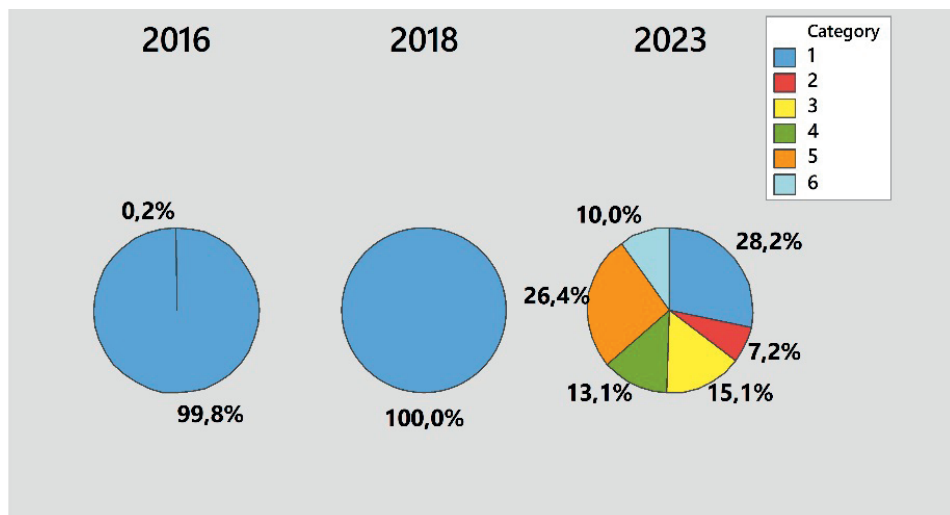
Kod genotipova sa DI većim od 60% list zastavičar je bio gotovo potpuno zahvaćen uredosorusima žute rđe (Slika 3).



Slika 3. Simptomi prouzrokača žute rđe na osetljivim genotipovima (Foto: Jevtić, R)

PAD OTPORNOSTI BILJKE DOMAĆINA

Neprestane promene u genetičkoj strukturi patogena kao i kombinovani efekat abiotičkog i biotičkog stresa, mogu dovesti do pada otpornosti biljke domaćina, tj. da genotipovi koji su duži niz godina bili otporni postanu osetljivi ili umereno osetljivi, kao što se to desilo u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima 2023. U genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima kod 192 od 2828 genotipa (6,7%) u 2016. i 2018. indeks oboljenja žutom rđom nije prelazio 10%, dok je kod jednog genotipa 2016. indeks oboljenja bio 15%. Međutim, 2023. kod samo 51 genotipa od 2828 (1,8%) nije došlo do pada otpornosti, tj. indeksi oboljenja nisu prešli 10%. Kod preostala 142 genotipa koji su 2016. i 2018. bili otporni, došlo je do rasta intenziteta infekcije tako da je kod 7% od njih došli do reakcije umerene otpornosti (indeksi oboljenja nisu prešli 20%), dok je kod 10% genotipova došlo do pojave potpune osetljivosti (indeksi oboljenja su prešli 51%) (Slika 4).



Slika 4. Pad otpornosti prema prouzrokovaču žute rđe u genetičkoj kolekciji na Rimskim šančevima 2023. godine.

ŽUTA RĐA U PROIZVODNJI PŠENICE 2023. GODINE

Na osnovu višegodišnjeg iskustva jača pojava žute rđe je predviđena u 2023. godini, a javnost je upozorena putem televizijskih, radio emisija i štampanih medija. Najranija prognoza data je u specijalizovanom listu za poljoprivredu (Poljoprivrednik broj 2760 od 30. decembra 2022.). U tekstu pod nazivom: “Šta nas čeka u 2023. godini”, doslovno je napisano: “Ukoliko srednje dnevne temperature tokom januara i februara 2023. godine budu značajno više u odnosu na

višegodišnji prosek, može se očekivati jača pojava rđa, **pogotovo žute**". Nažalost prognoza se obistinila.

Najefikasniji i ekonomski najprihvatljiviji način suzbijanja žute rđe je gajenje otpornih sorti. Teorija da su strane sorte otpornije od domaćih potpuno je neosnovana jer poznato je da nove rase prevazilaze nivo otpornosti velikog broja sorti koje se gaje u Evropi i Srbiji. Mnogi proizvođači nisu uvideli problem sa žutom rđom, pa su to pripisivali drugim faktorima. Vreme za primenu fungicida bilo je ograničeno zbog promenljivih temperatura i čestih padavina u periodu vlatanja pšenice. Na pojedinim sortama zabeleženi su visoki intenziteti zaraze žutom rđom i pored preduzetih hemijskih mera suzbijanja. Primenjeni fungicidi preporučeni na osnovu ekonomske logike (manje količine aktivne materije), doveli su u pitanje efikasnost prema žutoj rđi i kompromitovali pojedine preparate. Zabravljena je činjenica da su infekcije pojedinih parazita zabeležene još u jesenjem delu vegetacije, a da je sporije ispoljavanje simptoma bilo vezano za nestabilno i promenljivo vreme tokom prolećnog dela vegetacije.

U odnosu na 2014. godinu kada su se za suzbijanje žute rđe preporučivale kombinacije triazola i strobilurina (Jevtić i sar., 2014a) u 2023. godini proširena je paleta aktivnih materija i preparata na bazi inhibitora sukcinat dehidrogenaze (SDHI). Time je tržište bilo zadovoljeno svim kombinacijama u pogledu efikasnosti i spektra delovanja. Međutim, i pored svih upozorenja Prognozno izveštajne službe (PIS) izostali su potpuni efekti jer se na pojedinim sortama žuta rđa dostigla visoke intenzitete zaraze na gornja tri lista. Pored subjektivnih treba uzeti u obzir i objektivne okolnosti pre svega promenljive vremenske prilike i nemogućnost pravovremene primene fungicida. Veliki vremenski razmaci između prvog i drugog tretmana omogućili su da se žuta rđa razvija izvan kontrole fungicidnog delovanja.

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Zaštita useva pšenice od patogenana je uvek bio izazov imajući u vidu da patogeni neprekidno evoluiraju pod uticajem agroekoloških uslova, otpornih sorti i primenjenih pesticida. U okviru H2020 projekat Evropske unije (RustWatch: A European early-warning system for wheat rust diseases) koji je završen 2022, ukazano je da je došlo do pojave novih genetičkih grupa žute rđe, kao i da je u Evropi PstS10 trenutno dominantna genetička grupa sa 4 različite rase, dok je PstS7 (Warrior rasa) manje prisutna u Evropi nego prethodnih godina. Osim toga, uloženi su mnogi naponi da se odrede pragovi štetnosti i razviju matematički modeli za prognoziranje pojave bolesti i gubitaka prinosa. Mnoga od ovih istraživanja fokusirala su se na uticaj klimatskih promena na smanjenje prinosa i kvaliteta pšenice analizirajući uticaj abiotskih faktora (White i sar., 2011; Luck i sar., 2011; Newbery i sar., 2016). Međutim, uticaj kombinovanih efekata biotičkih i abiotičkih

faktora na gubitke prinosa obično je zanemaren (Juroszek i Von Tiedemann, 2013; White i sar., 2011) Heeb i sar. (2019) je promovisao strategiju kontrole štetnih organizama na osnovu podataka o klimatskim promenama, ali je takođe istakao da je vrlo malo verovatno da će biti moguće razviti opšti model za predviđanje pojave štetnih organizama izazvanih klimatskim promenama na lokalnom nivou i u kratkom roku. U dosadašnjim istraživanjima potvrđeno je da abiotički stres, poput visokih i niskih temperatura, suše i saliniteta zemljišta, mogu uticati na fiziološke procese i interakciju između biljke domaćina i patogena čime se mogu menjati i odbrambeni mehanizmi biljke domaćina prema patogenima (Pandey i sar., 2017). Regulatorna mreža za reakciju biljaka na abiotički i biotički stres sastoji se od mnogo komponenti koje mogu delovati antagonistički (Kissoudis i sar., 2014; Glazebrook, 2005; Yasuda i sar., 2008), tako da se odgovori biljaka na kombinovane faktore stresa ne mogu predvideti na osnovu reakcije biljke na pojedinačne abiotičke ili biotičke faktore stresa (Pandey i sar., 2017; Kissoudis i sar., 2014; Suzuki i sar., 2014). Kao posledica toga, kombinovani stres treba tretirati i proučavati u celini, a oplemenjivanju biljaka sa poboljšanom otpornošću na kombinovane abiotičke i biotičke faktore stresa treba dati prioritet.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan kao rezultat projekta Ministarstva Nauke, Tehnološkog Razvoja i Inovacija Republike Srbije, Broj Projekta: 451-03-47/2023-01/200032.“

LITERATURA

- Ali, S., Gladieux, P., Leconte, M. et al. (2014): Origin, migration routes and worldwide population genetic structure of the wheat yellow rust pathogen *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. PLoS Pathogens 10, e1003903.
- Bošković, M. (1966): The European Project of Wheat Leaf Rust Research. Complementary Agriculture, Vol. 14, No 1, 11-12, pp. 607-611.
- Brown, J.K.M., Hovmøller, M.S. (2002): Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. Science 297, 537–41.
- Glazebrook, J. (2005): Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 43, 205–227. <https://doi.org/10.1146/annur.ev.phyto.43.04020.4.13592.3>
- Heeb, L., Jenner, E. & Cock, M. J. W. (2019): Climate-smart pest management: building resilience of farms and landscapes to changing pest threats. J. Pest Sci. 92, 951–969. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01083-y>
- Hodson, D.P (2011): Shifting boundaries: challenges for rust monitoring. Euphytica 179, 93–104.

- Hovmøller, M.S., Justesen, A.F., Brown, J.K.M (2002): Clonality and longdistance migration of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in north-west Europe. *Plant Pathology* 51, 24–32.
- Hovmøller, M.S., Sørensen, C.K., Walter, S., Justesen, A.F. (2011): Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. *Annual Review of Phytopathology* 49, 197–217
- Hovmøller, M. S. et al. (2016): Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathol.* 65, 402–411. <https://doi.org/10.1111/ppa.12433>
- Jarroudi, M. E. et al. (2017): A threshold-based weather model for predicting stripe rust infection in winter wheat. *Plant Dis.* 101, 693–703. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-16-1766-RE>
- 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 promjenama i procene rizika. *Klimatske promene i poljoprivredna proizvodnja u Srbiji: Prvi nacionalni skup o očekivanim promjenama klime u Vojvodini i njihovim mogućim efektima*, Zbornik rezimea: 5-7.
- 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-Nova rasa žute rđe. *Biljni lekar*, 6: 504.
- Jevtić, R., Župunski, V., Lalošević, M., Župunski Lj. (2017): Predicting potential winter wheat yield losses caused by multiple disease systems and climatic conditions. *Crop Protection* 99: 17-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.005>
- Jevtić, R., Župunski, V., Lalošević M., Jocković B., Orbović B., Ilin, S. (2020): Diversity in susceptibility reactions of winter wheat genotypes to obligate pathogens under fluctuating climatic conditions. *Scientific Reports* 10:19608. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76693-z>
- Juroszek, P., Von Tiedemann, A. (2013): Climate change and potential future risks through wheat diseases: a review. *Eur. J. Plant Pathol.* 136, 21–33. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0144-9>
- Kissoudis, C., van de Wiel, C., Visser, R. G. F., van der Linden, G. (2014): Enhancing crop resilience to combined abiotic and biotic stress through the dissection of physiological and molecular crosstalk. *Front. Plant Sci.* 5, 207. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00207>

- Linde, C.C., Zhan, J., McDonald, B.A. (2002): Population structure of *Mycosphaerella graminicola*: from lesions to continents. *Phytopathology* 92, 946–55.
- Luck, J. M. et al. (2011): Climate change and diseases of food crops. *Plant Pathol.* 60, 113–121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02414.x>
- Newbery, F., Qi, A., Fitt, B. D. L. (2016): Modelling impacts of climate change on arable crop diseases: progress, challenges and applications. *Curr. Opin. Plant Biol.* 32, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.07.002>
- Pandey, P., Irulappan, V., Bagavathiannan, M. V. & Senthil-Kumar, M. (2017): Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop improvement by exploiting physio-morphological traits. *Front. Plant Sci.* 8, 537. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00537>
- Roelfs, A. P., Huerta-Espino, J., Marshall, D. (1992): Barley stripe rust in Texas. *Plant Dis.* 76, 538
- Sharma-Poudyal, D., Chen, X. M. (2011): Models for predicting potential yield loss of wheat caused by stripe rust in the U.S. Pacific Northwest. *Phytopathology* 101, 544–554. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-10-0215>
- Sørensen, C.K., Hovmøller, M.S., Leconte, M., Dedryver, F., de Vallavieille-Pope, C., (2014): New races of *Puccinia striiformis* found in Europe reveal race specificity of long-term effective adult plant resistance in wheat. *Phytopathology* 104, 1042–51.
- Suzuki, N., Rivero, R., Shulaev, M. V., Blumwald, E., Mittler, R. (2014): Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytol.* 203, 32–43. <https://doi.org/10.1111/nph.12797>
- de Vallavieille-Pope, C., Ali, S., Leconte, M., Enjalbert, J., Delos, M., Rouzet, J. (2012): Virulence dynamics and regional structuring of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in France between 1984 and 2009. *Plant Disease* 96, 131–40.
- White, J. W., Hoogenboom, G., Kimball, B. A. & Wall, G. W. (2011): Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. *Field Crops Res.* 124, 357–368. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.07.001>
- Wellings, C.R., McIntosh, R.A. (1990): *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Australasia: pathogenic changes during the first 10 years. *Plant Pathology* 39, 316–25.
- Yasuda, M. et al. (2008): Antagonistic interaction between systemic acquired resistance and the abscisic acid-mediated abiotic stress response in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 20, 1678–1692. <https://doi.org/10.1105/tpc.107.05429>
- Zadoks, J.C (1961): Yellow rust on wheat studies in epidemiology and physiologic specialization. *Tijdschrift over Plantenziekten* 67, 69–256.

Abstract

YELLOW RUST OF WHEAT IN SERBIA - CONTROL CHALLENGES AND PERSPECTIVES

**Radivoje Jevtić, Vesna Župunski, Bojan Jocković,
Sonja Ilin, Branka Orbović**

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

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

The causal agent of yellow rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) gained special attention in Serbia since the 2013/2014 production year, although its presence in the genetic collection at Rimski šančevi was noted by Jevtić et al. as early as 1997. Considering the mode of transmission of the yellow rust and its high ability to overcome host plant resistance, the aim of this study is to highlight the factors that influence the dynamics of its occurrence and the main challenges in controlling this pathogen in Serbia. The climatic factors in 2023 favored occurrence of wheat yellow rust in Serbia, similar to 2014, 2016, and 2018. However, it should be noted that the race composition of this pathogen can change from year to year, and the susceptibility and/or resistance of wheat genotypes to yellow rust depends on the combined effect of abiotic and biotic stressors. The complexity of factors influencing the level of susceptibility or resistance breakdown in wheat towards yellow rust has also been confirmed in the genetic collection at Rimski šančevi in 2023 when a significantly higher number of genotypes (80%) were infected with yellow rust compared to previous years, with a disease index exceeding 41%. The percentage of genotypes showing susceptibility reaction to yellow rust (DI>41%) was 47.7% in 2016 and 43% in 2018.

Key words: wheat, yellow rust, occurrence dynamics, control measures

PRVA POJAVA ŽUTE RĎE NA JEČMU I TRITIKALEU U SRBIJI

Vesna Župunski, Radivoje Jevtić, Ljiljana Brbaklić,
Milan Miroslavljević, Sanja Mikić

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
E-mail: vesna.zupunski@ifvens.ns.ac.rs

Izvod

U proteklih 40 godina, prouzrokovač žute rđe ječma Psh (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* Erikss) registrovan je širom sveta, međutim do najvećih šteta u proizvodnji doveo je u područjima sa hladnom i vlažnom klimom, gde su gubici prinosa dostizali i 70%. Rase P. *striiformis* f. sp. *tritici* (Pst) koje su prouzrokovali žute rđe na pšenici obično nisu na ječmu, a one koje zaražavaju ječam (Psh) retko su virulentne na pšenici. Međutim, postoje genotipovi ječma koji mogu biti zaraženi nekim rasama Pst. Prouzrokovač žute rđe na tritikaleu (Pst) je jedan od patogena koji dovodi do velikih gubitaka prinosa i kvaliteta tritikalea. Bitno je istaći i da su rase Pst (Warrior i Kranich), koje su od 2011. izazvale ogromne gubitke prinosa pšenice u Evropi, takođe registrovane na tritikaleu. Triticale agresivna rasa (od 2006) i rase Warrior i Kranich (od 2011) postale su prevalentne u Evropi u okviru jedne ili samo nekoliko godina. I pored pojave žute rđe na pšenici u Srbiji prethodnih godina, ona nije registrovana na ječmu i tritikaleu. Ovo je prvo saopštenje o pojavi žute rđe na ječmu i tritikaleu u Srbiji.

Ključne reči: žuta rđa, ječam, tritikale

UVOD

U proteklih 40 godina, prouzrokovač žute rđe ječma Psh (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* Erikss) registrovan je širom sveta, međutim do najvećih šteta u proizvodnji doveo je u područjima sa hladnom i vlažnom klimom, gde su gubici prinosa dostizali i 70% (Chen i Kang, 2017; Chen i sar., 1995; Line, 2002). Do 1975. godine štete u proizvodnji ječma usled pojave Psh registrovane su samo u Evropi, međutim, nakon 1975. žuta rđa ječma je prenetu u Južnu Ameriku odakle se proširila i na druge delove američkog kontinenta. U SAD-u prvi put je otkrivena u Teksasu 1991. godine, a potom su epidemije Psh registrovane u Kaliforniji 1996, 1997. i 1998. godine. Od tada, bolest je postala stalna pretnja proizvodnji ječma (Chen i sar., 1995; Marshall i Sutton, 1995; Roelfs i sar. 1992).

Rase P. *striiformis* f. sp. *tritici* (Pst) koje su prouzrokovali žute rđe na pšenici obično nisu na ječmu, a one koje zaražavaju ječam (Psh) retko su virulentne na pšenici. Međutim, postoje genotipovi ječma koji mogu biti zaraženi nekim

rasama Pst, kao i genotipovi pšenice koji mogu biti zaraženi nekim rasama Psh (Chen i sar., 1995; Kumar i sar., 2012; Niks, 1987; Pahalawatta i Chen, 2005; Sui i sar., 2010). Pored toga, dve genetičke studije su pokazale da je otpornost ječma na Pst uglavnom određena sa nekoliko dominantnih “major” gena (Pahalawatta i Chen, 2005; Sui i sar., 2010). Uopšteno govoreći, žuta rđa pšenice pokazuje nizak nivo zaraze na ječmu i ne dovodi do značajnih šteta na usevima ječma. Međutim, ako je otpornost ječma na Pst određena ograničenim brojem gena otpornosti, očekuje se da bi moglo da dođe i do promena u odnosu domaćina i patogena. Detaljna studija 6 sorti ječma iz Kanade sa 38 izolata Pst pokazala je da su tri sorte bile otporne na sve rase Pst, dok su ostale tri pokazale osetljivost na 2, 32 i 36 rase Pst (Kumar i sar., 2012). Imajući u vidu studiju iz Kanade, ističe se potreba za detaljnijim istraživanjima otpornosti germplazme ječma širokog spektra na više rase Pst kako bi se odgovorilo na pitanje da li i koliko Pst može da ugrozi proizvodnju ječma.

Tritikale (\times Triticosecale Wittmack) je hibrid dobijen ukrštanjem pšenice (*Triticum* sp.) i raži (*Secale* sp.). Ovaj hibrid ima visok prinos i povoljne agromorske karakteristike u poređenju sa pšenicom i raži, uključujući pogodnost gajenja na siromašnim i kiselim zemljištima ili u hladnim uslovima (González i sar., 2005). Tritikale je razvijen kao višenamenska kultura za proizvodnju žitarica i stočne hrane, i može se koristiti kao zimski pokrovni usev pre setve žitarica (Baron i sar., 2015). Prouzrokovatelj žute rđe na tritikaleu (Pst) je jedan od patogena koji dovodi do velikih gubitaka prinosa i kvaliteta tritikalea (Gyawali i sar., 2017). Agresivna rasa tritikalea, koja je u Evropi prvi put otkrivena 2006. godine na ostrvu Bornholm na Baltičkom moru, u narednim godinama postala je uobičajena kod široko gajenih sorti tritikalea u Nemačkoj i Skandinaviji (Hovmøller i sar., 2011). Iako pripada *P. striiformis* f. sp. *tritici*, ova rasa nikada nije bila otkrivena na ozimim sortama pšenice u Evropi. Utvrđeno je i da su inače osetljive sorte pšenice (Avocet S, Anja i Morocco) bile potpuno ili umereno otporne na ovu rasu. Agresivna rasa tritikalea izazivala je gubitke prinosa i do 100% u Skandinaviji gde su epidemije na tritikaleu teško kontrolisane u organskoj proizvodnji. Druga rasa, koja je bila avirulentna na sve genotipove pšenice koji nose bilo koji od gena otpornosti Yr, povremeno je primećivana na tritikaleu i ječmu na više lokaliteta i godina, ali nikada nije postala dominantna u populaciji. Bitno je istaći i da su rase Pst (Warrior i Kranich), koje su od 2011. izazvale ogromne gubitke prinosa pšenice u Evropi, takođe registrovane na tritikaleu. Triticale agresivna rasa (od 2006) i rase Warrior i Kranich (od 2011) postale su prevalentne na velikom površinama Evrope u okviru jedne ili samo nekoliko godina (Hovmøller i sar., 2016).

Praćenje prevalentnih patogena i otkrivanje izvora otpornosti kod domaćina čine deo osnovnih delatnosti Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada. Genetička kolekcija za praćenje ekonomski štetnih patogena uključuje više od 3000 genotipova strnih žita među kojima su linije tritikalea, dvoredog i višeredog ozimog ječma. Ocena ovog raznovrsnog materijala na otpornost/osetljivost prema ekonomski značajnim patogenima omogućava svake godine detaljan uvid u promene u strukturi populacija patogena strnih žita što je osnovni preduslov za razvijanje što efikasnijih mera integralne zaštite.

Metod rada

U genetičkoj kolekciji strnih žita Instituta za ratarstvo i povrtarstvo iz Novog Sada, izvršen je pregled prisustva patogena u vegetacionoj 2022/2023 sezoni. Intenziteti infekcije predominantnih patogena iskazani su indeksima oboljenja (%), dok je karakterizacija prouzrokovala žute rđe na ječmu i tritikaleu izvršena na osnovu morfometrijskih karakteristika uredosorusa i 100 uredospora pri uveličanju x400. Neparаметrisjkom statistikom ispitana je značajnost razlika medijana morfometrijskih karakteristika uredospora koje vode poreklo sa različitih biljnih vrsta.

REZULTATI

Simptomi oboljenja žute rđe uočeni su na tritikaleu (Slika 1) kao i dvoredom i višeredom ječmu (Slika 2) u vidu uredosorusa žute boje postavljenih u pravilnim nizovima duž nervature lista. Za razliku od simptoma žute rđe pšenice i ječma, infekcioni tip žute rđe na tritikaleu je pri jačim napadima praćen izraženijom pojavom nekroze lista (Slika 3). Indeksi oboljenja žute rđe na ječmu su se kretali od traga do 20%. Indeksi oboljenja žute rđe na tritikaleu su dostizali 70%.



Slika 1. Simptomi žute rde na listu tritikalea (Foto: Župunski, V.)

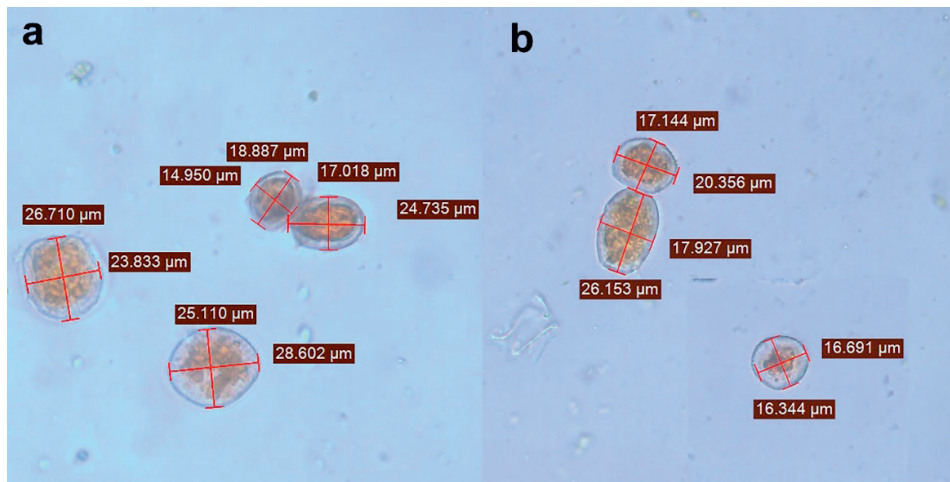


Slika 2. Simptomi žute rde na listu ječma (Foto: Župunski, V.)



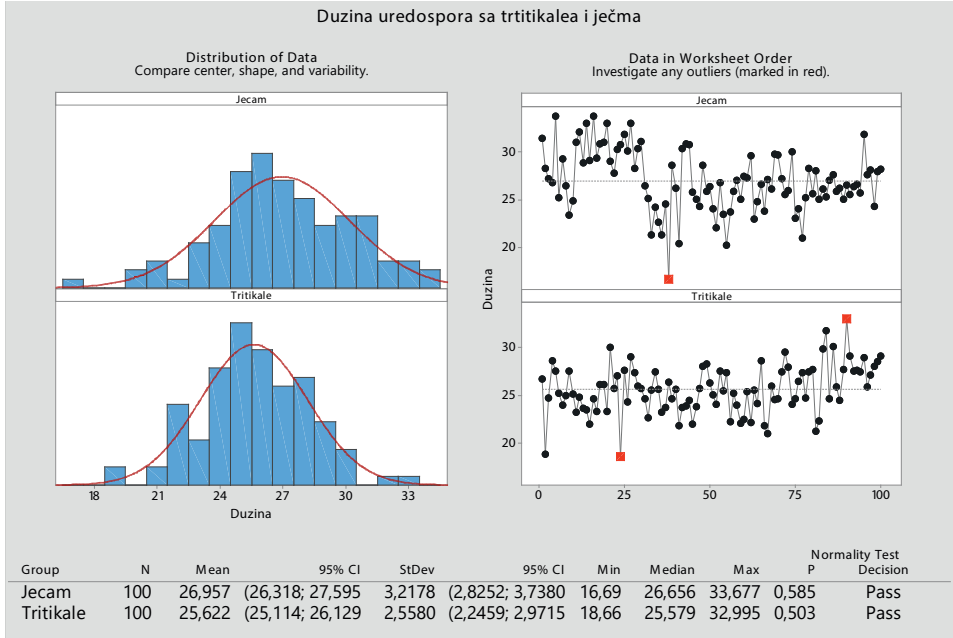
Slika 3. Nekroza lista tritikalea pri jačim intezitetima infekcije žutom rdom
(Foto: Župunski, V.)

Uredospore su sferičnog ili eliposoidnog oblika, žute do tamno-žute boje. Dimenzije uredospora kod tritikalea su se kretale u opsegu (18,7–33) x (15 – 28,2) μm , dok su kod ječma dužina i širina uredospora obuhvatale raspon (16,7–33,7) x (15 – 34) (Slika 4).

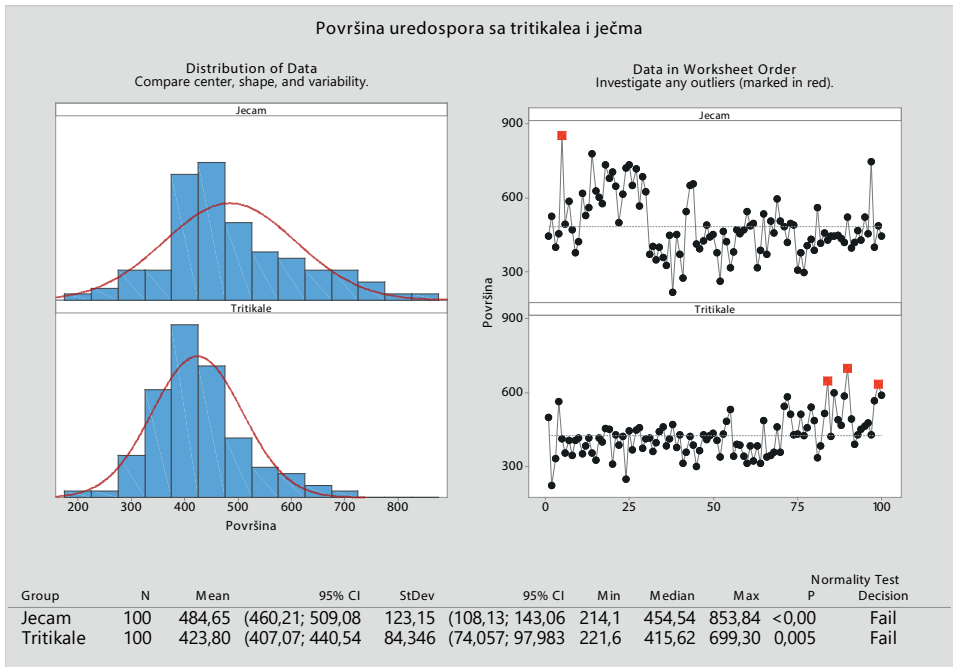


Slika 4. Uredospore žute rde na tritikaleu (a) i ječmu (b) (original)

Pored toga što je dužina uredospora poreklom sa različitih biljnih vrsta pratila normalnu raspodelu (Slika 5), širina i površina uredospora nisu. Primenom neparametrijske statistike i Mann-Whitney Test-a i utvrđeno je da su se mediane površina uredospora koje vode poreklo sa različitih biljnih vrsta značajno razlikovale ($P=0,0268$) i bile veće kod tritikalea (Slika 6).



Slika 5. Deskriptivna statistika dužine uredospora sa tritikalea i ječma



Slika 6. Deskriptivna statistika površine uredospora sa tritikalea i ječma

ZAKLJUČAK

Proizvodna 2022/2023 godina odlikovala se visokim zimskim temperaturama što je dovelo do jače pojave žute rđe na pšenici širom Srbije, ali za razliku od prethodnih godina prvi put je došlo do infekcije ječma i tritikalea. Ovaj rad je prvi ukaz na pojavu žute rđe na ječmu i tritikaleu u Srbiji, i predstavlja ne samo doprinos praćenju distribucije prouzrokovaca žute rđe, već i upozorenje na potencijalne probleme u proizvodnji ovih biljnih vrsta u budućnosti.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan kao rezultat projekta Ministarstva Nauke, Tehnološkog Razvoja i Inovacija Republike Srbije, Broj Projekta: 451-03-47/2023-01/200032.“

LITERATURA

- Baron, V. S., Juskiw, P. E., and Aljarrah, M. (2015): “Triticale as a Forage,” in *Triticale*. ed. F. Eudes (Canada: Springer, Cham Press), 189–212.
- Chen, X., Kang, Z. (2017): *Stripe Rust*. Springer, Netherlands
- Chen, X., Line, R. F., Leung, H. (1995): Virulence and polymorphic DNA relationships of *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* to other rusts. *Phytopathology* 85,1335-1342
- Gyawali, S., Verma, R. P. S., Kumar, S., Bhardwaj, S. C., Gangwar, O. P., Selvakumar, R., et al. (2017): Seedling and adult-plant stage resistance of a world collection of barley genotypes to stripe rust. *J. Phytopathol.* 166, 18–27. doi: 10.1111/jph.12655
- González, J. M., Muñoz, L. M., and Jouve, N. (2005): Mapping of QTLs for androgenetic response based on a molecular genetic map of \times *Triticosecale* Wittmack. *Genome* 48, 999–1009. doi: 10.1139/g05-064
- Hovmøller, M.S, Sørensen, C.K., Walter, S., Justesen, A.F. (2011): Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. *Annual Review of Phytopathology* 49, 197–217.
- Hovmøller, M. S. et al. (2016): Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathol.* 65, 402–411. <https://doi.org/10.1111/ppa.12433>
- Kumar, K., Holtz, M.D., Xi, K., Turkington, T.K. (2012): Virulence of *Puccinia striiformis* on wheat and barley in central Alberta. *Can J Plant Pathol* 34, 551–561.
- Line, R. F. (2002): Stripe rust of wheat and barley in North America: A retrospective historical review. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40,75-118.
- Marshall, D., Sutton, R. (1995): Epidemiology of stripe rust, virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, and yield loss in barley. *Plant Dis.* 79,732-737.
- Niks, R. (1987): Nonhost plant species as donors for resistance to pathogens with narrow host range I. Determination of nonhost status. *Euphytica* 36, 841–852.
- Pahalawatta, V., Chen, X.M. (2005): Inheritance and molecular mapping of barley genes conferring resistance to wheat stripe rust. *Phytopathology* 95, 884–889.
- Roelfs, A., Huertaespino, J., Marshall, D. (1992): Barley stripe rust in Texas. *Plant Dis.* 76,538.
- Sui, X., He, Z., Lu, Y., Wang, Z., Xia, X. (2010): Molecular mapping of a non-host resistance gene *YrpsY1* in barley (*Hordeum vulgare* L.) for resistance to wheat stripe rust. *Hereditas* 147,176–182.

Abstract

FIRST REPORT OF YELLOW RUST ON BARLEY AND TRITICALE IN SERBIA

Vesna Župunski, Radivoje Jevtić, Ljiljana Brbaklić,
Milan Mirosavljević, Sanja Mikić

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad
E-mail: vesna.zupunski@ifvcns.ns.ac.rs

In the past 40 years, the causal agent of yellow rust in barley, Psh (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* Erikss), has been registered worldwide. However, it has caused the greatest damage in areas with cold and humid climates, where yield losses reached up to 70%. Races of *P. striiformis* f. sp. *tritici* (Pst), the causal agent of yellow rust in wheat, are usually not found in barley, and those that infect barley (Psh) are rarely virulent on wheat. However, there are barley genotypes that can be infected by certain Pst races. The causal agent of yellow rust in triticale (Pst) leads to significant yield losses and quality reduction in triticale. It is important to note that the Pst races (Warrior and Kranich), which have caused enormous wheat yield losses in Europe since 2011, have also been registered on triticale. The aggressive race of triticale (since 2006) and the Warrior and Kranich races (since 2011) have become prevalent over large areas of Europe within one or only a few years. Despite the occurrence of yellow rust on wheat in Serbia in previous years, it has not been registered on barley and triticale. This is the first report of yellow rust on barley and triticale in Serbia.

Key words: yellow rust, barley, triticale

***Waitea circinata* var. *zeae* – PROUZROKOVAČ TRULEŽI KORENA KUPUSA I ULJANE REPICE**

**Mira Vojvodić¹, Brankica Tanović², Petar Mitrović³,
Ivana Vico¹ i Aleksandra Bulajić¹**

¹Poljoprivredni fakultet-Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

²Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija

³Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

E-mail: bulajic_aleksandra@yahoo.com

Izvod

Waitea circinata var. *zeae* (anamorf *Rhizoctonia zeae*) je značajan patogen uglavnom monokotiledonih biljaka, koji je prisutan u mnogim delovima sveta, a održava se u zemljištu duži niz godina. Poslednjih godina krug domaćina *W. circinata* var. *zeae* širi se i na neke dikotiledone biljke. U okviru nedavnih istraživanja u Srbiji *W. circinata* var. *zeae* je utvrđen kao prouzročivač truleži korena i korenovog vrata, i propadanja biljaka kupusa i uljane repice na lokalitetima Futog i Rimski Šančevi. U radu su sistematizovani publikovani podaci o rasprostranjenosti, krugu domaćina, načinu održavanja i širenja, kao i suzbijanju *W. circinata* var. *zeae*, kao i rezultati istraživanja koja su obavljena u Srbiji.

Ključne reči: *Waitea circinata* var. *zeae*, *Rhizoctonia* spp., biologija, epidemiologija, Srbija

UVOD

Rhizoctonia spp. je veoma rasprostranjen zbirni anamorfni rod fitopatogenih gljiva kome pripadaju gljive koje se međusobno značajno razlikuju na osnovu morfologije i teleomorfog stadijuma (Vilgalys i Cubeta, 1994). Po morfologiji vrste roda *Rhizoctonia* klasifikovane su na osnovu međusobnih hifalnih anastomoza i broja jedara u ćelijama (Carling i sar., 1999). Na osnovu hifalnih anastomoza podeljene su na niže jedinice - anastomozne grupe (AG), a na osnovu broja jedara u ćelijama hifa na jednojedarne, dvojedarne i višejedarne (Carling i sar., 1999). Vrste ovog roda pripadaju teleomornim rodovima *Ceratobasidium*, *Thanatephorus* i *Waitea* (Talbot, 1970; Stalpers i Andersen, 1996). Jednojedarni i dvojedarni predstavnici imaju teleomorf u rodu *Ceratobasidium* (carstvo Fungi, razdeo Basidiomycota, klasa Agaricales, red Cantharellales, familija Ceratobasidiaceae), dok su višejedarni predstavnici klasifikovani u rodove *Thanatephorus*

(red Cantharellales, familija Ceratobasidiaceae) i *Waitea* (red Corticales, familija Corticiaceae). Hife vrsta roda *Rhizoctonia* imaju specifičan način grananja pod pravim uglom sa suženjem i septom u blizini mesta grananja. Obrazuju sklerocije koje im omogućavaju preživljavanje u zemljištu i predstavljaju izvor inokuluma, a uz to se mogu formirati i na zaraženim delovima biljaka domaćina (Carling i sar., 1999).

Način održavanja, širenja, krug domaćina i suzbijanje *Rhizoctonia* spp.

Osnovni način održavanja vrsta zbirnog, bespolnog roda *Rhizoctonia* zasni-va se na sposobnosti da duži niz godina mogu da opstanu u infestiranom zemljištu, u obliku sklerocija i/ili micelije. Najznačajnije tvorevine za održavanje svakako su sklerocije, koje klijaju i zaražavaju koren, tako da se bolest u zemljištu često širi kružno oko mesta infekcije. Zemljište sklerocijama i micelijom predstavlja najznačajniji izvor inokuluma, koji se može širiti i kišom, vodom za zalivanje, oruđem i zaraženim sadnim materijalom (Garcia i sar., 2006).

Rhizoctonia spp. mogu izazivati različite simptome, koji najčešće variraju u zavisnosti od biljke domaćina i njenog uzrasta i obuhvataju trulež korena i stabla, propadanje celih biljaka, palež klijanaca i trulež semena (Guleria i sar., 2007). Ustaljeno je mišljenje da vrste roda *Rhizoctonia* imaju vrlo širok krug domaćina uključujući povrtarske, ratarske, voćarske, ukrasne i šumske biljne vrste. Međutim, bitno je napomenuti da se kod različitih AG krug domaćina značajno razlikuje (Garcia i sar., 2006). Izražen diverzitet, postojanost u zemljištu, širok krug domaćina, kao i nedostatak otpornih sorti čini suzbijanje oboljenja komplikovanim. Osim toga, broj efikasnih fungicida je nedovoljan a njihova primena ekološki i ekonomski neodrživa. Stoga se u suzbijanju bolesti koje prouzrokuju *Rhizoctonia* spp. najčešće primenjuje kombinacija agrotehničkih, fizičkih, hemijskih i bioloških mera. Bez adekvatne organizacije i kombinacije mera dolazi do značajnog povećanja nivoa inokuluma u zemljištu, što dalje vodi značajnom smanjenju prinosa biljaka.

Teleomorfni rod *Waitea*

Na osnovu filogenetske klasifikacije, broja jedara u ćelijama i tipa teleomorfa, iz zbirnog roda *Rhizoctonia* u poseban rod *Waitea* izdvojene su vrste koje su pre svega patogeni monokotiledonih biljaka. Tipska vrsta ovog roda je *Waitea circinata* Warcup i Talbot, izolovana iz zemljišta 1962. godine, dok je anamorfni stadijum opisan nešto ranije kao prouzrokovač truleži kukuruza (*R. zae* Voorhees) (Gurkanli i sar., 2016). U okviru vrste *W. circinata* u početku su bili opisani varijeteti: *circinata*, *zae* i *oryzae*, a kasnije i varijeteti *agrotis* i *prodigus*, za koje nije opisan anamorfni stadijum (de la Cerda i sar., 2007; Toda i sar., 2007;

Kammerer i sar., 2011). Svih pet varijeteta izdvojeno je na osnovu morfologije kolonija, porasta na različitim temperaturama i kruga domaćina, a taksonomija je utvrđena na osnovu nukleotidnih sekvenci rDNA-ITS genskog regiona (de la Cerda i sar., 2007; Toda i sar., 2007; Kammerer i sar., 2011; Aydin i sar., 2013). Gljive iz roda *Waitea* predstavljaju značajne patogene monokotiledonih i malog broja dikotiledonih biljaka.

Waitea circinata var. *zeae*

W. circinata var. *zeae* se opisuje kao vrlo rasprostranjen varijetet koji uglavnom izaziva pojavu ogolelih mesta u usevima monokotiledonih biljaka, kao i nekrozu korena, propadanje biljaka i sejanaca dikotiledonih biljaka iz različitih familija među kojima su: pasulj, soja i grašak (Fabaceae) mrkva (Apiaceae), šećerna repa (Chenopodiaceae) i duvan (Solanaceae), a izolovana je i iz zemljišta gde su gajene kafa ili soja kao predusev (Kuznia i Windels, 1994; Erper i sar., 2005, 2006, 2011; Ohkura i sar., 2009; Oros i sar., 2013; Sharma-Poudyal i sar., 2015; Tewoldemedhin i sar., 2015; Blanco i sar., 2018). Nedavna istraživanja pokazuju da se krug domaćina proširio na kupus i uljanu repicu kao predstavnike familije Brassicaceae (Vojvodić i sar., 2021).

W. circinata var. *zeae* je dokazana u različitim delovima sveta uključujući Japan (Toda i sar., 2007), Koreju (Chang i Lee, 2016), Australiju (Lanoiselet i sar., 2011), Kanadu (de la Cerda i sar., 2007), SAD (Kammerer i sar., 2011; Amaradasa i sar., 2013), Brazil (Blanco i sar., 2018), Južnoafričku Republiku (Tewoldemedhin i sar., 2015) i Tursku (Erper i sar., 2005). *W. circinata* je za sada slabo proučena u Evropi. Varijetet *zeae* dokazan je u Mađarskoj na travama (Vajna i Oros, 2005) i u Srbiji na kupusu i uljanoj repici (Vojvodić i sar., 2021), dok je prisustvo drugog varijeteta, *W. circinata* var. *circinata*, utvrđeno na *Agrostis stolonifera* u Španiji (Gomez de Barreda i sar., 2019).

Istraživanja u Srbiji

U istraživanjima obavljenim u periodu 2013-2020. godine o prisustvu i rasprostranjenosti različitih vrsta roda *Rhizoctonia*, po prvi put u Srbiji i u svetu identifikovana je vrsta *W. circinata* var. *zeae* kao prouzrokovač truleži korena i korenovog vrata kupusa i uljane repice (Vojvodić i sar., 2021). Pre ovih istraživanja kao patogeni kupusa i uljane repice iz roda *Rhizoctonia* (povezanih sa teleomorfima iz rodova *Thanatephorus* i *Ceratobasidium*) u svetu su bile opisane sledeće AG: AG-1, AG-1-IA, AG-1-IB, AG-1-IC, AG-2-1, AG-2-2, AG-2-2-II-IB, AG-2-2-IV, AG-3, AG-4; AG-4-HGI, AG-4-HGII, AG-4-HGIII, AG-5, AG-7, AG-8, AG-9, AG-10, AG-A, AG-K (Abawi i Martin, 1985; Keinath i Farnham, 1997; Khangura i sar., 1999; Kuramae i sar., 2003; Paulitz i sar., 2006; Ohkura

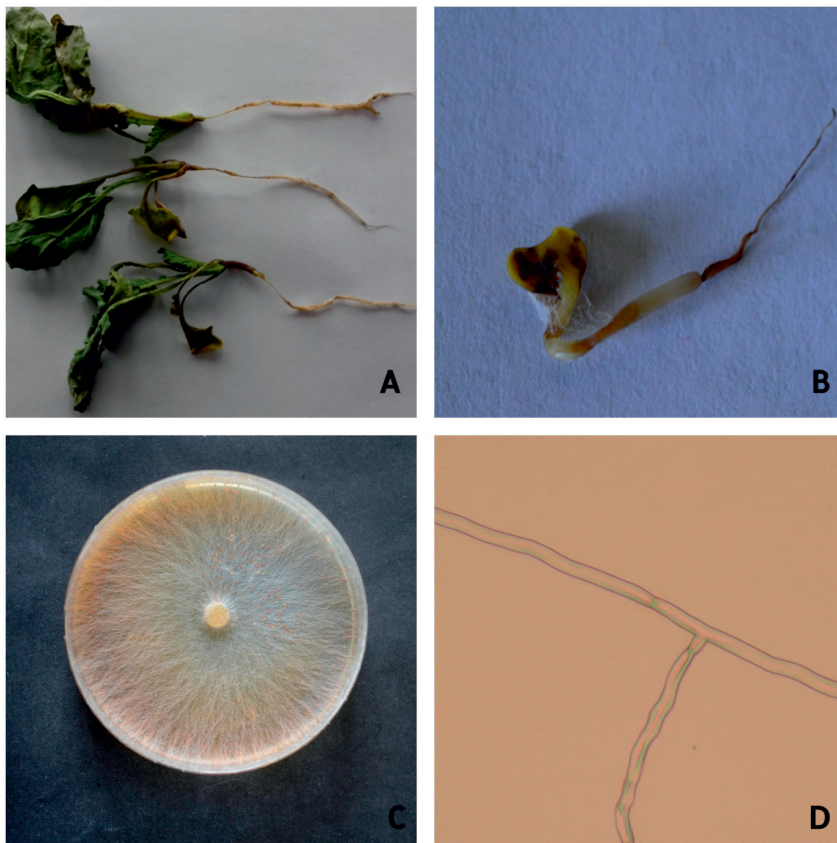
i sar., 2009; Pannecouque i sar., 2008; Budge i sar., 2009; Broders i sar., 2014; Zhou i sar., 2014; Hua i sar., 2014; Hannukkala i sar., 2016).

Krug domaćina *W. circinata* var. *zeae* uglavnom obuhvata monokotiledone domaćine, a u svetu postoji svega nekoliko navoda o zarazama biljaka iz dikotiledonih familija i to iz familije Fabaceae (Erper i sar., 2005, 2011; Ohkura i sar., 2009; Sharma-Poudyal i sar., 2015; Tewoldemedhin i sar., 2015), Apiaceae i Chenopodiaceae (Kuznia i Windels, 1994; Ohkura i sar., 2009; Zhao i sar., 2019). U Evropi je ovaj varijetet detektovan samo u Mađarskoj na *Festuca* sp. (Vajna i Oros, 2005), tako da nalaz iz Srbije predstavlja prvi nalaz ove fitopatogene vrste na dikotiledonim domaćinima u Evropi.

U istraživanjima u Srbiji, tokom pregleda dva lokaliteta (Futog i Rimski Šančevi) uočeni su simptomi u vidu truleži korena i korenovog vrata kupusa i uljane repice (Slika 1a, b), kao i poleganja i uginuća biljaka. Na oba lokaliteta uočeno je sušenje biljaka raspoređenih u grupama. Učestalost bolesti je iznosila od 15 do 20%. Iz prikupljenih uzorka obe biljne vrste dobijeni su izolati gljiva sa uniformnim osobinama koji su ispoljili značajnu patogenost na sejancima kupusa odnosno uljane repice (Vojvodić i sar., 2021), slično izolatima iste vrste pri inokulacijama sejanaca graška i mrkve (Ohkura i sar., 2009; Sharma-Poudyal i sar., 2015).

U istraživanju Vojvodić i sar. (2021) izolati *W. circinata* var. *zeae* iz Srbije su na krompir-dekstroznom agaru (potato-dextrose agar, PDA) formirali svetlo-narandžaste kolonije, na kojima su se posle tri dana od zasejavanja formirale moniliformne ćelije, a posle 15 dana sklerocije narandžaste boje (Slika 2 a, b). U ćelijama hifa uočeno je više jedara, najčešće četiri do sedam. Prosečan porast izolata bio je 15,7 mm/dan, sa temperaturnim optimumom za porast od 30°C. Isti temperaturni optimum za porast *W. circinata* var. *zeae* utvrđen je i u istraživanjima Erper i sar. (2005, 2006).

Prema istraživanjima Vojvodić i sar. (2021) izolati *W. circinata* var. *zeae* iz Srbije pripadaju istoj AG grupi na osnovu testova uparivanja (C3 reakcija), dok nisu uopšte bili srodni (C0 reakcija) sa izolatima 10 različitih AG. Toda i sar. (2007) navode da uparivanjem izolata *W. circinata* i *R. solani* dolazi do C0 reakcije, što znači da nisu uopšte srodni, uparivanjem izolata različitih varijeteta *W. circinata* dolazi do C2 reakcije koja ukazuje na određenu srodnost, a uparivanjem izolata istog varijeteta formiraju se savršene anastomoze označene kao C3 reakcija.



Slika 1. *Waitea circinata* var. *zae*: A) izolat 300-17 – nekroza korena prirodno zaraženih biljaka uljane repice; B) izolat 299-17 – nekroza korena kupusa nakon veštačkih inokulacija sejanaca kupusa; C) izolat 299-17 – izgled kolonije stare mesec dana na PDA; D) karakteristični način grananja hifa pod pravim uglom sa septom i suženjem u blizini mesta grananja

U radu Vojvodić i sar. (2021) molekularne analize su potvrdile rezultate konvencionalne identifikacije. Sličnost nukleotidnih sekvenci izolata iz Srbije sa ostalim izolatima *W. circinata* var. *zae* iz NCBI baze podataka bila je 96-100%, dok je njihova međusobna sličnost bila 99-100% (0-2 bp razlike). Slične rezultate, odnosno postojanje niskog stepena varijabilnosti unutar populacije *W. circinata* var. *zae* utvrdili su i Aydin i sar. (2013).

ZAKLJUČAK

U Evropi je nedavno zabeležena pojava nove bolesti kupusa i uljane repice koja se manifestuje simptomima u vidu truleži korena, korenovog vrata i propadanja biljaka, a izaziva je *W. circinata* var. *zeae*. Pojava u novim oblastima i širenje kruga domaćina na nove i ekonomski veoma značajne useve, zajedno sa visokim temperaturnim optimumom za porast, odnosno sposobnošću da se prilagodi na uslove u skladu sa globalnim zagrevanjem, ukazuje na visok potencijal *W. circinata* var. *zeae* da izazove ekonomski značajne štete na mnogim gajenim biljkama.

ZAHVALNICA

Ovaj rad rezultat je projekata 451-03-47/2023-01/200116, 451-03-47/2023-01/200214, 451-03-47/2023-01/20003 koje finansira Ministarstvo nauke Republike Srbije.

LITERATURA

- Aydın, E. B., Gurkanlı, C. T., Ozkoc, I., Demirci, E., Erper, I., Karaca, G., Hsieh, T., Vajna, L., Poltronieri, L. S. (2013): rDNA-ITS Diversity of *Waitea circinata* var. *zeae* (Anamorph: *Rhizoctonia zeae*). *Journal of Plant Pathology*, 95, 587-595.
- Abawi, G. S., Martin, S. B. (1985): *Rhizoctonia* foliar blight of cabbage in New York State. *Plant Disease*, 69, 158-161.
- Amaradasa, B. S., Horvath, B. J., Lakshman, D. K., Warnke, S. E. (2013): DNA fingerprinting and anastomosis grouping reveal similar genetic diversity in *Rhizoctonia* species infecting turfgrasses in the transition zone of USA. *Mycologia*, 105, 1190–1201.
- Blanco, A. J. V., Costa, M. O., Silva, R. D. N., Suzart de Albuquerque, F., Melo, A. T. D. O., Lopes, F. A. C., Steindorff, A. S., Borbosa, E. T., Ulhoa, C. L., Junior, M. L. (2018): Diversity and pathogenicity of *Rhizoctonia* species from the Brazilian Cerrado. *Plant Disease*, 102, 773-781.
- Broders, K. D., Parker, M. L., Melzer, M. S., Boland, G. J. (2014): Phylogenetic diversity of *Rhizoctonia solani* associated with canola and wheat in Alberta, Manitoba, and Saskatchewan. *Plant Disease*, 98, 1695-1701.
- Budge, G. E., Shaw, M. W., Lambourne, C., Jennings, P., Clayburn, R., Boonham, N., McPherson, M. (2009): Characterization and origin of infection of *Rhizoctonia solani* associated with *Brassica oleracea* crops in the UK. *Plant Pathology*, 58, 1059-1070.
- Carling, D. E., Pope, E. J., Brainard, K. A., Carter, D. A. (1999): Characterization of mycorrhizal isolates of *Rhizoctonia solani* from an orchid, including AG-12, a new anastomosis group. *Phytopathology*, 89, 942-946.
- Chang, T., Lee, Y. (2016): Occurrence of Brown Blight caused by *Waitea circinata* var. *zeae* on Cool Season Turfgrass in Korea. *Mycobiology*, 44, 330-334.

- de la Cerda, K., Douhan, G. W., Wong, F. P. (2007): Discovery and characterization of *Waitea circinata* var. *circinata* affecting annual bluegrass from the Western United States. *Plant Disease*, 91, 791-797.
- Garcia, V. G., Onco, M. A. P., Susan, V. R. (2006): Review. Biology and systematics of the form genus *Rhizoctonia*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4, 55-79.
- Gomez de Barreda, D., De Luca, V., Ramón-Albalat, A., León, M., Armengol, J. (2019): First Report of Dollar Spot caused by *Clavireedia jacksonii* and Brown Ring Patch caused by *Waitea circinata* var. *circinata*, on *Agrostis stolonifera* in Spain. *Plant Disease*, 103, 1771.
- Gurkanli, C. Aydin, E. B., Demirci, E., Erper, İ. Karaca, G., Hsieh, T., Poltronieri, L. S., Özkoç, I. (2016): 18S rDNA and β -tubulin diversity in *Rhizoctonia zeae* Voorhees. *Pakistan Journal of Botany*, 48, 645-651.
- Guleria, S., Aggarwal, R., Thind, T. S., Sharma, T. R. (2007): Morphological and Pathological Variability in Rice Isolates of *Rhizoctonia solani* and Molecular Analysis of their Genetic Variability. *Journal of Phytopathology*, 155, 654-661.
- Erper, I. I., Karaca, G. H., Ozkoc, I. I. (2005): First report of root rot of bean and soybean caused by *Rhizoctonia zeae* in Turkey. *Plant Disease*, 89, 203.
- Erper, I. I., Karaca, G. H., Turkkan, M. M., Ozkoc, I. I. (2006): Characterization and Pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. from Onion in Amasya, Turkey. *Journal of Phytopathology*, 154, 75-77.
- Erper, I., Ozkoc, I., Karaca, G. (2011): Identification and pathogenicity of *Rhizoctonia* species isolated from bean and soybean plants in Samsun, Turkey. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 44, 78-84.
- Hannukkala, A. O., Rastas, M., Laitinen, P., Latvala, S. (2016): *Rhizoctonia solani* injuries in oilseed crops in Finland and impacts of different crop management practices on disease incidence and severity. *Annual Applied Biology*, 169, 257-273.
- Hua, G. K. H., Bertier, L., Soltaninejad, S., Hofte, M. (2014): Cropping Systems and Cultural Practices Determine the *Rhizoctonia* Anastomosis Groups Associated with *Brassica* spp. in Vietnam. *Plos One* 9, e111750.
- Kammerer, S. J., Burpee, L. L., Harmon, P. F. (2011): Identification of a new *Waitea circinata* variety causing basal leaf blight of seashore paspalum. *Plant Disease*, 95, 515-522.
- Khangura, R. K., Barbetti, M. J., Sweetingham, M. W. (1999): Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* species on canola. *Plant Disease*, 83,714-721.
- Keinath, A. P., Farnham, M. W. (1997): Differential cultivars and criteria for evaluating resistance to *Rhizoctonia solani* in seedling *Brassica oleracea*. *Plant Disease*, 81, 946-952.
- Kuramae, E., Buzeto, A., Ciampi, M., Souza, N. (2003): Identification of *Rhizoctonia solani* AG 1-IB in lettuce, AG 4 HG-I in tomato and melon, and AG 4 HG-III in broccoli and spinach, in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 391-395.
- Kuznia, R. A., Windels, C. E. (1994): *Rhizoctonia zeae* pathogenic to spring wheat and sugarbeet seedlings. *Phytopathology*, 84, 1159.
- Lanoiselet, V. M., Ash, G. J., Cother, E. J., Priest, M. J., Watson, A. (2011): First report

- of *Waitea circinata* causing sheath spot and *Rhizoctonia oryzae sativae* causing aggregate sheath spot on rice in south-eastern Australia. *Australas. Plant Pathology*, 30, 369–370.
- Ohkura, M., Abawi, G. S., Smart, C. D., Hodge, K. T. (2009): Diversity and aggressiveness of *Rhizoctonia solani* and *Rhizoctonia*-like fungi on vegetables in New York. *Plant Disease*, 93, 615- 624.
- Oros, G., Naár, Z., Magyar, D. (2013): Susceptibility of Wheat Varieties to Soil-Borne *Rhizoctonia* Infection. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 2240-2258.
- Pannecouque, J., Van Beneden, S., Hofte, M. (2008): Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* isolates associated with cauliflower in Belgium. *Plant Pathology*, 57, 737–746.
- Paulitz, T. C., Okubara, P. A., Schillinger, W. F. (2006): First report of damping-off of canola caused by *Rhizoctonia solani* AG 2-1 in Washington State. *Plant Disease*, 90, 829.
- Sharma-Poudyal, D., Paulitz, T. C., Porter, L. D., du Toit, L. J. (2015): Characterisation and pathogenicity *Rhizoctonia* and *Rhizoctonia*-like spp. from pea crops in Columbia Basin of Oregon and Washington. *Plant Disease*, 99, 604-613.
- Stalpers, J. A., Andersen, T. F. (1996): A synopsis of the taxonomy of teleomorphs connected with *Rhizoctonia* s.l. In: Sneh B, Jabaji- Hare S, Neate S, Dijst G (eds), *Rhizoctonia* Species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 49-63.
- Tewoldemedhin, Y. T., Lamprecht, S. C., Mazzola, M. (2015): *Rhizoctonia* anastomosis groups associated with diseased rooibos seedlings and the potential of compost as soil amendment for disease suppression. *Plant Disease*, 99, 1020-1025,
- Toda, T., Toda, T., Hyakawa, T., Mwafaida Mghalu, J., Yaguchi, S., Hyakumachi, M. (2007): A new *Rhizoctonia* sp. closely related to *Waitea circinata* causes a new disease of creeping bentgrass. *Journal of General Plant Pathology*, 73, 379-387.
- Talbot, P. H. B. (1970): Taxonomy and nomenclature of the perfect state. In: Parmeter JRJ (ed.), *Rhizoctonia solani*: biology and pathology. University of California Press, Berkeley, 20-31.
- Vajna, L., Oros, G. (2005): First report of *Rhizoctonia zea* in Hungary. *Plant Pathology*, 54, 250.
- Vilgalys, R., Cubeta, A. (1994): Molecular systematics and population biology of *Rhizoctonia*. *Annual Review of Phytopathology*, 32, 135–155.
- Vojvodić, M., Tanović, B., Mitrović, P., Vico, I., Bulajić, A. (2021): *Waitea circinata* var. *zea* causing root rot of cabbage and oilseed rape. *Plant Disease*, 105, 787-796.
- Zhou, Q. X., Hwang, S. F., Fu, H. T., Strelkov, S. E., Gossen, B. D. (2014): Genetic variation of *Rhizoctonia solani* isolates from canola in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 94, 671-681.
- Zhao, C., Li, Y., Wu, S., Wang, P., Han, C., Wu, X. (2019): Anastomosis group and pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. associated with seedling damping-off of sugar beet in China. *European Journal of Plant Pathology*, 153, 869–878.

Abstract

***Waitea circinata* var. *zeae* CAUSING ROOT ROT OF CABBAGE AND OILSEED RAPE**

Mira Vojvodić¹, Brankica Tanović², Petar Mitrović³, Ivana Vico¹ and Aleksandra Bulajić¹

¹Faculty of Agriculture-University of Belgrade, Belgrade, Serbia

²Institute of Pesticides and Environmental protection, Belgrade, Serbia

³Institute for Field and Vegetable Crops, National Institute of the Republic of Serbia, Novi Sad, Serbia

E-mail: bulajic_aleksandra@yahoo.com

Waitea circinata var. *zeae* (anamorf *Rhizoctonia zeae*) is an important pathogen of mainly monocotyledonous plants characterized by its soil-borne nature and capability for the long-term preservation. The host range of *W. circinata* var. *zeae* recently expanded to several dicotyledonous crops. The latest research conducted in Serbia revealed this pathogen as the causal agent of root and root neck rot, as well as plant decay of cabbage and oilseed at the localities of Futog and Rimski Šančevi. In this paper the available data on the distribution, preservation, dissemination pattern and control of *W. circinata* var. *zeae*, as well as research in Serbia are discussed.

Key words: *Waitea circinata* var. *zeae*, *Rhizoctonia* spp., biology, epidemiology, Serbia

MEFENTRIFLUKONAZOL - NOVI FUNGICID IZ GRUPE TRIAZOLA

Nađa Milutinović, Milan Stević, Bojana Špirović Trifunović, Dragica Brkić

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Email: nadjaamilutinovic10@gmail.com

Izvod

Mefentriflukonazol je nova aktivna supstanca sa fungicidnim delovanjem, koja pripada izopropanol azolima, novoj podgrupi u okviru hemijske grupe triazola. Inhibira biosintezu sterola i odlikuje se veoma selektivnim delovanjem. Sistemični je fungicid sa protektivnim, kurativnim i eradikativnim delovanjem i koristi se za suzbijanje značajnih patogena strnih žita (*Septoria* spp., *Puccinia* spp., *Ramularia collo-cygni*, *Rhynchosporium secalis*). Za razliku od većine triazola, povučeni iz primene u poslednje 2-3 godine, uglavnom zbog reprotoksičnog i karcinogenog delovanja, mefentriflukonazol ne deluje karcinogeno, genotoksično ni reprotoksično. Takođe, nije akutno toksičan, ne iritira kožu i oči i ne izaziva specifičnu toksičnost za ciljne organe posle jednokratne ili višekratne izloženosti. U dodiru sa kožom može izazvati senzibilizaciju i to je jedino toksikološko svojstvo na osnovu koga je klasifikovan i obeležen. Akutna i hronična dijetarna izloženost svih populacionih grupa ovoj aktivnoj supstanci je niska, sa velikom marginom bezbednosti. Mefentriflukonazol nije akutno oralno i kontaktno toksičan za pčele i nije toksičan za kišne gliste. Za akvatične organizme, ribe, beskičmenjake i alge je veoma toksičan akutno i hronično, dok je za organizme sedimenta i akvatične makrofite toksičan. Povoljna toksikološka svojstva mefentriflukonazola i dobra efikasnost preporučuju ovu aktivnu supstancu kao dobru zamenu za triazole povučene iz primene.

Ključne reči: mefentriflukonazol, triazoli, strna žita, testovi toksičnosti, rizik

UVOD

Hemijska jedinjenja imaju dugu istoriju učešća u zaštiti bilja, pri čemu se fungicidi koriste više od 200 godina za suzbijanje bolesti prouzrokovanih fitopatogenim gljivama i pseudogljivama (Brent i Hollomon, 2007). Inhibitori biosinteze sterola (SBI) pojavili su se u poljoprivrednoj praksi od druge polovine šezdesetih godina prošlog veka, kada je veći broj fungicida iz hemijskih grupa imidazola, morfolina, pirimidina, piridina, piperazina, triazola i piperidina, a kasnije i

hidroksianilida i spiroketal-amina, patentirano od strane različitih agrohemijjskih kompanija (Ishii i Hollomon, 2015). Sintetisanje novih aktivnih supstanci pesticida je kontinuiran proces neophodan iz više razloga; pre svega zbog prevazilaženja problema rezistentnosti štetnih organizama na postojeće pesticide, postizanja veće efikasnosti u njihovom suzbijanju i smanjenja rizika za ljude i životnu sredinu. Mefentriflukonazol je nova aktivna supstanca sa fungicidnim delovanjem, razvijena od strane kompanije Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF). Pripada inhibitorima biosinteze sterola, hemijskoj grupi triazola i novoj podgrupi u okviru triazolnih fungicida, izopropanol azola.

Trenutno se širom sveta široko koriste različite vrste pesticida za dobijanje kvalitetnijih poljoprivrednih proizvoda i povećanje prinosa useva, donoseći tako značajne ekonomske koristi. Upotreba pesticida u savremenoj poljoprivredi značajno je povećala produktivnost, ali je to takođe povećalo njihovo prisustvo životnoj sredini i uslovalo pojavu ostataka u hrani i hrani za životinje, uz potencijalne negativne efekte na zdravlje ljudi i drugih neciljnih organizama. Zabrinutost zbog potencijalnog rizika po zdravlje ljudi i životinja zbog upotrebe pesticida konstantno raste, a sve veći broj studija dovodi pesticide u vezu sa različitim patološkim promenama, uključujući metaboličke bolesti, poremećaj regulacije imunog sistema, neurotoksičnost, promene rada endokrinog sistema, reproduktivne poremećaje, pojavu karcinoma (Tago i sar., 2014). Ovi zdravstveni efekti su različiti u zavisnosti od izloženosti ali generalno ona može doprineti sve većoj prevalenciji zdravstvenih poremećaja (Wohlfahrt-Veje i sar., 2009). Posebna pažnja se posvećuje izloženosti operatera i poljoprivrednih radnika, ali i ostalih kategorija koji su svakodnevno izloženi preko ostataka u hrani i vodi za piće (Tago i sar., 2014).

Upotreba i zakonska regulativa pesticida su dugo bile, ali i ostale, kontroverzne. Rejčel Karson (Rachel Carson) je čuvenim „Tihim prolećem” (1962) skrenula pažnju svetske javnosti na rizike povezane sa dihlordifeniltrihloretanom (DDT) i drugim organohlorinim insekticidima, nakon čega je usledilo povlačenje ove grupe pesticida iz primene. Mada postoje i mnogi drugi primeri zabrane pesticida, a broj povučenih iz primene više je nego dva puta veći od broja odobrenih na nivou Evropske unije (EU), i dalje se stotine aktivnih supstanci pesticida koristi širom sveta, sa potencijalnim rizikom po zdravlje ljudi i neželjenim efektima na ekosisteme.

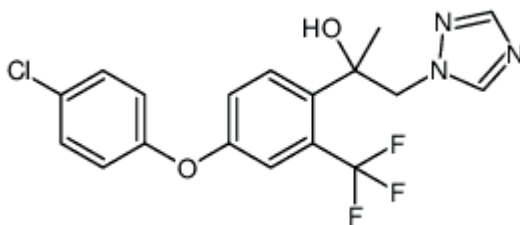
Sva ova zapažanja ukazuju na neophodnost dobrog poznavanja pesticida, posebno njihovih toksikoloških i ekotoksikoloških svojstava. Za fungicide iz grupe triazola nije poznat mehanizam delovanja na sisarima, ali se smatra da toksični efekti nastaju kao posledica oslobađanja dopamina iz striatuma (Hollister i sar., 1974., Walker i sar., 1990., Santana i sar., 2009). Iako se ova jedinjenja intenzivno koriste već više od četiri decenije, nisu registrovani slučajevi ozbiljnih akutnih trovanja ljudi. Međutim, njihova reprotoksičnost, karcinogenost i specifična tok-

sičnost za ciljne organe posle jednokratne ili višekratne izloženosti, dovela je do povlačenja više aktivnih supstanci iz ove grupe u poslednje 2-3 godine. Mefentriflukonazol je nova aktivna supstanca iz ove grupe, stavljena u promet u martu 2019. godine, u skladu sa Regulativom 1107/2009 sa statusom regulisanim do marta 2029. godine. Povoljna toksikološka svojstva, pre svega odsustvo karcinogenog, genotoksičnog i reprotoksičnog delovanja i dobra efikasnost, odlične su preporuke za buduću primenu u zaštiti bilja.

OSNOVNA SVOJSTVA MEFENTRIFLUKONAZOLA

Fizičko-hemijska svojstva. Mefentriflukonazol (razvojni kod BAS 750 F) po IUPAC (skraćeno od *eng.* International Union of Pure and Applied Chemistry) nomenklaturi nosi naziv (2RS)-2-[4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluormetil)fenil]-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-ol i racemska je mešavina (*R*) i (*S*) enantiomera. Minimalna čistoća aktivne supstance, defisana prilikom odobravanja na nivou EU, iznosi 970 g/kg, a supstanca sadrži tri toksikološki relevantne nečistoće čiji je maksimalni sadržaj u aktivnoj supstanci definisan i prihvaćen evropskom i našom zakonskom regulativom (EFSA, 2018; EC, 2017, Sl. glasnik RS, 47/22).

Čista aktivna supstanca je beli kristalni prah bez mirisa. Tačka topljenja iznosi 126°C, a raspada se na oko 300°C. Nije isparljiv, sa naponom pare od $3,2 \times 10^{-6}$ Pa na 20°C. Slabo je rastvorljiv u vodi, puferskim rastvorima i ksilenu, umereno rastvorljiv u acetonu, etil acetatu, metanolu, 1,2-dihloretanu i acetonitrilu, a vrlo slabo rastvorljiv u n-heptanu. Nije klasifikovan kao zapaljiv, i ne poseduje eksplozivna ni oksidujuća svojstva, u skladu sa CLP uredbom (BASF, 2016). Strukturna formula mefentriflukonazola data je na Slici 1.



Slika 1. Strukturna formula mefentriflukonazola (www.chemsrc.com)

Mehanizam i način delovanja. Kako sistemični fungicidi nužno imaju blisku vezu sa biohemijom i fiziologijom biljaka, njihovi načini delovanja su specifični i obično uključuju samo jedno biohemijsko ciljno mesto. S obzirom na to da je način delovanja ovog fungicida inhibicija C₁₄-demetilacije u biosintezi sterola u membranama, mefentriflukonazol je svrstan u novu podgrupu u okviru

triazolnih fungicida, izopropanol-triazoli (G1; FRAC 3). Fungicidi inhibitori demetilacije (DMI) deluju tako što sprečavaju odvajanje metil (CH_3) grupe koja je vezana za četrnaesti ugljenikov atom u α položaju, na molekulima lanosterola i 24-metilen dihidrolanosterola, prekursora u procesu biosinteze ergosterola (Burden i sar., 1989; Ziogas i Malandrakis, 2015). Ergosterol je glavni funkcionalni sterol većine gljiva iz klasa Ascomycetes, Basidiomycetes i Fungi imperfecti, sa nekim izuzecima, i ima značajnu ulogu u regulisanju propustljivosti i fluidnosti ćelijskih membrana kod gljiva (Douglas i Konopka, 2014). Kao posledica neodvajanja metil grupe, dolazi do nagomilavanja tzv. metilovanih sterola kao što su C-4,4-dimetil-eburikol, C-4 metil-obtusifoliol i C14-metil fekosterol, koje većina gljiva ne može da iskoristi za građu svog ćelijskog zida, a to za posledicu ima prestanak rasta hifa i micelije (Burden i sar., 1989). U prisustvu ovih fungicida sinteza ergosterola je inhibirana u ranim fazama sinteze, dok se drugi metabolički procesi u tretiranim gljivama remete kasnije.

U reakciji otklanjanja 14 α -metil grupe učestvuju tri NADPH-zavisne oksigenaze. U prvom stepenu 14 α -metil grupa (CH_3) se oksiduje do 14 α -hidroksimetil grupe (CH_2OH), u drugom stepenu hidroksimetil grupa se oksiduje u formijat (HCOO^-) koji se uklanja reakcijom eliminacije sa 15 α -vodonikom. Mono oksigenaze katalizuju prva tri stepena, pri čemu je prvi stepen katalizovan i od citohroma P-450, a ostala dva nisu. U narednim stepenima rezultat ovih reakcija je dvostruko vezivanje zasićene NADPH reduktaze u položaju 14 i 15. Odsustvo oksidacionih intermedijera za vreme 14-demetilacionih reakcija ukazuje da je prvi oksidacioni stepen koji katalizuje citohrom P-450 enzim, primarno mesto delovanja ovih fungicida. Tako je utvrđeno da ovi fungicidi mogu intereagovati sa specifičnim formama mikrozomalnog citohroma P-450 koji je uključen u biosintezu holesterola ili ergosterola (Walker, 2009; Janjić, 2015).

Spektar delovanja. Mefentriflukonazol je fungicid sa protektivnim i kurativnim delovanjem, koji se primenjuje za suzbijanje značajnih patogena strnih žita. Spektar delovanja obuhvata prouzrokovače bolesti lista i stabla, poput *Septoria* spp., *Puccinia* spp., *Ramularia collo-cygni*, *Rhynchosporium secalis*. Primeњуje se folijarno i to u fazama rasta od BBCH 30 do BBCH 69. Ukoliko se koristi preventivno, pre ostvarivanja infekcije, može obezbediti zaštitu useva i do šest nedelja. Može se primenjivati najviše dva puta u toku vegetacije, a preporučeni interval primene je od 14-28 dana, u zavisnosti od intenziteta bolesti i programa zaštite. Takođe, ovaj fungicid je pokazao visoku efikasnost u suzbijanju ključnih prouzrokovača bolesti jabučastog i koštičavog voća, vinove loze, krompira, soje (Heinecke i sar., 2019) i drugih useva, a registrovan je u 26 zemalja EU, Sjedinjenim Američkim državama (SAD) i drugim delovima sveta (EC, 2023; <https://agriculture.basf.com/global/en/innovations-foragriculture/innovationforfungicides/revisol.html>).

Rezistentnost. Prema FRAC-u, DMI i QoI su dve najrelevantnije grupe fungicida za suzbijanje bolesti u komercijalnoj poljoprivredi, jer se koriste najmanje 3-4 decenije, ali je rezistentnost gljiva na ove fungicide utvrđena kod mnogih fitopatogenih gljiva (Sang i Lee, 2020). Kada su DMI fungicidi uvedeni u primenu, smatralo se da su dobra alternativa za zaštitu od patogena koji su do tada već razvili rezistentnost na benzimidazole. Međutim, optimizam je trajao kratko zbog činjenice da ovi fungicidi imaju specifično mesto delovanja i da je ubrzo otkriveno da rizik od razvoja rezistentnosti postoji i kod ovih jedinjenja (Scheinflug, 1994). Zbog svoje visoke specifičnosti, za ovu klasu fungicida zabeleženi su neuspesi u suzbijanju prouzrokovanih obolenja širom sveta, upravo zbog razvoja rezistentnosti. U našoj zemlji, rezistentnost na DMI fungicide je do sada potvrđena kod populacija *V. inaequalis* i *C. beticola* (Stević i sar., 2010; Budakov i sar., 2014; Trkulja i sar., 2015). U svetu je laboratorijskim metodama potvrđena pozitivna ukrštena rezistentnost između mefentriflukonazola i nekih DMI fungicida (propikonazol, difenokonazol i tebukonazol) (Ishii i sar., 2021).

Prema FRAC klasifikaciji, DMI fungicidi spadaju u grupu sa srednje do visokim rizikom od razvoja rezistentnosti, stoga se treba pridržavati mera antirezistentne strategije (Brent i Hollomon, 2007).

TOKSIKOLOŠKA SVOJSTVA

Toksikokinetika. Resorpcija, raspodela, izlučivanje i metabolizam mefentriflukonazola ispitivani su kod eksperimentalnih životinja nakon oralnog i intravenskog unosa. Takođe, vršeno je uporedno ispitivanje metabolizma *in vitro* na hepatocitima ljudi, pacova i miševa, sa supstancom obeleženom na hlorfenil prstenu (na C atomu), u trifluormetilfenil prstenu (na TFMP mestu) ili u triazolnom delu (na T mestu) (EFSA, 2018; EC, 2017). Mefentriflukonazol se kod pacova i miševa brzo resorbuje nakon oralne primene, uz potencijalno enterohepatičko kruženje triazolnog dela. Podaci o izlučivanju preko žuči pokazuju da je oralna resorpcija kod pacova približno 85%, nakon primene male doze (5 mg/kg). U nedostatku podataka, podrazumevana inhalaciona resorpcija je 100%, dok je dermalna niska (4% za nerazblaženu formulaciju). Raspodela mefentriflukonazola je brza i intenzivna, a nakon pojedinačne oralne primene niske doze, najviše radioaktivnih ostataka u roku od jednog sata od doziranja (isključujući gastrointestinalni trakt i njegov sadržaj) otkriveno je u plazmi, jetri, nadbubrežnim žlezdama i bubrezima. Nakon pojedinačne primene visoke doze, najveća radioaktivnost zabeležena je u roku od dva sata od doziranja (isključujući gastrointestinalni trakt i njegov sadržaj) u jetri i nadbubrežnim žlezdama. Nakon primene pomenutih doza, koncentracije radioaktivnih ostataka su generalno opadale u organima i tkivima uporedo sa radioaktivnim ostacima u plazmi. Metabolizam mefentriflukonazola

je ekstenzivan i brz što rezultira, takođe, brzim i ekstenzivnim izlučivanjem (urinom i fecesom), a identifikovano je čak 68 metabolita. Ovi metaboliti su dobijeni hidroksilovanjem osnovne supstance, koja naknadno podleže reakciji sa glukuronskom kiselinom. U tkivima (jetra, bubrezi) i plazmi, glavni deo metabolita je detektovan kao hidroksilovana ili nepromenjena osnovna supstanca, a manje količine su otkrivene kao glukuronidni ili sulfatni konjugati dihidroksilovane osnovne supstance. Izlučivanje mefentriflukonazola preko fecesa je brzo, u roku od dva do tri dana nakon oralnog unošenja kod pacova, i u visokom procentu (> 75%). Izlučivanje preko urina je od manjeg značaja (najviše 12,2%), a akumulacija u organima i tkivima nije registrovana (BASF, 2016a; EC, 2017).

Toksičnost za sisare

Akutna toksičnost, iritativna i senzibilizirajuća svojstva. Mefentriflukonazol nije akutno oralno ($LD_{50} > 2000$ mg/kg), dermalno ($LD_{50} > 5000$ mg/kg), ni inhalaciono ($LC_{50} > 5.3$ mg/l) toksičan. Ne dovodi do iritacije kože i oka, ali može dovesti do senzibilizacije kože, pa je klasifikovan i obeležen po ovom osnovu. Nije foto-toksičan, odnosno foto-citotoksičan (BASF, 2016a).

Kratkoročna (subakutna i subhronična) toksičnost. Ispitivanja subakutne i subhronične toksičnosti rađena su na pacovima, miševima i psima, posle oralne i dermalne ekspozicije. U ovim ispitivanjima jetra je bila ciljni organ kod svih ispitivanih vrsta, sa potencijalno relevantnim uticajem i na čoveka, što je uzeto u obzir pri proceni rizika. Pri proceni efekata pažnja je posvećena razdvajanju potencijalno štetnih efekata od onih koji su uobičajen odgovor na prisustvo hemijskog agensa i predstavljaju adaptivne promene (hepatocelularna hipertrofija kao rezultat indukcije metaboličkih enzima da bi se održala homeostaza). Štetni efekti na jetri potvrđeni su registrovanim povećanjem relativne i apsolutne mase jetre, promenom parametara kliničke hemije koji ukazuju na poremećaj rada jetre, kao i histopatološkim nalazima.

Subakutna dermalna primena mefentriflukonazola tokom perioda od 4 nedelje nije rezultirala simptomima lokalne ili sistemske toksičnosti kod pacova, do nivoa doze od 1000 mg/kg/dan, što ukazuje na činjenicu da mefentriflukonazol nije subakutno dermalno toksičan, a doza bez štetnog efekta (NOAEL) veća je od 1000 mg/kg/dan (BASF, 2016a; EFSA, 2018; EC, 2017, Tesh i sar., 2019).

Genotoksičnost. Ispitivanja genotoksičnog potencijala mefentriflukonazola vršena su u šest *in vitro* testova na ćelijama bakterija i sisara (dva bakterijska testa reverznih mutacija, dva testa na L5178Y ćelijama limfoma miša, test na V79 ćelijama limfocita zamorca i test na humanim limfocitima, sa i bez metaboličke aktivacije) i jednom u *in vivo* uslovima (mikronukleus test). Rezultati ispitivanja su pokazali da mefentriflukonazol, u datim eksperimentalnim uslovima, nema ge-

notoksični potencijal; rezultati svih testova bili su negativni (Woitkowiak, 2014, Woitkowiak, 2015, Wollny, 2015, Wollny, 2015, Schulz i Landsiedel, 2014, Sokolowski, 2015; cit. EC, 2017).

Hronična toksičnosti i karcinogenost. Hronična toksičnost i karcinogeni potencijal mefentriflukonazola ispitani su kod pacova (24 meseca) i miševa (18 meseci). Jetra je i u ovim ispitivanjima bila jedini ciljni organ kod obe vrste životinja. Od efekata na pacovima registrovani su: smanjenje telesne mase i prirasta telesne mase kod životinja oba pola kao i povećanje relativne mase jetre i hipertrofija hepatocita. Kod ovih životinja i relativne mase mozga, srca, bubrega i epididimisa bile su povećane, a kod ženki i relativne mase nadbubrežnih žlezda. Takođe, kliničko-hemijski parametri bili su promenjeni, u odnosu na kontrolne vrednosti; registrovano je smanjenje nivoa glukoze, bilirubina (samo kod ženki), povećana aktivnost alkalne fosfataze (ALP), kao i povećanje nivoa uree (samo kod mužjaka). Učestalost pojave malignih limfoma kod mužjaka i adenokarcinoma kod ženki nije bila statistički značajna, u poređenju sa kontrolom i bez dozne zavisnosti, a uglavnom u okvirima istorijske kontrole laboratorije (EC, 2017; Tesh i sar., 2019).

U hroničnim studijama oralne toksičnosti i karcinogenosti na miševima utvrđeno je smanjenje telesne mase i prirasta telesne mase kod životinja oba pola, kao i povećanje relativne mase jetre. Utvrđena je i pojava nekih patoloških promena u tkivu jetre (masne promene i centrilobularne inkluzije kod mužjaka i nekroza hepatocita kod ženki). Utvrđeno je da su efekti na bubrezima u vezi sa tretmanom, dok su promene na nadbubrežnim žlezdama u vezi sa stresnim uslovima kojima su životinje bile izložene (Everds i sar., 2013). Pojava blagog povećanja tiroidnih folikularnih adenoma bila je u okvirima istorijske kontrole laboratorije (EC, 2017; Tesh i sar., 2019).

Prilikom evaluacije na nivou EU zaključeno je da rezultati ovih studija pokazuju da mefentriflukonazol nema karcinogeni potencijal i da ne treba da bude klasifikovan i obeležen po ovom osnovu.

Reproduktivna toksičnost. Potencijal mefentriflukonazola da negativno utiče na reproduktivne parametre ispitivan je na dve generacije Wistar pacova. Nisu registrovani letalni efekti mefentriflukonazola ni pojava kliničkih simptoma trovanja. Toksični efekti za roditelje (F_0 i F_1 generacija) u grupi sa primenjenim visokim dozama obuhvatali su smanjenje unosa hrane, telesne mase i prirasta telesne mase, u poređenju sa kontrolom. Povećana aktivnost ALP registrovana je kod životinja oba pola u srednjoj i visokoj dozi, a povećanje nivoa holesterola kod mužjaka u F_0 generaciji. Nivo ukupnog bilirubina bio je smanjen kod mužjaka u F_0 i F_1 generaciji i kod ženki u F_1 generaciji. Relativna masa jetre (u odnosu na telesnu masu) bila je povećana kod životinja oba pola u F_0 i F_1 generaciji u srednjoj i visokoj dozi. Ovo povećanje mase jetre praćeno je centrilobularnom hipertrofijom (BASF, 2016a; EC, 2017; Tesh i sar., 2019).

Nisu registrovani statistički značajni efekti na parametre plodnosti i parenja, kao ni embriotoksični i fetotoksični efekti mefentriflukonazola, u poređenju sa kontrolom. Trajanje gestacije je bilo veoma blago, ali statistički značajno povećano (razlika u odnosu na kontrolu iznosila je pola dana) kod ženki F₀ generacije. Nema dokaza da mefentriflukonazol ima specifičan negativan efekat na preživljavanje mladih nakon koćenja. Blago smanjenje indeksa živo-rođenih mladunaca u obe generacije, nije bilo statistički značajno, a posledica je pojedinačnih gubitaka celog legla što je bio rezultat neadekvatne nege, zbog znatno smanjenog unosa hrane kod majki. Smanjenje unosa hrane i telesne mase u ranom periodu laktacije, u grupi sa primenjenim visokim dozama, uticalo je na razvoj mladih. U svakoj generaciji, telesna masa mladih, iz grupe sa najvećom dozom, bila je niža u poređenju sa kontrolom. Indeksi vijabilnosti i laktacije nisu se statistički značajno razlikovali od kontrolnih vrednosti.

Rezultati ispitivanja pokazuju da mefentriflukonazol ne izaziva specifične efekte na plodnost, reprodukciju i gestaciju. Neznatne promene nekih reproduktivnih parametara i pojave toksičnih efekata na mlade, registrovane su samo kod doze koja je imala jasne toksične efekte na roditelje (smanjenje unosa hrane i telesne mase) (EC, 2017; Tesh i sar., 2019).

Delovanje na rast i razvoj. Delovanje mefentriflukonazola na rast i razvoj je ispitivano na pacovima i kunićima nakon oralne primene supstance u vreme gestacije. Od efekata na pacovima registrovani su: smanjenje telesne mase, prirasta telesne mase i unosa hrane, dok efekti na rast i razvoj embriona i fetusa nisu registrovani (bili su u granicama kontrolnih vrednosti ili istorijske kontrole). Kod ženki kunića, izlaganje mefentriflukonazolu nije uticalo na unos hrane i telesnu masu, niti na parametre reprodukcije ili masu fetusa. Statistički nije bilo značajnog povećanja bilo koje vrste malformacija (EFSA, 2018; EC, 2017; Tesh i sar., 2019).

Neurotoksičnost. U ispitivanjima akutne oralne neurotoksičnosti na pacovima registrovani su: smanjenje prirasta telesne mase, nestabilan hod, smanjena aktivnost, smanjena snaga prednjih udova i promene u spuštanju stopala (kod mužjaka na dan tretmana). Rezultati baterije funkcionalnih testova (tzv. FOB test, eng. Functional observational battery) su pokazali blage promene koordinacije kod životinja iz najviše testirane doze (2000 mg/kg), u odnosu na kontrolu na dan tretiranja, ali ne i u dva naredna testa. Svi pomenuti efekti su bili prolazni i nepovezani sa strukturnim ili funkcionalnim oštećenjem neurona (patohistološki nalazi bili su uredni). Zaključeno je da su efekti bili povezani sa sistemskom toksičnošću i nije primećena specifična neurotoksičnost. Subhronična neurotoksičnost ispitivana je na pacovima posle oralne primene mefentriflukonazola u toku tri meseca. Nije bilo promene motoričke aktivnosti, u poređenju sa kontrolom, a histopatološki nalazi nervnih tkiva su bili uredni. Mefentriflukonazol je supstan-

ca koja ne deluje neurotoksično posle akutne i subhronične izloženosti (EFSA, 2018; EC, 2017).

Metaboliti. Mefentriflukonazol se u velikoj meri metaboliše u biljkama i životinjama. Metaboliti koji se nalaze u hrani i hrani za životinje grupisani su prema njihovoj hemijskoj sličnosti i zajedničkim metaboličkim putevima. Svi metaboliti osim 2-[4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluorometil)fenil]propan-1,2-diol-a (M750F022) javljaju se u procentu većem od 10 i stoga su ispitivani u toksikološkim studijama mefentriflukonazola. Metabolit M750F022 identifikovan je kao ostatak u studiji metabolizma kod kokica, dok u studijama metabolizma mefentriflukonazola kod pacova, M750F022 nije pronađen u značajnoj količini ($\ll 10\%$). Da bi se utvrdio toksikološki profil ovog metabolita i metabolita M750F019 korišćene su studije akutne i subakutne oralne toksičnosti i *in vitro* studije genotoksičnosti. Rezultati su pokazali da su referentne vrednosti utvrđene za mefentriflukonazol primenjive i na metabolite, odnosno da metaboliti nisu toksičniji od aktivne supstance, nisu akutno toksični ni genotoksični. Isti zaključak je izveden i za metabolite 2-hlor-4-{4-[2-hidroksi-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-il]-3-(trifluorometil)fenoksi}fenol (M750F015), 2-(4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluorometil)fenil)-2-hidroksipropil oleat (M750F024) i 2-(4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluorometil)fenil)-2-hidroksipropil palmitat (M750F025). Ne postoje toksikološka ispitivanja za metabolite derivate triazola (MTD): 1,2,4-triazol (1,2,4-T), triazol alanin (TA), triazol sirćetna kiselina (TAA) i triazol mlečna kiselina (TLA), pa su za njih utvrđene referentne vrednosti iz podataka za druge aktivne supstance iz grupe triazola koje imaju ove iste metabolite (EFSA, 2018; EC, 2017).

Referentne vrednosti mefentriflukonazola. Kao relevantni NOAEL u studijama toksičnosti izdvojen je onaj dobijen u testovima karcinogenosti na miševima (3,5 mg/kg/dan) što je odabrano kao odgovarajuća polazna tačka za utvrđivanje prihvatljivog dnevnog unosa (PDU; skraćeno od *eng.* ADI – Acceptable daily intake). Za ekstrapolaciju odabran je faktor nesigurnosti od 100, tako da prihvaćen PDU iznosi 0,035 mg/kg/dan. Za utvrđivanje akutne referentne doze (skraćeno od *eng.* Acute reference dose – ARfD) uzet je NOAEL iz ispitivanja razvojne toksičnosti na kunićima (15 mg/kg/dan). Uzevši u obzir standardni faktor nesigurnosti 100, dobijena je vrednost ARfD od 0,15 mg/kg. Prihvatljiv nivo izloženosti operatera (skraćeno od *eng.* acceptable operator exposure level – AOEL) iznosi 0,035 mg/kg/dan, a dobijen je iz studija subhronične i hronične toksičnosti na miševima, uz faktor nesigurnosti 100 (EFSA, 2018; EC, 2022).

OSTACI

Stabilnost ostataka. Mefentriflukonazol je stabilan u sledećim usevima: paradajz, jabuka, seme soje, seme repice, suvo seme graška i pasulja, zrno pšenice, krtole krompira, grožđe i limun, u periodu od 730 dana (~24 meseca) na temperaturama manjim ili jednakim -18 °C. Takođe, mefentriflukonazol je stabilan u tkivu krava (jetra, bubrezi, mišići i masnoća), mleku, kajmaku i jajima najmanje 177 dana, kada su uzorci duboko zamrznuti (EC, 2017; EFSA, 2020).

Od metabolita je značajan M750F022, za koji se pokazalo da je stabilan u tkivu krava (jetra, bubrezi, mišići), mleku i kajmaku i kokošjem jajetu najmanje 178 dana, kada se uzorci čuvaju u uslovima dubokog zamrzavanja. Metaboliti derivata triazola nastaju tokom metabolizma mefentriflukonazola u biljnim i životinjskim proizvodima. Studije o stabilnosti skladištenja su dostupne samo za triazol mlečnu kiselinu i pokazuju da je stabilna u zrnu pšenice, pasulju, pomorandži, semenu repice i zelenoj salati najmanje 48 meseci, kada se uzorci čuvaju u uslovima dubokog zamrzavanja (EC, 2017; EFSA, 2020).

Metabolizam, distribucija i ostaci u biljkama. Metabolizam je ispitivan korišćenjem obeleženog mefentriflukonazola (na C- ili T-prstenu) na tri biljne vrste: pšenici, soji i vinovoj lozi. Ostatak u većini slučajeva čini osnovno jedinjenje – mefentriflukonazol (>60% primenjene radioaktivnosti), posebno u stočnoj hrani (pšenica, soja), lišću/stabljici (vinova loza), slami/ljusci/plevi (pšenica, soja), zelenoj mahuni (soja) i grožđu (vinova loza). U zrnu pšenice i semenu soje, mefentriflukonazol je prisutan u veoma maloj količini, a preovlađujuća komponenta ostatka je grupa MTD, sa triazol alaninom kao najzastupljenijem jedinjenjem. U narednim biljkama u plodoredu (lisnato i korenasto-krtolasto povrće i strna žita) kao glavni ostaci detektuju se mefentriflukonazol i grupa MTD, a metabolizam u ovim biljkama sličan je metabolizmu u primarnim usevima, bez pojave novih metabolita (BASF, 2016b).

Metaboliti koji se javljaju u biljnim delovima u većim količinama (>10%) su M750F018, M750F019, M750F020, M750F026, M750F027 (kojima nisu određeni hemijski nazivi), dok se u manjim količinama (<10%) javljaju 2-[4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluormetil)fenil]-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-il heskopiranozid (M750F011), 2-[4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluormetil)fenil]-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-il 6-O-(karboksiaetil)heskopiranozid (M750F012), 2-[4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluormetil)fenil]-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-il 6-O-heskopiranozil heksapiranozid (M750F013), 2-[4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluormetil)fenil]-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-il [6-O-(karboksiaetil)heskopiranozil] heksapiranozid (M750F014), 2-[4-(4-hlorfenoksi)-2-(trifluormetil)fenil]-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-il 6-O-pentofuranozil heksapiranozid (M750F028), M750F009 i M750F010 (bez definisanih hemijskih naziva). Neko-

njugovani metaboliti koji su identifikovani u biljnim delovima u većim količinama su 1,2,4-T, TA, TAA i u manjim TLA.

Kao ostatak za praćenje u biljkama određen je mefentriflukonazol, kao dominantna komponenta u svim praćenim biljnim delovima, sa izuzetkom zrna pšenice i semena soje u kojima su triazol derivatni metaboliti (posebno TA) najzastupljenija jedinjenja. Metaboliti MTD doprinose velikom udelu ostatka u svim biljnim vrstama, međutim ovi metaboliti su zajednički za niz aktivnih supstanci iz grupe triazolnih fungicida (EC, 2017; EFSA, 2020).

Ispitivanja ostataka u biljkama i maksimalno dozvoljene količine ostataka. Predložena upotreba mefentriflukonazola u EU je na pšenici i ječmu. U Tabeli 1 dat je prikaz ostataka mefentriflukonazola u strnim žitima u ogledima koji su sprovedeni u Evropi (severna i južna Evropa) i definisane MDK vrednosti za ovu aktivnu supstancu.

Tabela 1. Podaci o ostacima pesticida

Usev	Proizvod	STMR** (mg/kg)	HR* (mg/kg)	MDK (mg/kg)
Pšenica	Zrno	0,01	0,026	0,05
	Slama	3,6	18,0	30
Raž	Zrno	0,01	0,026	0,05
	Slama	3,6	18,0	30
Ječam	Zrno	0,1	0,41	0,6
	Slama	4,25	18,0	30
Ovas	Zrno	0,1	0,41	0,6
	Slama	4,25	18,0	30

* HR (Highest Residue) – najveći nivo ostataka u kontrolisanim ogledima

** STMR (Supervised Trials Median Residue) – srednji nivo ostataka u kontrolisanim ogledima

Iz tabele se može zaključiti da je najveći nivo ostataka mefentriflukonazola utvrđen u slami svih žita (18,0 mg/kg), a najveća MDK vrednost je određena za slamu ovih biljaka i iznosi 30 mg/kg, dok MDK za zrno pšenice i raži iznosi 0,05 mg/kg, dok za zrno ječma i ovasa iznosi 0,6 mg/kg (EC, 2017; EC, US EPA, 2019; 2023).

Metabolizam, distribucija i ostaci kod narednih biljaka u plodoredu. Studije su sprovedene na različitim kulturama koje predstavljaju tri različite kategorije useva, odnosno lisnato povrće, korenasto i krtolasto povrće i strna žita. Mefentriflukonazol je primenjen u količini od 300 g/ha na golo zemljište, što odgovara koncentraciji u zemljištu od 0,1 mg/kg. Naredni usevi u plodoredu su kultivisani nakon intervala od 30, 120 i 365 dana. Na osnovu dobijenih rezultata kao ostatak u narednim kulturama je identifikovano osnovno jedinjenje, mefen-

triflukonazol, kao i metaboliti derivati triazola. Za upotrebu mefentriflukonazola, nema ograničenja za ponovnu sadnju, a podrazumevana MDK od 0,01 mg/kg je pogodna za naredne useve u plodoredu (EC, 2017; EFSA, 2020).

Procena hroničnog rizika. Najveća hronična izloženost (najveći teoretski dnevni unos; skraćeno od *eng.* Theoretical Maximum Daily Intake - TDMI) mefentriflukonazolu ustanovljena je kod Irske populacije (kategorija: odrasli) gde je izloženost bila 3,8% ADI, što je i dalje nizak i prihvatljiv rizik. Najveći udeo u celokupnoj izloženosti imali su ostaci u ječmu (1,9% ADI) i jetri ovaca (0,4% ADI). Za sve evropske populacijske grupe TMDI je znatno ispod ADI, stoga se ne očekuju neprihvatljivi rizici po zdravlje ljudi posle hronične izloženosti (EC, 2017). U Kini je rađeno ispitivanje ostataka mefentriflukonazola na pirinču i procena rizika na bazi tih nivoa ostataka. Rezultati procene pokazuju da je hronični rizik prihvatljiv i iznosi 31,85% ADI (Zhang i sar., 2023).

Procena akutnog rizika. Kod procene akutnog rizika, najveći međunarodno procenjeni jednokratni unos (IESTI – International Estimated Short-Term Intake) u Evropi ustanovljen je kod ostataka mefentriflukonazola u goveđoj jetri i mlečnim proizvodima (za populacionu kategoriju: deca) i iznosio je 0,8% ARfD. Kod populacione kategorije odrasli, najveća izloženost utvrđena je za ostatke u ječmu (1,1% ARfD). U oba slučaja IESTI je znatno ispod ARfD za sve proizvode kada se posmatra evropska populacija, stoga se ne očekuju neprihvatljivi rizici po zdravlje ljudi posle akutnog izlaganja (EC, 2017). Rezultati procene rizika od ostataka mefentriflukonazola u pirinču u Kini potvrđuju ovaj zaključak; akutni rizik je nizak i prihvatljiv i iznosi 0,7483% ARfD (Zhang i sar., 2023).

Wang i sar. (2023) sprovedli su ispitivanja da bi se, između ostalog, istražili ostaci povezani sa primenom mefentriflukonazola i piraklostrobina u zasadima manga na šest lokacija širom Kine. Početne koncentracije mefentriflukonazola i piraklostrobina kretale su se u rasponu od 0,18 do 0,34 mg/kg. Tri nedelje nakon folijarne primene, krajnje koncentracije mefentriflukonazola i piraklostrobina iznosile su 0,02-0,04 mg/kg i 0,01-0,04 mg/kg, pri čemu su ove koncentracije bile ispod maksimalno dozvoljene količine (MDK) ostatka utvrđene za piraklostrobin. Akutne (procenat akutne referentne doze – ARfD% 0,78–2,36% i 2,0–6,08%) i hronične (procenat ADI 0,08–0,47% i 0,09–0,55%) procene rizika pokazale su da su ove koncentracije ostataka prihvatljive za opštu populaciju.

Zhang i sar. (2019) su ispitivali ostatke mefentriflukonazola u krastavcu i paradajzu, nakon tretiranja suspenzijom mefentriflukonazola u količini od 400 mg/l. Uzorci krastavca i paradajza sakupljeni su 7, 10. i 14. dana nakon primene fungicida. Ostaci u krastavcu i paradajzu su bili 5,0±0,7 µg/kg i 64,2±5,3 µg/kg, sedmog dana, i ispod 5 µg/kg do 10. i 14. dana za krastavac i 76,4±6,5 µg/kg 10. dana i 50,8±4,7 µg/kg 14. dana za paradajz (Zhang i sar., 2019).

Sudbina i ponašanje mefentriflukonazola u životnoj sredini. U laboratorijskim aerobnim uslovima mefentriflukonazol je veoma perzistentan u zemljištu, a ni jedan metabolit nije detektovan u procentu većem od 10. Kao značajan izdvojen je 1,2,4-T, kao metabolit koji se javlja u životnoj sredini, mada je detektovan u maksimalnoj količini od 5,1% od primenjene radioaktivnosti. Kao i aktivna supstanca umereno je do veoma perzistentan u zemljištu u laboratorijskim aerobnim uslovima. U anaerobnim uslovima degradacija mefentriflukonazola je spora i, takođe, nisu detektovani metaboliti u koncentraciji većoj od 10%. Ispitivanja pokazuju da fotoliza ne utiče značajno na razgradnju mefentriflukonazola u zemljištu (EC, 2017; US EPA, 2019a; EFSA, 2020).

Mefentriflukonazol je slabo pokretljiv u zemljištu, za razliku od metabolita 1,2,4-T koji je veoma pokretljiv, a ispitivanja pokazuju da adsorpcija aktivne supstance i metabolita ne zavisi od pH zemljišta. Ispitivanja sudbine mefentriflukonazola u polju rađena su na šest lokacija u EU, a rezultati pokazuju da su mefentriflukonazol i 1,2,4-T perzistentni do veoma perzistentni u zemljištu (DT50 aktivne iznosi od 96,5 od 610,8 dana) (EC, 2017; US EPA, 2019a; EFSA, 2020).

U sistemu voda/sediment, u laboratorijskim aerobnim uslovima bez svetlosti, mefentriflukonazol je veoma postojan, a glavni metabolit je i u ovom slučaju 1,2,4-T (max. 10,2% u vodi i 4,9% u sedimentu). Mefentriflukonazol iz vode brzo migrira u sediment i na kraju ispitivanja manje od 5% aktivne supstance je detektovano u vodi, a 45,6-67,3% u sedimentu. Mineralizacija je praktično bez značaja i iznosi 0,5-9,6% na kraju ispitivanja, a maksimalna koncentracija vezanih ostataka iznosi 26,6%. Za razliku od fotolize u zemljištu, fotoliza u vodi u anaerobnim uslovima je brza i značajna (DT50 iznosi 2,3 dana), a kao rezultat dolazi do formiranja četiri proizvoda fotodegradacije: 4-{4-[2-hidroksi-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)propan-2-il]-3-(trifluorometil)fenoksi}fenol (M750F005) (max. 32.2%), 6-(4-hlorfenoksi)-3-metil-3-[(1H-1,2,4-triazol-1-il)metil]-2-benzofuran-1(3H)-on (M750F006) (max. 30.7%), 6-(4-hidroksifenoksi)-3-metil-3-[(1H-1,2,4-triazol-1-il)metil]-2-benzofuran-1(3H)-on (M750F007) (max. 43.9%) i 6-(5-hlor-2-hidroksifenil)-3-metil-3-[(1H-1,2,4-triazol-1-il)metil]-2-benzofuran-1(3H)-on (M750F008) (max. 7.3%). Ispitivanja brzine degradacije na površini biljaka pokazuju da je mefentriflukonazol umereno postojan, a DT50 iznosi 10 dana (EC, 2017; US EPA, 2019a; EFSA, 2020). Ovo potvrđuju i rezultati ispitivanja na biljkama pirinča u polju koji pokazuju da DT50 iznosi 2,8-16,6 dana (Zhang i sar., 2023).

U vazduhu poluživot mefentriflukonazola iznosi 1,67 dana, a imajući u vidu veoma nisku isparljivost ne postoji opasnost od prenošenja ove aktivne supstance vazduhom na velike razdaljine.

EKOTOKSIKOLOŠKA SVOJSTVA

Mefentriflukonazol je akutno oralno štetan za belorepu prepelicu, dok za divlju patku i divljeg kanarinca nije. Rezultati procene akutnog i hroničnog rizika pokazuju da je rizik za ptice, od dve primene preparata na bazi ove aktivne supstance u strnim žitima, prihvatljiv. Takođe, prihvatljiv je i rizik za ptice koje se hrane kišnim glistama i ribama u kojima se mogu naći ostaci mefentriflukonazola, a prihvatljiv je rizik i od ekspozicije preko kontaminirane vode za piće. Na osnovu ispitivanja na sisarima urađena je procena rizika i rezultati procene su pokazali da mefentriflukonazol i reprezentativni preparat ne predstavljaju akutni ni hronični rizik za sisare, da je rizik od sekundarnog trovanja (preko ishrane kišnim glistama i ribama) nizak i prihvatljiv, kao i rizik preko kontaminirane vode za piće (EC, 2017).

Za akvatične organizme, ribe, beskičmenjake i alge, mefentriflukonazol je veoma toksičan akutno i hronično, dok je za organizme sedimenta i akvatične makrofite toksičan (EC, 2017; Brzowska, 2014; Van Hooser, 2014a; Van Hooser, 2014b; Janson, 2014; Dinehart, 2016). Cui i sar. (2022) su u ispitivanjima na zebra ribi utvrdili da su larveni stadijumi najosetljiviji pri praćenju letalnih efekata, zatim embrioni i adulti. Osim letalnih utvrđeni su i efekti na rast, razvoj i srčanu funkciju. Takođe, utvrdili su da postoji razlika u toksičnosti između racemske smeše, (S) i (R) enantiomera. Razliku u toksičnosti između enantiomera mefentriflukonazola na hepatotoksičnost zebra ribe utvrdili su i Li i sar. (2022).

Rizik za akvatične organizme, za primenu u ozimim i jarim strnim žitima, prihvatljiv je na četvrtom koraku procene, kada se primene zone bezbednosti od 5 metara. Zagađenje podzemnih voda u koncentracijama većim od 0,1 µg/L je malo verovatno. Biokoncentracioni faktor mefentriflukonazola za celu ribu iznosi manje od 500, a eliminacija iz riba je vrlo brza i $t_{1/2}$ iznosi 0,60 dana, tako da je rizik od biokoncentracije i biomagnifikacije nizak (Wilbrand, 2013). Mefentriflukonazol nije akutno oralno i kontaktno toksičan za pčele, a rizik za primenu u strnim žitima je nizak i prihvatljiv kada se primenjuje u skladu sa principima dobre poljoprivredne prakse (Franke, 2015; Kleebaum, 2015a; Kleebaum, 2015b). Takođe, rizik je prihvatljiv za larve pčela, za adulte bumbara, kao i za ostale korisne artropode (Amsel, 2015; EC, 2017).

Mefentriflukonazol nije toksičan za kišne gliste u laboratorijskim ni u uslovima polja (EC, 2017; Friedrich, 2013a; Hamberger, 2015; Schulz, 2015a), što potvrđuju i rezultati procene rizika; hronični rizik za kišne gliste od dve primene preparata u strnim žitima je prihvatljiv. Kao i kod riba, i kod kišnih glista je utvrđena različita toksičnost pojedinačnih enantiomera i racemske smeše; najtoksičniji je (S) enantiomer, pa racemska smeša, a najmanje toksičan za kišne gliste je (R) enantiomer (Xu i sar., 2022). Takođe, rizik je prihvatljiv i za drugu neciljnu mezo- i makrofaunu (*Falsomia candida* i *Hypoaspis aculeifer*) pod istim uslovima primene (EC, 2017; Friedrich, 2013b; Schultz, 2014). Efekti na mikro-

organizme u zemljištu manji su od graničnih 25%, a dobijene vrednosti za aktivnu supstancu veće su od očekivanih koncentracija u životnoj sredini, što ukazuje na prihvatljiv rizik pri preporučenim načinima primene. Takođe, i rizik za neciljne biljke je prihvatljiv (EC, 2017; Schulz, 2015b; Marquardt, 2015).

ZAKLJUČAK

Mefentriflukonazol pripada novoj podgrupi u okviru triazolnih fungicida, izopropanol-azolima (G1; FRAC 3), a način delovanja ove aktivne supstance je inhibicija C14-demetilacije u biosintezi sterola u membranama. Deluje protektivno, kurativno i eradikativno, a koristi se za suzbijanje značajnih patogena strnih žita. Spektar delovanja obuhvata prouzrokovalač bolesti lista i stabla, poput *Septoria* spp., *Puccinia* spp., *Ramularia collo-cygni*, *Rhynchosporium secalis*. Kao i za ostale DMI fungicide, rizik od razvoja rezistentnosti je označen kao „srednji“, stoga treba sprovesti mere antirezistentne strategije. Mefentriflukonazol nije akutno, dermalno ni inhalaciono toksičan. Ne dovodi do iritacije kože i oka, ali može izazvati senzibilizaciju kože. Nema genotoksični, karcinogeni, reprotoksični ni neurotoksični potencijal. Takođe, ne izaziva specifičnu toksičnost za ciljne organe posle jednokratne ili višekratne izloženosti. Akutna i hronična dijetarna izloženost svih populacionih grupa ovoj aktivnoj supstanci je niska, sa velikom marginom bezbednosti. Posle skorog povlačenja iz primene velikog broja aktivnih supstanci iz grupe triazola (epoksikonazol, ciprokonazol, flutriafol, miklobutanil i dr) uglavnom zbog reprotoksičnog i karcinogenog (epoksikonazol) delovanja, povoljna toksikološka svojstva mefentriflukonazola i dobra efikasnost preporučuju ovu aktivnu supstancu kao dobru zamenu za triazole povučene iz primene.

LITERATURA

- Amsel, K. (2015): Acute toxicity of BAS 750 F to the bumblebee *Bombus terrestris* L under laboratory conditions. BioChem agrar Labor fuer biologische und chemische Analytic GmbH, Gerichshain, Germany (unpublished).
- BASF (2016): BAS 750 F - Identity of the active substance, Physical and chemical properties of the active substance. BASF SE, 67059 Ludwigshafen, Germany.
- BASF (2016a): BAS 750 F – Toxicological and metabolism studies on the active substance. BASF SE, 67059 Ludwigshafen, Germany.
- BASF (2016b): BAS 750 F – Residues in or on treated products, food and feed and plant metabolism. BASF SE, 67059 Ludwigshafen, Germany.
- Brent, J. K., Hollomon, W. D. (2007): Fungicide Resistance: The Assesment of Risk. Frac Monograph No. 2, second (revised) edition. Fungicide Resistance Action Committee, United Kingdom.
- Brzozowska, K. (2014): BAS 750 F – *Daphnia magna*, acute immobilization test. Institute of Industrial Organic Chemistry, Psczyna, Poland (unpublished).
- Budakov, D., Nagl, N., Stojšin, V., Bagi, F., Danojević, D., Neher, T. O., Taški-Ajduković, K. (2014): Sensitivity of *Cercospora beticola* isolates from Serbia to carbendazim and flutriafol *Crop Protection* Dec 2014, Volume 66, 120-126.

- Burden, R. S., Cooke, D. T., Carter, G. A. (1989): Inhibition of sterol biosynthesis and growth in plants and fungi. *Phytochemistry*, 28: 1791-1804.
- Carson, R. (1962): *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin.
- Cui, F., Chai, T., Di, S., Qi, P., Wang, X. (2022): Toxicity of mefentrifluconazole enantiomers on multiple stages of zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10, 107653.
- Douglas, L., M., Konopka, J., B. (2014): Fungal membrane organization: the eisosome concept. *Annu Rev Microbiol* 68:377–393. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091313-103507>
- Dèlye, C., Bousset, L., Corio-Costet, M. F. (1998): PCR cloning and detection of point mutations in the eburicol 14 α -demethylase (*CYP51*) gene from *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*, a “recalcitrant” fungus. *Curr.Genet.* 34: 399-403.
- Dinehart, S. (2016): Chronic toxicity of BAS 750 F to *Daphnia magna* in a semi-static test. BASF SE, Limburgerhof, Germany (unpublished).
- EFSA (European Food Safety Authority): Anastassiadou M, Bernasconi G, Brancato A, Carrasco Cabrera L, Greco L, Jarrah S, Kazocina A, Leuschner R, Magrans JO, Miron I, Nave S, Pedersen R, Reich H, Rojas A, Sacchi A, Santos M, Stanek A, Theobald A, Vagenende B and Verani A, 2020. Reasoned Opinion on the review of the existing maximum residue levels for amisulbrom according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA Journal* 2020; 18(7):6170, 28 pp.
- EFSA (European Food Safety Authority): Arena M, Auteri D, Barmaz S, Brancato A, Brocca D, Bura L, Carrasco Cabrera L, Chiusolo A, Civitella C, Court Marques D, Crivellente F, Ctverackova L, De Lentdecker C, Egsmose M, Erdos Z, Fait G, Ferreira L, Goumenou M, Greco L, Ippolito A, Istace F, Jarrah S, Kardassi D, Leuschner R, Lythgo C, Magrans JO, Medina P, Mineo D, Miron I, Molnar T, Padovani L, Parra Morte JM, Pedersen R, Reich H, Riemenschneider C, Sacchi A, Santos M, Serafimova R, Sharp R, Stanek A, Streissl F, Sturma J, Szentes C, Tarazona J, Terron A, Theobald A, Vagenende B, Van Dijk J and Villamar-Bouza L, 2018. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance BAS 750 F (mefentrifluconazole). *EFSA Journal* 2018; 16(7):5379, 25 pp.
- European Commission (2017): BAS 750F (Mefentrifluconazole) Volume 1. Draft Assessment Report prepared to the Commission Regulation (EU) N° 1107/2009. Rapporteur Member State: United Kingdom Co-Rapporteur Member State: France & Austria.
- European Commission (2022): Mefentrifluconazole, status under Reg. (EC) No 1107/2009 – Pesticide Database. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=as.details&as_id=1332 (pristupljeno 12.09.2022)
- European Commission (2023): Pesticide Database – Active substance: Mefentrifluconazole. (pristupljeno mart 2023)
- Everds, N.E., Snyder, P.W., Bailey, K.L., Bolon, B., Creasy, D.M., Foley, G.L., Rosol, T.J., Sellers, T. (2013): Interpreting stress responses during routine toxicity studies: a review of the biology, impact, and assessment. *Toxicologic Pathology*, 41: 560-614
- Everds, N.E., Snyder, P.W., Bailey, K.L., Bolon, B., Creasy, D.M., Foley, G.L., Rosol, T.J., Sellers, T. (2013): Interpreting stress responses during routine toxicity studies: a review of the biology, impact, and assessment. *Toxicologic Pathology*, 41: 560-614

- Franke, M. (2015a): Acute toxicity of BAS 750 F to the honeybee *Apis mellifera* L under laboratory conditions. BioChem agrar Labor fuer biologische und chemische Analytic GmbH, Gerichshain, Germany (unpublished).
- Franke, M. (2015b): Acute toxicity of BAS 750 F to the honeybee larvae *Apis mellifera* L under laboratory conditions (*in vitro*). BioChem agrar Labor fuer biologische und chemische Analytic GmbH, Gerichshain, Germany (unpublished).
- Friedrich, S. (2013a): Sublethal toxicity of BAS 750 F to the earthworm *Eisenia fetida* in artificial soil. BioChem agrar Labor fuer biologische und chemische Analytic GmbH, Gerichshain, Germany (unpublished).
- Friedrich, S. (2013b): Effects of BAS 750 F on the reproduction of the collembolan *Falsomia candida*. BioChem agrar Labor fuer biologische und chemische Analytic GmbH, Gerichshain, Germany (unpublished).
- Hollister, A. S., Breese, G. R., Cooper, B. R. (1974): Comparison of tyrosine hydroxylase and dopamine-&hydroxylase inhibition with the effects of various 6-hydroxydopamine treatments on d-amphetamine induced motor activity. Psychopharmacologia, 36, 1-16.
- BASF. Revysol® - Designed to Outperform. <https://agriculture.basf.com/global/en/innovations-for-agriculture/innovationfor-fungicides/revisol.html> (pristupljeno februar 2022)
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC): FRAC Code List 2022. https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2 (pristupljeno februar 2022).
- Ishii, H., Bryson, P. K., Kayamori, M., Miyamoto, T., Yamaoka, Y., Schnabel, G. (2021): Cross-resistance to the new fungicide mefentrifluconazole in DMI-resistant fungal pathogens. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 171, 104737.
- Ishii, H., Hollomon, D. W. (2015): Fungicide Resistance in Plant Pathogens. Kibi International University Minami-Awaji, Hyogo, Japan.
- Janson, G. M. (2015): Chronic toxicity of BAS 750 F to *Daphnia pulex* in a semi-static test. BASF SE, Limburgerhof, Germany (unpublished).
- Janjić, V. (2005): FITOFARMACIJA. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.
- Kleebaum, K. (2015a): Chronic toxicity of BAS 750 F to the honeybee *Apis mellifera* L under laboratory conditions. BioChem agrar Labor fuer biologische und chemische Analytic GmbH, Gerichshain, Germany (unpublished).
- Köller, W., Wilcox, W. F., Barnard, J., Jones, A. L., Braun, P. G. (1997): Detection and quantification of resistance of *Venturia inaequalis* populations to sterol demethylation inhibitors. *Phytopathology*, 87: 184-190.
- Li, Y., Liang, H., Ren, B., Zhao, T., Chen, H., Zhao, Y., Liang, H. (2022): Enantioselective toxic effects of mefentrifluconazole in the liver of adult zebrafish (*Danio rerio*) based on transcription level and metabolomic profile. *Toxicology*, 467, 153095.
- Marquardt, J. (2015): BAS 750 F: A test to determine the effects on non-target plants. Rheinland Pfalz AgroScience GmbH, Neustadt/Weinstrasse, Germany (unpublished).
- Sang, H., Lee, H. B. (2020): Molecular mechanisms of succinate dehydrogenase inhibitor resistance in phytopathogenic fungi. *Research in Plant Disease*, 26(1), 1-7.
- Santana, M. B., Rodrigues, K. J. A., Durán, R., Alfonso, M., Vidal, L., Campos, F., Faro, L. R. F. (2009): Evaluation of the effects and mechanisms of action of flutriafol, a

- triazole fungicide, on striatal dopamine release by using in vivo microdialysis in freely moving rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(5), 1565-1571.
- Scheinpflug, H. (1994): History of DMI fungicides and monitoring for resistance, In: *Fungicide Resistance in North America*, Delp, C., J. (Ed.) APS Press, The American Phytopathologica Society, St Paul, Minnesota.
- Schulz, L. (2014): Effects of BAS 750 F on the reproduction of the predatory mite *Hypoaspis aculeifer*. BioChem agrar Labor fuer biologische und chemische Analytic GmbH, Gerichshain, Germany (unpublished).
- Stević, M., Vukša, P., Elezovic, I. (2010): Resistance of *Venturia inaequalis* to demethylation inhibiting (DMI) fungicides. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97:65-72.
- Tago, D., Andersson, H., Treich, N. (2014): Pesticides and health: a review of evidence on health effects, valuation of risks, and benefit-cost analysis. *Preference measurement in health*.
- Tesh, S.A., Tesh, J.M., Fegert, I., Buesen, R., Schneider, S., Mentzel, T., Ravenzwaay, B., Stinchcombe, S. (2019): Innovative selection approach for a new antifungal agent mefentrifluconazole (Revysol®) and the impact upon its toxicity profile. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 106, 152-168.
- Trkulja, N., Milosavljević, A., Stanisavljević, R., Mitrović, M., Jović, J. Toševski, I., Bošković, J. (2015): Occurrence of *Cercospora beticola* populations resistant to benzimidazoles and demethylation-inhibiting fungicides in Serbia and their impact on disease management. *Crop Protection* 75, 80-87.
- US EPA (2019): Mefentriflukonazole. United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., USA.
- US EPA (2019a): Mefentriflukonazole – Section 3; Environmental Fate and Ecological Risk Assessment. United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., USA.
- VanHooser, A. (2014): BAS 750 F. Acute toxicity test with the saltwater mysid, *Americamysis bahia*, determined under flow-through test conditions. ABC Laboratories Inc., Columbia MO, USA (unpublished).
- Walker, Q. D., Lewis, M. H., Crofton, K. M., Mailman, R. B. (1990): Triadimefon, a triazole fungicide, induces stereotyped behavior and alters monoamine metabolism in rats. *Toxicology and applied pharmacology*, 102(3), 474-485.
- Walker, C.H. (2009): *Organic pollutants: An ecotoxicological perspective*. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Wang, S., Wang, X., He, Q., Lin, H., Chang, H., Liu, Y., Sun, H., Song, X (2023): Analysis of the fungicidal efficacy, environmental fate, and safety of the application of a mefentrifluconazole and pyraclostrobin mixture to control mango anthracnose. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103 (1), 400-410.
- Wohlfahrt-Veje, C., Boisen, K. A., Boas, M., et al. (2009): Acquired cryptorchidism is frequent in infancy and childhood. *Int J Androl* 32, 423-428.
- Xu, S., Shen, F., Song, J., Wang, Y., Yu, S., Zhang, L., Fang, H., Yu, Y. (2022): Enantioselectivity of new chiral triazole fungicide mefentrifluconazole: Bioactivity against phytopathogen, and acute toxicity and bioaccumulation in earthworm (*Eisenia fetida*). *Science of the Total Environment*, 815, 152937.

- Zhang, Y., Wu, X., Li, X., Duan, T., Xu, J., Dong, F., Zheng, Y. (2019): A fast and sensitive ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for determining mefentrifluconazole in plant-and animal-derived foods. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(9), 1348-1357.
- Zhang, B., Pan, X., Yang, Y., Dong, F., Xu, J., Wu, X., Yheng, Y. (2023): Dissipation dynamics and comparative dietary exposure assessment of mefentrifluconazole in rice. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 250, 114482.
- Ziogas, B. N., Malandrakis, A. A. (2015): Sterol Biosynthesis Inhibitors: C14 Demethylation DMIs). In: Ishii H., Hollomon D. (eds.) *Fungicide Resistance in Plant Pathogens*. Springer, Tokyo.

Abstract

MEFENTRIFLUCONAZOLE - THE NOVEL TRIAZOLE FUNGICIDE

Nada Milutinović, Milan Stević, Bojana Špirović Trifunović, Dragica Brkić
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet
Email: nadjaamilutinovic10@gmail.com

Mefentrifluconazole is a new fungicidal active substance from the isopropanol-azoles, a new sub-class of triazoles. It inhibits sterols biosynthesis and is a very selective fungicide. It is a systemic fungicide with protective, curative, and eradivative activity. Its spectrum includes important pathogens of cereals (*Septoria* spp., *Puccinia* spp., *Ramularia collo-cygni*, *Rhynchosporium secalis*). Unlike most triazoles, withdrawn from use in the last 2-3 years, mainly due to reprotoxic and carcinogenic effects, mefentrifluconazole is neither carcinogenic, nor genotoxic or reprotoxic. In addition, it is not acutely toxic, is not irritant to skin or eyes and does not cause specific toxicity to target organs after single or repeated exposure. In contact with the skin, it can cause sensitization, and this is the only toxicological property on the basis of which it is classified and labeled. Acute and chronic dietary exposure of all population groups to this active substance is low, with a large margin of safety. Mefentrifluconazole is not acutely toxic to bees and earthworms. It is very toxic acutely and chronically for aquatic organisms, fish, invertebrates, and algae, while it is toxic for sediment organisms and aquatic macrophytes. The favourable toxicological properties of mefentrifluconazole, and good efficacy in control of important pathogens, recommend this active substance as a good substitute for withdrawn triazoles.

Key words: mefentrifluconazole, triazoles, small grains, toxicity tests, risk

BIODEGRADIBILNI BIOPOLIMERNI MATERIJALI ZA KONTROLISANO OTPUŠTANJE ANTIMIKROBNIH SUPSTANCI

Nemanja Simović

Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Srbija

E-mail: nemanja_si@yahoo.com

Izvod

Poslednjih godina sve više se teži upotrebi biorazgradivih biopolimernih materijala, uglavnom u primeni za aktivno pakovanje voća i povrća, kao i za kontrolisano otpuštanje lekova i biopesticida. Zbog sve veće težnje za proizvodnjom sveže i zdrave hrane, sa produženim rokom trajanja, razvijaju se novi antimikrobni aktivni sistemi na bazi biopolimera koji su ekološki prihvatljivi za živi svet. Upotreba biodegradibilnih biopolimernih materijala za kontrolisano otpuštanje antimikrobnih komponenti i dalje je dosta ograničena na tržištu usled nedostatka zakonskih regulativa. Kada se ovaj problem bude prevazišao, upotreba takve vrste antimikrobne zaštite u cilju smanjenja korišćenja materijala koji su štetni za životnu sredinu, postaće sve više dostupna potrošačima radi sprečavanja prenošenja patogena.

Ključne reči: aktivno pakovanje, biodegradabilni biopolimeri, antimikrobna zaštita.

UVOD

Zbog porasta svetske populacije i promene u načinu života, sve su veći izazovi da se obezbede potrebne količine čiste, sveže i kvalitetne hrane. Istovremeno, potrebno je smanjiti otpad od hrane uzrokovan kratkim rokom trajanja namirnica, a naročito voća i povrća. Do kvarenja voća i povrća dolazi usled oksidacije, kontaminacije mikroorganizmima (razvoja bakterija, gljiva, plesni) i prisutnosti nepoželjnih insektata. Zbog nedostatka svesti o štetnosti, otpad od hrane uglavnom završi na deponijama emitujući štetne gasove. Gubici hrane nisu samo finansijski već su i ekološki problem, jer su odgovorni i za stvaranje oko 10 % emisije svih gasova sa efektom staklene bašte.

Tradicionalni, pasivni materijali za pakovanje poput stakla, plastike i kartona su dizajnirani tako da budu inertni. U poslednje vreme, plastika je na meti kritika pošto predstavlja opasnost po životnu sredinu. Međutim, inovativni materijali imaju dodatnu, aktivnu ulogu u održavanju kvaliteta i produžavanju roka

trajanja voća i povrća, smanjujući otpad od hrane i zadovoljavajući ekološke zahteve. Zato je aktivno pakovanje ciljano napravljeno da sadrži supstance koje reaguju sa atmosferom unutar ambalaže ili sa upakovanim proizvodom u cilju ublažavanja neželjenih procesa. Aktivna pakovanja mogu biti adsorpcionog ili otpuštajućeg karaktera. Adsorberi ili upijajuće podloge služe da adsorbuju neželjenu vlagu, kiseonik, etilen itd. Aktivna pakovanja sa otpuštajućim dejstvom su najčešće na bazi polimernih materijala u kojima su inkorporirani antioksidanti i/ili antimikrobni agensi.

Ovaj rad govori o različitim tipovima aktivnog pakovanja sa akcentom na savremeno pakovanje voća i povrća na bazi biodegradibilnih biopolimernih materijala sa antimikrobnim dejstvom koja su u poslednje vreme dosta privukla pažnju. I dalje je veliki izazov napraviti materijale, koji pokazuju dobra antimikrobna, antioksidativna i mehanička svojstva, od jeftinih, netoksičnih i ekološki prihvatljivih sirovina. Međutim, moderna tehnologija antimikrobnog aktivnog pakovanja na bazi biodegradibilnih biopolimernih materijala može ubuduće da ponudi adekvatno rešenje.

Antimikrobna zaštita

Mikrobno kvarenje je najčešći uzrok kvarenja voća i povrća, a za njegovo sprečavanje može se koristiti nekoliko metoda. Pored tradicionalnih metoda za sprečavanje kvarenja kao što su zamrzavanje, hlađenje, sušenje itd., koriste se i novije tehnike kao što su zračenje, impulsno električno polje, obrada pod visokim pritiskom, modifikovanje atmosfere i dodavanje mikrobioloških komponenti. Antimikrobna zaštita je vrsta aktivnog pakovanja koja smanjuje ili usporava rast mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje hrane i pojavu bolesti koje se prenose hranom. Ova nova tehnologija očuvanja voća i povrća zasniva se na sprečavanju rasta mikroba čime se utiče na bezbednost i produženje roka trajanja hrane. Plastika se masivno koristi kao materijal za pakovanje zbog dobrih mehaničkih svojstva i niske cene, međutim ovi materijali nisu biorazgradivi. Zbog toga biorazgradiva ambalaža može biti dobra alternativa. Poslednjih godina raste broj istraživanja o antimikrobnim aktivnim sistemima na bazi biorazgradivih materijala kao što su proteini, polisaharidi i lipidi. Mnoge antimikrobne komponente kao što su eterična ulja, enzimi i bakteriocini se efikasno ugrađuju u biorazgradive filmove. Njihovo ugrađivanje u polimernu matricu omogućava inhibiciju rasta nepoželjnih mikroorganizama na voću i povrću sa ciljem održavanja kvaliteta i bezbednosti hrane, a samim tim se produžava rok trajanja proizvoda. Antimikrobne supstance imaju inhibitorsku aktivnost protiv određenih mikroorganizama zato je važno odabrati odgovarajući antimikrobnu aktivnu komponentu koja će biti ugrađena u polimernu matricu. Biorazgradiva antimikrobna zaštita može biti napravljena

od prirodnih polimera koji takođe poseduju antimikrobno dejstvo ili ugradnjom antimikrobnih komponenti u biopolimer. Koriste se razne vrste antimikrobnih komponenti kao što su eterična ulja (npr. ulje cimeta, origana, limun trave), biljni ekstrati (ekstrat limuna), bakteriocini (npr. nizin), enzimi (lizozim), hitozan, organske kiseline (laurinska kiselina), nanomaterijali (npr. nanočestice srebra), soli metala (cink-acetat), oksidi metala (ZnO , TiO_2), helatni agensi npr. etilen diamin tetra-sirćetna kiselina (EDTA) i mnoge druge supstance sa antimikrobnim i antioksidativnim svojstvima (Corrales i sar., 2014). Antimikrobne komponente mogu biti ugrađene u samom pakovanju, ili u atmosferi pakovanja (Han, 2005). Prema načinu delovanja antimikrobne komponente, antimikrobna zaštita se može klasifikovati u tri pravca: oslobađanje, apsorpcija i imobilizacija (Cho i sar., 2010). Kod prvog tipa, antimikrobno dejstvo se postiže oslobađanjem antimikrobne supstance iz materijala za pakovanje i deluje direktno na hranu. Antimikrobna supstanca se otpušta u upakovanu hranu, bilo na kontrolisan ili nekontrolisan način, kako bi se sprečio rast nepoželjnih bakterija. U slučaju kontrolisanog oslobađanja, antimikrobno jedinjenje ugrađeno u aktivno pakovanje se oslobađa na hranu na kontrolisan način kako bi se inhibirao rast mikroba (La Coste i sar., 2005). Drugi tip se odnosi na materijale za pakovanje koji apsorpcijom eliminišu kiseonik i vlagu. I kiseonik i vlaga omogućavaju rast mikroorganizama, kao što su bakterije, plesni i gljivice. Iako apsorberi kiseonika možda nisu namenjeni da budu antimikrobni agensi, oni indirektno inhibiraju rast mikroba. Apсорber vlage smanjuju aktivnost vode i na taj način sprečavaju rast bakterija, gljivica i plesni. Razvijeni su aktivni sistemi zasnovani na imobilizaciji antimikrobnih supstanci u ili na polimernu matricu. Ova vrsta pakovanja ne oslobađa antimikrobne supstance već potiskuje rast mikroorganizama na kontaktnoj površini između materijala za pakovanje i namirnica (Jan, 2003). Prilikom dizajniranja antimikrobnih sistema treba uzeti u obzir izbor antimikrobnog agensa na osnovu njegovog opsega aktivnosti, načina delovanja i brzine rasta ciljanih mikroba. Nekad, ugrađnja antimikrobne komponente u polimer može uticati na promene svojstva polimera pa je potrebno uzeti u obzir i izbor odgovarajućeg polimera.

Biorazgradivi materijali

Uopšteno, materijali za pakovanje mogu se podeliti u dve grupe: biorazgradivi i nebiorazgradivi. Najpoznatiji materijal za pakovanje je plastika. Ovi sintetički polimeri se široko koriste kao materijali za čuvanje hrane zbog svojih odličnih mehaničkih svojstava, brze proizvodnje, niske propustljivosti i niske cene, ali mnogi od ovih sintetičkih polimera obično su nebiorazgradivi, što dovodi do sve veće zagađenosti životne sredine. U najčešće korišćenu plastiku spadaju polietilen tereftalat, polietilen visoke i niske gustine, polipropilen, polistiren i polivinil hlorid. Uz rastuću potrebu za ekološki prihvatljivim materijalima,

razvoj u oblast biorazgradivih polimera pokazao je veliki potencijal. Biorazgradivi materijali za pakovanje su prirodna alternativa plastici. Plastika može stvoriti mirko- i nano-plastiku koja može imati šetan uticaj na zdravlje živog sveta. Stoga se sve više teži upotrebi biorazgradive plastike, uglavnom u primeni za aktivno pakovanje hrane, kontrolisano otpuštanje lekova i biopesticida, itd. Biopolimeri ili biorazgradiva plastika su polimerni materijali koji se uglavnom dobijaju iz obnovljivih bioloških resursa. Kada su izloženi vlazi u zemljištu, mikroorganizmima i kiseoniku, ovi polimeri mogu biti razgrađeni do ugljen-dioksida, azota, vode i drugih minerala. Biorazgradivi polimerni materijali se, takođe, mogu dobiti iz naftnih resursa. Takav je slučaj dobijanja polikaprolaktona (PCL) (Ibarra i sar., 2016). Štaviše, da bi se produžilo dejstvo antimikrobnih supstanci, razvijeni su antimikrobni sistemi sa raznim biorazgradivim polimernim matricama, uključujući škrob, soju, protein, hitozan, zein, polivinil alkohol (PVA), želatin, celulozni acetat i polimlečnu kiselinu (PLA). Međutim, materijali napravljeni od prirodnih polimera imaju nisku termičku stabilnost i relativno loša mehanička i barijerna svojstva (Tabela 1). Da bi se poboljšala njihova funkcionalna svojstva, uobičajeno je modifikovati biopolimere kombinovanjem sa drugim biorazgradivim materijalima ili polimerima na bazi nafte za dobijanje željenih karakteristika. Glavne prednosti i nedostaci nekih biorazgradivih materijala koji se koriste u antimikrobnim sistemima zaštite od mikroorganizama navedeni su u tabeli 1. Biopolimeri se mogu klasifikovati prema njihovom izvoru (Ibarra i sar., 2016) na:

1. Prirodne biopolimere

Ovi biopolimeri se ekstrahuju iz prirodnih sirovina. Prvi tip biopolimera uključuje polisaharide (škrob, celuloza, alginat, pektin, hitozan), proteine (pšenični gluten, sojini proteini, kolagen i želatin) i lipide (voskovi, gliceridi).

2. Sintetičke biorazgradive polimere

Polimeri proizvedeni hemijskom sintezom iz monomera biomase, kao što je na primer PLA. Drugi se mogu dobiti iz naftnih resursa. Primeri biorazgradivih polimera na bazi nafte uključuju PCL i PVA.

3. Polimere proizvedene od mikroorganizama

Polimeri proizvedeni direktno od prirodnih ili genetski modifikovanih mikroorganizama, kao što su polihidroksialkanoati (PHA) i poli(b-hidroksibutirat) (PHB).

Tabela 1. Biodegradabilni materijali, njihove prednosti i nedostaci (Ibarra, 2016).

Materijal	Prednosti	Nedostaci
Prirodni biopolimeri		
<i>Biopolimeri na bazi polisaharida</i>		
Hitozan	Antibakterijsko dejstvo, netoksičan, biokompatibilan	Loša mehanička svojstva, gasna propustljivost, slaba otpornost na vodu
Celuloza	Termostabilna	Filmovi na bazi celuloze su hidroskopni
<i>Biopolimeri na bazi proteina</i>		
Želatin	Apsorpcija svetlosti, transparentnost, dobra barijera gasova, antimikrobna i antioksidativna svojstva	Loša mehanička svojstva
<i>Biopolimeri na bazi lipida</i>		
Gliceridi, voskovi	Dobra barijera za vlagu	Nehomogenost
Sintetički biorazgradivi polimeri		
PLA	Niska toksičnost, dobra termička obradivost; dobra optička, fizička, mehanička i barijerna svojstva	Krt materijal, spora stopa degradacije, niska termička stabilnost, srednja svojstva gasne barijere, slaba otpornost na rastvarač
PCL	Dobra stabilnost, fleksibilnost, dobra mehanička svojstva	Visoka cena
PVA	Odlično formiranje filma, emulgatorska i adhezivna svojstva, dobra zatezna čvrstoća, dobra barijerna svojstva kiseonika i mirisa, visoka toplotna stabilnost	Filmovi od PVA su krti, ali plastifikatori mogu eliminisati njegovu krtost

Postoji dosta napretka u razvoju pakovanja koja inhibiraju rast bakterija i gljivica. Osim što mnoga istraživanja pokazuju obećavajuće rezultate, danas se na tržištu već koristi antimikrobna aktivna pakovanja. Na primer, kompanija Prexellent (Finska) proizvodi antimikrobnu plastiku. Sa razvojem tehnologije i na

našem tržištu postoji nekoliko dobrih rešenja za aktivno pakovanje voća i povrća. Nedavno je u okviru projekta NanoPack razvijen antimikrobni film na bazi sa halojzitivnih nanocevčica i eteričnih ulja kao što je origano. Ovaj film omogućava produženje roka trajanja trešanja i održava standarde kvaliteta i bezbednosti hrane. Osim toga, B-Fresh kompanija proizvodi sprej koji zbog svog antimikrobnog i antioksidantnog dejstva ne samo da inhibira mikroorganizme već je i biorazgradiv jer je zasnovan na biopolimernoj emulziji. Sve komponente (hitozan, želatin, eterično ulje limun trave...) su bezbedne za ljude i životnu sredinu. Emulzija se lako može raspršiti na bilo koji materijal za pakovanje, kao što su papir, karton, plastika, drvo itd. Tako se formira vodootporni premaz koji sprečava brzo kvarenje i truljenje svežeg voća i povrća.

U prošlosti, najčešće korišćeni antimikrobni agensi za pakovanje hrane bili su sintetički materijali, kao što je EDTA, i metali ili oksidi metala, kao što su Ag, Cu, TiO₂ i ZnO (Corrales i sar., 2014). Prema novim istraživanjima, nanočestice metala i oksida metala su se pokazale da imaju dobra antimikrobna i antivirusna svojstva i njihovo dodavanje u različite polimere u vidu nanokompozita mogu učiniti ambalažu jačom i manje propusnom za štetne uticaje (Nikolić i sar., 2021). Nanočestice metala i oksida metala zbog jedinstvenih svojstava i morfologija imaju veliki potencijal u nanokompozitnoj ambalaži za primenu u UV-zaštiti i za uklanjanje vlage i etilena. Sve to obezbeđuju svežinu i produženje roka trajanja hrane čuvanjem voća i povrća od štetnih bakterija, gljivica i virusa tokom dužeg vremena skladištenja. Međutim, potencijalna citotoksičnost nanočestica je često glavna prepreka za njihovu primenu. Zato su eterična ulja zbog svog dobrog antimikrobnog dejstva odavno prepoznata kao efikasne aktivne komponente u materijalima za pakovanje (Jovanović i sar., 2020, 2021). Upotreba eteričnih ulja je ograničena njihovom isparljivošću, malom rastvorljivošću u vodi, a takođe su podložna oksidaciji (Jovanović i sar., 2021). Ovi nedostaci mogu se prevazići njihovom inkapsulacijom u polimernu matricu, koja deluje kao aktivni film, izolujući unutrašnje jezgro (aktivnu komponentu). Najvažnija prednost inkapsulacije aktivnih komponenti u biopolimernu matricu je to što dovodi do postepenog otpuštanja aktivne komponente, a samim tim se produžava njeno antimikrobno dejstvo. Važan je i izbor polimernog materijala koji ima ulogu u inkapsulaciji u zavisnosti od ciljane primene. U tu svrhu biopolimeri kao što su hitozan, pektin i želatin našli su svoju primenu zbog svojih dobrih hemijskih i fizičkih svojstava, kao i netoksičnosti i bezbednosti za ljudsko zdravlje i životnu sredinu (Jovanović i sar., 2021). Zato, dosadašnji rezultati u nauci i industriji ukazuju na to da su prirodni materijali, kao što su hitozan, lizozim, limunska kiselina, etarska ulja origana, lumunove trave, itd., efikasni i bezbedni (Jovanović i sar., 2020, 2021). Neki primeri biopolimernih materijala sa antimikrobnim aktivnim komponentama koje se koriste za suzbijanje mikroorganizama nalaze se u tabeli 2.

Tabela 2. Primena biopolimera u aktivnim antimikrobnim sistemima (Jovanović i sar., 2021, Ahmad i sar., 2012).

Biopolimerna matrica	Antimikrobni agens	Mikroorganizmi
Hitozan-želatin	Limun trava, ZnO, Zn-ecetat	<i>E. coli</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>S. aureus</i> .
Pektin-želatin	Limun trava ZnO, Zn-ecetat	<i>E. coli</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>S. aureus</i> .
Želatin	Bergamot, limun trava, esencijalna ulja	<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. typhimurium</i>

ZAKLJUČAK

Biodegradibilni polimeri sa odgovarajućim antimikrobnim komponentama su obećavajući sistemi za poboljšanje kvaliteta voća i povrća. Do sada su testirana samo neka prirodna i sintetička jedinjenja sa antimikrobnom aktivnošću, uključujući eterična ulja, enzime, bakteriocine, nanokompozitne materijale, itd. Određeni polimeri kao što je hitozan sam po sebi ima antimikrobno dejstvo i ne zahteva ugradnju dodatnog antimikrobnog agensa. Različiti biorazgradivi polimeri (npr. na bazi proteina i polisaharida) u kombinaciji sa različitim antimikrobnim agensima dobili su značajnu pažnju u oblasti zaštite voća, povrća, itd. Filmovi na bazi skroba i hitozana (sami ili u kombinaciji sa drugim matricama) najviše su ispitivani. Pored toga, poli(mlečna kiselina) sa ugrađenim prirodnim antimikrobnim komponentama je takođe dosta istraživana poslednjih godina. Međutim, primena i razvoj biorazgradivih antimikrobnih sistema ograničena je zbog cene i nekih svojstva koja nisu tako prikladna kao kod polimera dobijenih od nafte. Osim toga, materijali koji su u kontaktu sa voćem i povrćem moraju biti regulisani prema uredbama kojima je definisano uvođenje ovih sistema na evropsko tržište uz listu supstanci koje se smeju koristiti u proizvodnji ovih materijala. Supstance koje su ovde uključene treba prvo da proceni Evropska agencija za bezbednost. Osim toga, supstance koje se oslobađaju iz ovakvih materijala treba da budu u skladu sa svim ograničenjima prema postojećem zakonu o hrani (npr. kao ovlašćeni aditivi za hranu) čime se ispunjava zahtev o bezbednosti materijala. Antimikrobna zaštita može biti efikasan način očuvanja voća i povrća pružajući prednosti u pogledu kvaliteta i bezbednosti hrane. Neophodne su i dalje studije za poboljšanje svojstava aktivnih biopolimera. Komercijalizacija aktivnog pakovanja u Evropi je daleko iza tržišta u Japanu, SAD i Australiji. Međutim, globalno širenje pandemije izazvane SARS-CoV-2 kao i sve veća rezistentnost bakterija ima za posledicu pojačan razvoj antimikrobnih aktivnih sistema koji imaju za cilj da spreče prenošenje mikroorganizama radi zaštite potrošača.

LITERATURA

- Ahmad, M., Benjakul, S., Prodpran, T., Agustini, T.W. (2012): Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils, *Food Hydrocolloids*, 28, 189–199.
- Corrales, M., Fernandez, A., Han, J.H. (2014): Chapter 7 – Antimicrobial Packaging Systems, *Innovations in Food Packaging (Second Edition)*, Elsevier, 133–170.
- Cho, S.Y., Lee, D.S., Han, J.H. (2010): Antimicrobial packaging. In: Yam, K.L. (Ed.), *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*, third ed. John Wiley & Sons, USA, 50–59.
- Han, J.H. (2005): Antimicrobial packaging systems, *Innovations in Food Packaging*, Elsevier, USA, 80–107.
- Ibarra, V.G., Sendón, R., Rodríguez-Bernaldo de Quirós, A. (2016): Chapter 29 - Antimicrobial Food Packaging Based on Biodegradable Materials, *Antimicrobial Food Packaging*, Elsevier, USA, 363-384
- Jan, J.H. (2003): Antimicrobial food packaging. In: Ahvenainen, R. (Ed.), *Novel Food Packaging Techniques*. Elsevier, England, 50–70.
- Jovanović, J., Ćirković, J., Radojković, A., Mutavdžić, D., Tanasijević, G., Joksimović, K., Bakić, G., Branković, G., Branković, Z. (2021): Chitosan and pectin-based films and coatings with active components for application in antimicrobial food packaging, *Progress in Organic Coatings*, 158, 106349.
- Jovanović, J., Krnjajić, S., Ćirković, J., Radojković, A., Popović, T., Branković, G., Branković, Z. (2020): Effect of encapsulated lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against potato tuber moth *Phthorimaea operculella*, *Crop Protection*, 132, 105109.
- La Coste, A., Schaich, K.M., Zumbrennen, D., Yam, K.L. (2005): Advancing controlled release packaging through smart blending, *Packaging Technology and Science*, 1877–1887.
- Nikolić, M. V, Vasiljević, Z. Z., Auger, S., Vidić, J. (2021): Metal oxide nanoparticles for safe active and intelligent food packaging, *Trends in Food Science & Technology*, 116, 655–668.

Abstract

BIODEGRADABLE BIOPOLYMERS WITH CONTROLLED RELEASE OF ANTIMICROBIAL AGENTS

Nemanja Simović

Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Srbija

E-mail: nemanja_si@yahoo.com

In recent years, biodegradable biopolymer materials have been increasingly used, especially for active technology for fruits and vegetables, and for controlled release of drugs and biopesticides. Due to the growing interest to produce fresh and healthy food with an extended shelf life, environmentally safe antimicrobial active systems based on biopolymers are being developed. The use of biodegradable biopolymers for the controlled release of antimicrobial components is still quite limited on the market due to the lack of legal regulations. Once this problem is overcome, the use of this type of antimicrobial protection to reduce the use of environmentally harmful materials will become more accessible to consumers to prevent the transmission of pathogens.

Key words: active packaging, biodegradable biopolymers, antimicrobial protection.

NAUČNI I STRUČNI SKUPOVI

IZVEŠTAJ O REALIZACIJI XVII SAVETOVANJA O ZAŠTITI BILJA

Zlatibor, 28. novembar - 1. decembar 2022. godine

Društvo za zaštitu bilja Srbije organizovalo je **XVII savetovanje o zaštiti bilja** u Hotelu „Palisad“ i Kongresnom centru Srbija na Zlatiboru u periodu od 28. novembra do 1. decembra 2022. godine. Rad Savetovanja održan je u vidu usmenih prezentacija u sali „Tara“, i poster sekcije u poster sali hotela Palisad, prema predviđenim tematskim celinama/sekcijama. Prezentacije pomažućih članova Društva održane su u Kongresnom centru Srbija.

Skupovi u organizaciji Društva za zaštitu bilja Srbije predstavljaju naša najmasovnija okupljanja kada je zaštita bilja u pitanju. Ovi skupovi su prilika da se razmene naučne i stručne informacije o problemima u zaštiti bilja. Takođe su mesta na kojima se vrši promocija i afirmacija mladih istraživača i stručnjaka i njihovo međusobno povezivanje. Cilj i ovog savetovanja bio je da se naučnoj i stručnoj javnosti, prikažu i razmene stručne i naučne informacije o aktuelnim dešavanjima iz oblasti zaštite bilja, poljoprivrede i šumarstva.

Skup je realizovan uz finansijsku podršku sledećih pomažućih članova Društva: NUFARM, Linc, GALENIKA-FITOFARMACIJA, Beograd, AGRO-MARKET, Kragujevac, CHEMICAL AGROSAVA, Beograd (pomažući članovi I kategorije), BASF SRBIJA, Beograd, BAYER SRBIJA, Beograd, CORTEVA AGRISCIENCE, Beograd, AGROUNIK, Beograd (pomažući članovi II kategorije), SAVACOOOP, Novi Sad, EKOSAN, Beograd, ADAMA, Beograd, SYNGENTA AGRO, Beograd i DELTA AGRAR, Beograd (pomažući članovi III kategorije). Ukupno je registrovano 396 učesnika iz Srbije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Severne Makedonije, Hrvatske i Slovenije. Od ukupnog broja registrovanih učesnika 101 učesnik je imao status studenta od čega 79 sa osnovnih i master studija i 22 sa doktorskih. Svim registrovanim učesnicima izdate su potvrde o učešću na skupu. Ovoliki broj registrovanih učesnika raduje i deluje da dolazi do normalizacije stanja na nivo pre pojave virusa COVID-19. Naravno tu su i drugi izazovi poput geopolitičke situacije i ekonomske nestabilnosti ali i pored toga Društvo za zaštitu bilja je uspelo da uspešno organizuje još jedno savetovanje.

Pored plenarnih referata, rad Savetovanja odvijao se putem usmenih izlaganja i prezentacijom postera, u okviru četiri tematske celine/sekcije: **1) Zaštita poljoprivrednih i šumskih biljaka od patogena, 2) Zaštita poljoprivrednih i šumskih biljaka od korova, 3) Zaštita poljoprivrednih i šumskih biljaka od**

štetočina i 4) Izazovi primene pesticida. Od 75 prihvaćenih radova, saopštena su ili prikazana njih 74, od čega dva referata po pozivu, šest uvodnih predavanja po sekcijama, 15 usmenih saopštenja i 51 poster (jedan poster nije prezentovan). Pored toga održane su i prezentacije dva projekta i tri publikacije, aktivnosti Uprave za zaštitu bilja i promocija proizvodnih programa pomažućih članova Društva.

OTVARANJE SAVETOVANJA

Predsedavajući: dr Goran Aleksić, dr Nenad Trkulja, dr Željko Milovac

Rad Savetovanja počeo je obraćanjem dr Gorana Aleksića, predsednika Društva za zaštitu bilja Srbije, dr Nenada Trkulje, predsednika Organizacionog odbora i dr Željka Milovca, predsednika Stručnog odbora. U ime bivših predsednika Društva učesnike Savetovanja je pozdravila prof. dr Radoslava Spasić, napomenuvši koliko je važan kontinuitet u održavanju ovakvih skupova i da su za budućnost Društva odgovorni svi njegovi članovi.

Učesnike skupa zatim su pozdravili gosti: prof. dr Nedžad Karić, predsednik Društva za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini, prof. dr Dušan Živković, dekan Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu, prof. dr Stanislav Trdan, ispred Društva za zaštitu bilja u Sloveniji, Vladimir Đaković, direktor Uprave za bezbednost hrane veterinu i fitosanitarne poslove Crne Gore, kao i Vojislav Janić, direktor hotela Palisad. Zatim je predsednik Društva dodelio je nagrade najboljim studentima četvrte godine studija Odseka za fitomedicinu Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Departmana za fitomedicinu i zaštitu životne sredine Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu. Savetovanje je zvanično otvorio direktor Uprave za zaštitu bilja Nebojša Milosavljević.

Uvodna sekcija PREDAVANJA PO POZIVU

Predsedavajući: prof. dr Aleksa Obradović, dr Nevena Zlatković

Uvodna sekcija Savetovanja otvorena je predavanjem po pozivu „PERSPEKTIVE HEMIJSKOG SUZBIJANJA KOROVA, KADA I KAKO DO NOVIH MEHANIZAMA DELOVANJA“ koje je održala dr Ljiljana Radivojević. U veoma sadržajnom predavanju ukazano je na trenutno stanje kada je u pitanju suzbijanje korova i ukazano je na mogućnosti koje treba primeniti u budućnosti. Autor je izneo i načine za sprečavanje, ili barem ublaženje, širenja pojave rezistentnih korova kao i za rešavanje drugih problema u vezi sa korovima u poljoprivrednoj proizvodnji. U izlaganju je napomenuto i da se protiv korova mora boriti svim sredstvima a ne oslanjati se isključivo na hemijske mere suzbijanja.

Drugo predavanje po pozivu “EFEKTI FUMIGANTA FOSFORVODONIKA IZ ALUMINIJUM-FOSFIDA NA SKLADIŠNE INSEKTE U SILOSIMA

SA PŠENICOM I KUKURUZOM” održao je dr Petar Kljajić. U svom izlaganju istakao je da fumigacija silosa sa pšenicom i kukuruzom fosforvodonikom (fosfinom), iz aluminijum- ili magnezijum-fosfida predstavlja široko korišćen način suzbijanja štetnih insekata u skladištima u svetu, ali da način izvođenja postupka ima veliki uticaj na efikasnost metode. Grupa istraživača sprovela je oglede sa fumigacijom na nekoliko lokaliteta i u okviru različitih tretmana, sa dobrim krajnjim rezultatima. Autor je naglasio koliko je važna higijena takvih prostora i sprečavanje kontakta zaražene sa nezaraženom robom, redovno čišćenje i održavanje objekata. Uvodna sekcija je završena na vreme plodnom diskusijom u kojoj je dr Petar Kljajić detaljno izneo svoja iskustva i pojasnio da su za uspešnu fumigaciju ključni dobra saradnja, odnosno partnerski odnos između stručnih lica koja izvode tretmane i skladištara, kao i čistoća silosa. Potrebno je pratiti opšte stanje i brojnost insekata u silosima. Na osnovu tih parametara, skladištar treba da izvrši procenu da li je neophodno izvođenje fumigacije. Postavilo se i pitanje davanja garancije od šest meseci što je autor detaljno obrazložio.

Tematska celina/sekcija

ZAŠTITA POLJOPRIVREDNIH I ŠUMSKIH BILJAKA OD PATOGENA

Predsedavajući prvog dela: prof. dr Aleksa Obradović, dr Nevena Zlatković

Predsedavajući drugog dela: dr Brankica Tanović, prof. dr Aleksandra Bulajić

U okviru date tematske celine predstavljena su dva uvodna predavanja, četiri usmena izlaganja i 25 postera (jedan poster nije prezentovan). Sekciji je prisustvovalo oko 80 učesnika Savetovanja. U okviru prvog uvodnog predavanja Dušan Jovanović, doktorand sa Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu predstavio je rad „*SEIRIDIUM CARDINALE* - NOVI INVAZIVNI PATOGEN NA UKRASNIM BILJKAMA U SRBIJI“. Prikazani su rezultati iz oblasti šumarske fitopatologije, o pojavi invazivnog patogena na biljkama čempresa na teritoriji Srbije. Doktorand Nina Vučković sa Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu, predstavila je rad na temu „VRSTE RODOVA *BOTRYOSPHERIA*, *DIPLODIA*, *NEOFUSICOCCUM* I *DIAPORTHE* PROUZROKUJU TRULEŽ PLODOVA JABUČASTOG VOĆA U SRBIJI“. Tema izlaganja bilo je istraživanje o uzročnicima pojave truleži plodova jabučastog voća u Srbiji tokom perioda skladištenja. Vrste iz familije Botryosphaeriaceae i roda *Diaporthe* izolovane su iz plodova jabuke sa simptomima smeđe truleži, dok su kao novi patogeni plodova jabuke u Srbiji identifikovane vrste *D. bulgarica*, *D. sapinea*, *N. yunnanense* i *D. eres*, a dunje i mušmule *D. sapinea*. Tokom ovog istraživanja *D. rudis* je prvi put opisana kao patogen plodova jabuke u svetu.

U drugom delu sekcije zbog odsustva dr Ivana Milenkovića drugi predavaajući, uz dr Brankicu Tanović, bila je prof. dr Aleksandra Bulajić. Prvi re-

ferat u sekciji održala je dr Tamara Popović pod nazivom „*XANTHOMONAS ARBORICOLA* PV. *PRUNI* PROUZROKOVAČ BAKTERIOZNE PJEGAVOSTI KOŠTIČAVIH VOĆAKA U CRNOJ GORI“, govoreći o domaćinima i štetnosti ove bakterije na području Crne Gore. U ime grupe autora Anja Đoković je prezentovala rad „VITALNOST BILJAKA U PARKOVIMA NOVOG SADA“ o rezultatima i načinu na koji je je utvrđivano stanje pojedinih drvenastih biljaka u parkovima u Novom Sadu. Nakon toga doktorand Dušan Jovanović je izložio referat pod nazivom „NOVI DOMAĆINI PARAZITSKE GLJIVE *INONOTUS NIDUS-PICI* U SRBIJI“ o novim saznanjima u vezi sa ovom gljivom. Ovu sekciju je zatvorila Jelena Adamović referatom „IDENTIFIKACIJA *Xanthomonas* spp. IZOLOVANIH IZ PAPRIKE I PROUČAVANJE OTPORNOSTI PREMA BAKAR-SULFATU“ u kome je bilo reči između ostalog i o reakciji pojedinih izolata ove bakterije na različite koncentracije bakar-sulfata. Nakon ova četiri referata razvila se plodna i zanimljiva diskusija sa nekoliko praktičnih pitanja i pojašnjenja. U okviru poster sekcije prikazano je 25 radova sa temama iz virusologije, mikologije i bakteriologije.

Tematska celina/sekcija

ZAŠTITA POLJOPRIVREDNIH I ŠUMSKIH BILJAKA OD KOROVA

Predsedavajući: dr Danijela Šikuljak, dr Ljiljana Radivojević

U okviru date tematske celine predstavljeno je jedno uvodno predavanje, četiri usmena izlaganja i četiri postera. U okviru uvodnog predavanja „PRVI SLUČAJ REZISTENTNOSTI DIVLJEG SIRKA NA CIKLOKSIDIM I NOVI SLUČAJEVI REZISTENTNOSTI NA ARILOKSIFENOKSI PROPIONATE U SRBIJI: NOVE OPOMENE VEOMA POTCENJENOG FENOMENA“ dr Goran Malidža ukazao je na trenutnu situaciju i perspektive kada je u pitanju suzbijanje uskolisnih korova u različitim usevima. Sledeći referat na temu „ANALIZA ZAKOROVLENOSTI USEVA KUKURUZA KAO PREDUSLOV ZA ADEKVATAN ODABIR HERBICIDA“ izložila je prof. dr Dragana Božić detaljno obrađujući kada i kako vršiti odabir herbicida u usevu kukuruza i ukazujući na značaj poznavanja korovske flore za svaku parcelu ponaosob. Sledeće predavanje pod nazivom “ZDRUŽENI EFEKTI PLODOREDA I HERBICIDA U SUZBIJANJU KOROVA U KUKURUZU“ izložila je dr Milena Simić ukazavši da se ne treba oslanjati isključivo na hemijsko suzbijanje korova u kukuruzu već da se i pravilnim plodoredom može smanjiti broj korova. Mr Teodora Tojić je izložila sledeći referat, BIOHERBICIDNA SVOJSTVA I HEMIJSKE ANALIZE SEKUNDARNIH METABOLITA IZOLOVANIH IZ STABLA VILINE KOSICE (*CUSCUTA CAMPESTRIS* YUNCK.)“ ukazavši na herbicidna svojstva viline kosice i mogućnosti njene primene. Sekcija je zatvorena referatom „ISHRANA LISNE BUBE

AMBROZIJE (*Ophraella communa*) NA AMBROZIJI, KOROVSKOM I GAJE-NOM SUNCOKRETU“ Tamare Krtinić u kome je ukazala na mogućnosti suzbijanja ambrozije usled ishrane lisne bude ambrozije kao i da je nizak potencijalni rizik prema biljkama suncokreta. Diskusija koja je usledila nakon predavanja je bila vezana za mogućnosti rešavanja problema rezistentnosti korova prema herbicidima u ovom trenutku, imajući u vidu da je problem u proizvodnji već prisutan kao i gubici u prinosu, a da trenutno ne možemo računati na primenu herbicida sa novim mehanizmima delovanja. Takođe bilo je reči i o mogućnosti biološkog suzbijanja invazivne korovske vrste *Ambrasia artemisifolia* uz pomoć lisne bube ambrozije *Ophraella communa*. Diskusija je bila aktivna i veoma konstruktivna. U okviru poster sekcije prikazano je četiri rada sa temama iz suzbijanja korova u ratarskim usevima kao i o različitim alelopatskim i uticajima hidrolata određenih biljaka na gajene i korovske vrste.

Tematska celina/sekcija

ZAŠTITA POLJOPRIVREDNIH I ŠUMSKIH BILJAKA OD ŠTETOČINA

Predsedavajući: prof. dr Mirza Dautbašić, dr Goran Jokić

U okviru date tematske celine predstavljeno je ukupno 15 radova od kojih dva uvodna predavanja, tri usmena izlaganja i 10 postera. Prvo uvodno predavanje održala je prof. dr Milka Glavendekić koja je predstavila referat pod nazivom „REZULTATI NADZORA NAD ŠTETNIM VRSTAMA *ANOPILOPHORA* SPP., *AGRILUS PLANIPENNIS* FAIRMAIRE I *MONOCHAMUS* SPP. U SRBIJI OD 2020-2022. GODINE”. U radu su sumirani podaci trogodišnjeg nadzora nad nekoliko potencijalno veoma štetnih insekatskih vrsta u šumarstvu. Nakon toga slušaoci su imali priliku da čuju drugo uvodno predavanje pod nazivom “PRISUSTVO BAKTERIJE LEPTOSPIRE KOD SIVOG PACOVA (*RATTUS NORVEGICUS*) POREKLOM IZ SKLADIŠTA ŽITARICA” koji je izložio dr Goran Jokić. Radi se o veoma štetnoj bakteriji koja prouzrokuje bolesti iz grupe zoonoza i čije je praćenje neophodno da bi se sprečilo eventualno širenje. Treće izlaganje je imala dr Andrea Kosovac na temu „DIVERZITET CIKADA IZ FAMILIJE CIXIIDAE (HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA) U USEVIMA ŠEĆERNE REPE U SRBIJI”. Kako je poznato poslednjih godina cikade se sve češće pominju kao vektori fitoplazmi. U radu je bilo reči o različitim vrstama cikada u usevu šećerne repe. Prof. dr Osman Mujezinović izložio je rad na temu “INSEKTI ŠTETNICI LISTA BUKVE NA PODRUČJU SREDNJE BOSNE“ u kojem je opisao koji se sve insekti mogu pronaći na teritoriji Bosne a koji se hrane listom bukve. Poslednje izlaganje u ovoj sekciji održao je dr Željko Milovac na temu „PROMENA BROJNOSTI ŠTETOČINA LJUSKE ULJANE REPICE” gde su sumirani višegodišnji podaci i ukazano na potencijalnu opasnost od mušice ku-

pusne ljuske kao i da je brojnost larvi pipe kupusne ljuske još uvek daleko ispod štetne. Nakon predavanja usledila je diskusija u kojoj je oko 50 prisutnih imalo prilike da postavlja pitanja predavačima. Predsedavajući ove sekcije su naveli da je tematika izvedenih predavanja bila zaista sadržajna te se može razmišljati i o produžetku vremena izlaganja sa 20 na 25 minuta, odnosno sa 10 na 15-20 min, o čemu će biti reči i u zaključcima sa ovog skupa.

U okviru poster sekcije prikazano je 10 radova sa temama koje su se bavile biljnim vašima na različitim biljkama domaćinima, grinjama, entomopatogenom gljivom, štetnim leptirima, dvokrilcima i jednim tvrdokrilcem.

Tematska celina/sekcija IZAZOVI PRIMENE PESTICIDA

Predsedavajući: dr Dejan Marčić, prof. dr Slavica Vuković

U okviru tematske celine „Izazovi primene pesticida“ predstavljeno je ukupno 17 radova od kojih jedno kao uvodno predavanje, četiri usmena izlaganja i 12 postera. Uvodno predavanje održala je dr Tanja Drobnejaković na temu „KOMPATIBILNOST INSEKTICIDA I PARAZITOIDA *Encarsia formosa*: REZULTATI I MOGUĆNOSTI PRIMENE“, koja je pored iscrpnog prikaza rezultata, istakla potrebu za sprovođenjem komplementarnog testiranja u laboratorijskim i poljskim uslovima. Drugo predavanje pod nazivom „EFIKASNOST DELTAMETRINA (SC I EC FORMULACIJE) NA DVE POPULACIJE RIZOPERTE, *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae)“ održala je dr Marijana Pražić Golić, u kojem su razmotreni efekti različitih formulacija insekticida na ovu skladišnu štetočinu. Nakon toga doktorand Jovana Krstić održala je predavanje „PRIMENA HERBICIDA U TRAKE U KOMBINACIJI SA MEĐUREDNO KULTIVACIJOM KAO EFIKASAN NAČIN SMANJENE UPOTREBE HERBICIDA U SOJI“ u vezi sa mogućnostima smanjenja količine herbicida i upotrebom mera integralne borbe protiv korova. Sledeće predavanje je održao master Filip Vasić na temu „PRIMENA TEHNOLOGIJA PRECIZNE POLJOPRIVREDE U ZAŠTITI PŠENICE“ prikazavši rezultate primene multispektralnih snimaka, vegetacionih indeksa i poboljšanih tipova rasprskivača u zaštiti pšenice. Poslednji referat u ovoj sekciji je održala dr Bojana Špirović Trifunović na temu „RAZVOJ METODE ZA ODREĐIVANJE OSTATAKA PESTICIDA U LUBENICAMA LC-MS/MS TEHNIKOM“ koje je bilo fokusirano na razvoj metode za određivanje ostataka 12 aktivnih supstanci u lubenicama. Zbog nedostatka vremena nije bilo diskusije. U okviru poster sekcije prikazano je 12 radova od kojih su šest imali teme iz oblasti fitopatologije, četiri iz zoologije i dva iz herbologije.

PROMOCIJA KNJIGA I PROJEKATA

Predsedavajući: dr Petar Kljajić, dr Darko Jevremović

U okviru promocije knjiga i projekata prezentovane su tri knjige i dva projekta.

Publikacije:

1. Tim priređivača: **PESTICIDI U POLJOPRIVREDI I ŠUMARSTVU U SRBIJI** – 21. izdanje (promoter: Petar Kljajić).
2. Draga Graora: **ENTOMOLOGIJA U VOĆARSTVU I VINOGRADARSTVU** (promoter: Radoslava Spasić).
3. Dejan Marčić: **AKARICIDI U SAVREMENOJ FITOMEDICINI** (promoter: Petar Kljajić).

Projekti:

1. Milan Milić, Stevan Savčić, Momir Alvirović, Zoran Stojanović, Milica Janković, Mladen Petrović, Oskar Marko: **MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE UPOTREBOM AGRODRONOVA**.
2. Radivoje Jevtić: **PROJEKAT H2020 “CROPDIVA”- POVRATAK MANJE ZASTUPLJENIH USEVA NA NJIVE**.

Ako se ima u vidu da se na XVII savetovanju o zaštiti bilja promovisalo 21. izdanje knjige koja predstavlja neizostavni priručnik svakog zaštitara, jedan udžbenik kao i knjiga iz oblasti iz koje nema dovoljno literature kod nas onda je jasno da literatura iz oblasti zaštite bilja značajno obogaćena sa ova tri nova izdanja.

Kada je u pitanju promocija projekata učesnici savetovanja imali su prilike da čuju o efikasnosti upotrebe agrodronova u suzbijanju pojedinih štetočina kao i o drugim benefitima ovakvog vida zaštite. Druga prezentacija se odnosila na promociju međunarodnog projekta u vezi sa mogućnostima gajenja manje zastupljenih useva na našim njivama kao i o njihovim agroekološkim zahtevima i mogućnostima dalje upotrebe.

AKTIVNOSTI UPRAVE ZA ZAŠTITU BILJA MINISTARSTVA POLJOPRIVREDE, ŠUMARSTVA I VODOPRIVREDE REPUBLIKE SRBIJE

Predsedavajući: dr Željko Milovac

U okviru date sekcije moglo se čuti šta je najaktuelnije kada su u pitanju delatnosti Uprave za zaštitu bilja kroz prezentacije Lidije Ristić Matijević, šefa Odseka za sredstva za zaštitu i ishranu bilja, i Slađane Lukić, načelnice Odeljenja za zdravlje bilja i biljni karantin. Bilo je reči o zakonodavstvu u oblasti zaštite bilja, prilagođavanju legislative sa zakonima u EU kao i da se do 2030. godine

očekuje smanjenje upotrebe pojedinih pesticida za 50%. Nakon prezentacija usledila je zanimljiva diskusija u vezi sa biljnim pasošem, kontrolom uvoza biljaka kao i mogućnostima za regulisanje oblasti primene sredstava za zaštitu bilja iz vazduhoplova/dronova. Na sekciji je bilo oko 55 prisutnih.

ZATVARANJE SAVETOVANJA

Predstavljajući: dr Goran Aleksić, dr Nenad Trkulja, dr Željko Milovac

Rad XVII savetovanja o zaštiti bilja završen je uz osvrt na najznačajnije informacije u vezi sa skupom i zahvalnost svima koji su doprineli da se skup održi. Prvi se učesnicima obratio dr Goran Aleksić, predsednik Društva, iznevši podatke o skupu kao i o broju registrovanih učesnika. Posle njega se obratio dr Nenad Trkulja, predsednik Organizacionog odbora, govoreći o organizaciji i pomažućim članovima Društva i dr Željko Milovac, predsednik Stručnog odbora, davši presek kada su u pitanju prezentovani radovi. Na zatvaranju se moglo čuti još jednom koliko je važno održati kontinuitet održavanja ovakvih skupova bez obzira na okolnosti.

ZAKLJUČCI

- 1) XVII savetovanje o zaštiti bilja je uspešno organizovano i realizovano;
- 2) Broj od 396 registrovanih učesnika govori da se interesovanje za skup vraća polako na nivo pre pojave bolesti Covid-19, što je ohrabrujuće;
- 3) Učešće značajnog broja studenata takode je veoma ohrabrujuće i rezultat je kontinuiranog angažovanja studentskih organizacija, rukovodstava poljoprivrednih fakulteta i Društva na promociji svojih aktivnosti;
- 4) Naučna saznanja i rezultati prezentovani na ovom skupu su aktuelni i kvalitetni i rezultat su produktivnih istraživanja i rada u svim oblastima zaštite bilja;
- 5) S obzirom da je u pitanju bilo savetovanje dovoljna pažnja je posvećena izboru praktičnih tema, koje više odgovaraju karakteru skupa, da bi se povećala zainteresovanost kolega iz proizvodnje;
- 6) Sva usmena izlaganja bila su dobro pripremljena i tematski interesantna. Prezentacije su bile na zadovoljavajućem tehničkom nivou;
- 7) Svi prezenteri usmenih referata pridržavali su se vremena predviđenog za prezentacije tako da nije bilo probijanja termina. Napomena pojedinih izlagača je da nisu imali dovoljno vremena tako da treba razmisliti o selektivnom i fleksibilnom produženju pojedinih prezentacija, ako se za to ukaže potreba i bude prilike;
- 8) Većina prezentacija podstakla je konstruktivnu diskusiju u kojoj su razmenjena mišljenja o raznim aspektima istraživanja i njihovoj praktičnoj primeni;

- 9) Zastupljenost mlađih istraživača koji su ispred grupa autora prezentovali radove je takođe bila zadovoljavajuća;
- 10) Posteru su bili pripremljeni na visokom tehničkom nivou, jasni i koncizni. Učesnici Savetovanja pokazali su interesovanje za postere, a diskusija o prikazanim rezultatima vođena je prilikom razgledanja postera. Da bi diskusija bila još izraženija i plodonosnija potrebno je više vremena posvetiti poster sekciji. Ovo je moguće kroz ostavljanje dužeg vremena za razgledanje postera i razgovor sa autorima. Jedna od opcija je i uvođenje forme kratke usmene prezentacije postera, po uzoru na neke svetske skupove, ali s tim u vezi treba biti veoma obazriv;
- 11) Prisustvo slušalaca na predavanjima bilo je dobro. Sve sekcije su imale odgovarajući broj slušalaca uz manja variranja u njihovom broju.

U Beogradu,
19. januara 2023. godine

Podnosilac Izveštaja
Dr Željko Milovac,
Predsednik Stručnog odbora

UPUTSTVO ZA PRIPREMU RUKOPISA

Časopis „Biljni lekar” objavljuje naučnoistraživačke, stručne i pregledne radove iz oblasti zaštite bilja, životne sredine i komunalne higijene, uključujući pesticide i tehniku za njihovu primenu, kao i zakonske propise iz te oblasti. Radovi treba da sadrže podatke određenih istraživanja, iskustva iz prakse ili zapažanja sa terena.

Radovi se štampaju na srpskom jeziku, latiničnim pismom. Rad treba da sadrži naslov, ime(na) autora sa adresama, izvod sa ključnim recima, uvod, metod rada, rezultate sa diskusijom, zaključak, literaturu i Abstract sa Key words.

Stručni radovi (iskustva iz prakse i slični prilozi) i pregledni radovi ne moraju sadržavati uobičajena poglavlja, već samo određena, po opredeljenju autora, koja će davati obeležje određenom segmentu rada. Nije poželjno da ceo rad bude bez ikakvih podnaslova, jer bi to bilo isuviše monotono za čitanje. Kod stručnih radova potrebno je prevesti samo naslov na engleski.

NASLOV RADA ispisati velikim slovima, bold i centrirano. Ispod naslova, takođe, centrirano, navode se bez titule, **ime(na) i prezime(na)** autora (malim boldiranim slovima), sa nazivom organizacije/ustanove, sedištem i E-mailom prvog autora. Ispod toga, centrirano, daju se podnaslovi.

Izvod sa ključnim rečima treba da sadrži do 200, a ključnih reči do deset. Slede UVOD, MATERIJAL I METODA RADA, REZULTATI I DISKUSIJA, ZAKLJUČAK, LITERATURA i **Abstract** sa **Key words**. Eventualne podnaslove u okviru poglavlja ne centrirati, već staviti na početak pasusa – uvučeno, bold, sa tačkom na kraju, iza koje u produžetku sledi tekst. Ispred podnaslova ne stavljati redni broj. Latinske nazive ispisivati *italic* slovima.

Kod citiranja literature, navodi se prezime autora i godina (Antić, 2001; Brkić i Dudić, 2002), a ako je broj autora veći od dva, navodi se samo prvi autor (Gajić i sar., 2003). Citirana literatura u tekstu mora biti u popisu i obratno, ona koja je u popisu mora biti u tekstu. Kod popisa literature navodi se prezime i prvo slovo imena autora, godina i naslov rada, časopis ili izdanje, broj strane i mesto izdanja. Ispred referenci ne stavljati redne brojeve.

Abstract, uključujući naslov rada, sa autorima i adresama i Key words, dati na srpskom i engleskom jeziku, obima 15-20 redova. Prevod mora biti korektno urađen, jer se radovi citiraju u izdanjima CABI Abstracts. U protivnom, vratiće se autoru na doradu.

Priloge uz rad (tabele, grafikone, slike, šeme i sl.), se mogu ugraditi u tekst, ili ih dati na kraju rada (tabele), ili u posebnim fajlovima (slike, grafikone, šeme). Fotografije (crno-bele ili kolor) moraju biti kvalitetno urađene (kontrastne i oštre), skenirane u minimum 300 dpi, a snimljene u (jpg) ili (.tif) formatu. Mesto gde prilozi dolaze u tekst, treba na vidljiv način označiti, a u tekstu se treba pozivati na svaki prilog. Na posebnoj stranici priložiti tekst koji ide uz priloge.

Pored objavljivanja radova, u časopisu postoje stalne i povremene rubrike u kojima se daju iskustva iz prakse, novosti iz zaštite bilja, kratki izvodi značajnijih domaćih i stranih radova iz zaštite bilja, kao i druge aktuelnosti i zanimljivosti iz struke. Novosti, prikazi, izvodi, osvrti, izveštaji i zanimljivosti iz struke, daju se u obimu 30-45 redova teksta.

Rukopise radova i ostalih priloga pripremiti latiničnim, pismom na računaru u Microsoft Word for Windows (.doc ili .docx) formatu, font Times New Roman, style Normal, font Size 11 pt, Single Space i marginama sa sve četiri strane po 2,5 cm.

Radovi i ostali prilozi prolaze recenziju, koju obavljaju Urednici oblasti, a u pojedinim slučajevima, gde je to neophodno, dostavljaju se kompetentnim naučno-stručnim radnicima za specifičnu problematiku. Uredništvo časopisa zadržava pravo da vrši manja skraćivanja ili doterivanja, gde proceni da je to potrebno i moguće. Međutim, radovi koji nisu pisani prema ovom Uputstvu (preobimni ili radovi u kojima se iznose samo opšte, poznate stvari i sl.), odnosno u slučajevima kada Uredništvo ne može obaviti određene ispravke, biće vraćeni autorima na doradu.

Autor(i) odgovara(ju) za sadržaj rada, odnosno priloga.

Rukopise radova i priloga dostaviti na E-mail: biljnilekar@polj.uns.ac.rs i ferenc.bagi@polj.edu.rs

Poljoprivredni fakultet
Departman za fitomedicinu i zaštitu životne sredine
(za časopis „Biljni lekar”, g-đa Sonja Vučinić)
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 8

Redakcija časopisa
„Biljni lekar”

CIP - Каталогизација у публикацији

Библиотека Матице српске

632

BILJNI lekar = Plant Doctor: časopis Društva za zaštitu bilja Srbije / glavni i odgovorni urednik Ferenc Bagi. - God. 1, br. 1. (1956)-god. 21, br. 6 (1977) ; 1995, br. 1- . - Novi Sad : Poljoprivredni fakultet, Departman za fitomedicinu i zaštitu životne sredine, 1956-1977; 1995- . - Ilustr. ; 24 cm

Dvomesечно. - U periodu od 1956-1977 izlazio je u Beogradu.

ISSN 0354-6160

COBISS.SR-ID 16119



Ljudi koji vole zemlju

DELTA AGRAR Pesticidi




Vladimira Popovića 8a | 11070 Novi Beograd | tel: 011 / 201 24 33 | deltaagrar.rs

AGROINTER D.O.O.



**UVEK KORISTITE OVE HERBICIDE DA NE BISTE IMALI
USKOLISNIH I ŠIROKOLISNIH KOROVA U USEVU SOJE
SVE NAM PUNI I PAKUJE**

 **Agrosava - Beograd**

**AGROINTER D.O.O.
BEGEČ
KRALJA PETRA I BR. 54
WWW.INTER-SHELL.COM
AGROINTERMD@GMAIL.COM**



uvoz i distribucija sadnog materijala:
trešnje, kruške, jabuke, šljive, badem...



Mazzoni
GROUP

VOĆNE SADNICE I FRIGO ŽIVIČI JAGODA

BIBAUM®



AgroFerticrop

www.agro-ferticrop.rs

Mira 39, Subotica, 024/596-024



ORGANIC
FERTILIZERS

ORGANSKA
ĐUBRIVA



SUPSTRAT
ZA BOROVNICU



SOLVIKA
PEAT MOSS



Dal 1931

Vivai Righi

LOZNI KALEMOVI
UVOZ IZ ITALIJE

FITOFERT

★★★★
ALL STARS

BIOSTIMULATORI

