



# glasilo biljne zaštite



# GLASILO BILJNE ZAŠTITE

## Glasilo Hrvatskog društva biljne zaštite

Glavna urednica  
prof. dr. sc. Renata Bažok

Tehnička urednica  
doc. dr. sc. Valentina Šoštarčić

Uređivački odbor:

dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emer., prof. dr. sc. Jasminka Igrc Barčić, prof. dr. sc. Klara Barić,  
prof. dr. sc. Jasenka Ćosić, Aleksandra Radić, dipl. ing., Marina Mikac, mag. ing. agr.,  
dr. sc. Zdravka Sever, dr. sc. Mladen Šimala, prof. dr. sc. Renata Bažok, doc. dr. sc. Valentina Šoštarčić

Nakladnik: Hrvatsko društvo biljne zaštite  
c/o Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb  
tel/faks. +385 (0)1 23 93 737

Copyright: Hrvatsko društvo biljne zaštite i autori  
Lektorica: Jasminka Čovran

Realizacija: Infomart Zagreb d.o.o.  
Marketing: Abeceda Agro d.o.o. 098 488 965

Časopis se citira u **CAB Abstracts bazama**

Godišnja pretplata  
Žiro račun: Hrvatsko društvo biljne zaštite, Zagreb, br. IBAN HR85 2360 0001 1015 0920 9  
OIB 37428897556

### ČLANARINA U HRVATSKOM DRUŠTVU BILJNE ZAŠTITE:

ČLANSTVO U HRVATSKOM DRUŠTVU BILJNE ZAŠTITE  
(uključuje članarinu i časopis GBZ).....47,00 €

ČLANSTVO U HRVATSKOM DRUŠTVU BILJNE ZAŠTITE  
ZA STUDENTE I UMIROVLJENIKE  
(uključuje članarinu i časopis GBZ).....20,00 €

Slika na naslovnici:

Simptomi sušenja pačempresa uzrokovani pseudogljivom  
*Phytophthora lateralis* (snimio: Ž. Tomić, 2015)

## SADRŽAJ

**Irena Brajević:** Utjecaj zakonodavnih okvira Europske unije i inicijativa na zaštitu bilja .....597

**Tamara Siber, Tomislav Duvnjak, Aleksandra Sudarić, Karolina Vrandečić, Jasenka Ćosić, Maja Matoša Kočar:** Nove bolesti na industrijskoj konoplji u Hrvatskoj: što proizvođači trebaju znati.....603

**Željko Tomić, Adrijana Novak, Krešimir Šimunac, Ivana Križanac, Dario Ivčić:** *Phytophthora lateralis* Tucker & Milbrath na pačempresu (*Chamaecyparis lawsoniana* (A.Murray bis) Parl.) u Hrvatskoj .....615

**Maja Šćepanović:** Antagonistički učinak istodobne primjene agrokemikalija: fitotoksičnost i smanjena učinkovitost herbicida .....634

**Božena Deždek, Darija Lemić:** Izazovi suzbijanja štetnika u uvjetima klimatskih promjena (s primjerima iz ratarske proizvodnje) .....644

### NAJAVE

**67. seminar biljne zaštite** .....660

### NAGRADE

**Mladen Poletti Kopešić – dobitnik Nagrade za uzoran rad i posebno vrijedan doprinos Agronomskom fakultetu** .....661

**Renata Dejanović – dobitnica Zahvalnice Agronomskog fakulteta povodom njegove 105. Obljetnice** .....663

### IN MEMORIAM

**dr. sc. Bogdan Korić (1945. – 2024.)** .....666



# Kombinacija vrhunskog herbicida i fungicida

- // Zaštita žitarica od najvećeg broja širokolisnih korova i uzročnika biljnih bolesti
- // Povoljnija cijena u odnosu na pojedinačna pakiranja



Sadržaj paketa: Sekator OD 3 L + Delaro Forte 24 L  
Paket je namijenjen za površinu od 20 ha

# GLASILO BILJNE ZAŠTITE

GODINA XXIV

STUDENI - PROSINAC

BROJ 6

*Irena BRAJEVIĆ**Udruga proizvođača i zastupnika sredstava za zaštitu bilja RH – CROCPA**irena.brajevic@crocpa.hr*

## UTJECAJ ZAKONODAVNIH OKVIRA EUROPSKE UNIJE I INICIJATIVA NA ZAŠTITU BILJA

### SAŽETAK

U radu je prikazano kako će brojni strateški dokumenti koji su proizašli iz Europskog zelenog plana (EGD), a nisu u vezi samo s pesticidima, utjecati na dostupnost sredstava za zaštitu bilja na tržištu Europske unije (EU). Posebno je razmotrena Strategija održivosti za kemikalije (eng. Chemical Strategy for Sustainability-CSS) koja će, kada bude implementirana u europsko zakonodavstvo, značajno utjecati na smanjenje broja aktivnih tvari sredstava za zaštitu bilja. Studija procjene učinka te strategije na buduću dostupnost sredstava za zaštitu bilja pokazala je da bi zakonodavni prijedlozi koji bi mogli proisteći iz implementacije strategije mogli imati iznimno negativan učinak na poljoprivrednu proizvodnju i dostupnost hrane. Naime oko 70 % trenutno raspoloživih sredstava za zaštitu bilja bit će razvrstano u neku od rizičnih skupina prema kriterijima koji se uvode implementacijom te strategije. Ako se ne pronađu alternativna rješenja za suzbijanje štetnih organizama postojećim aktivnim tvarima, proizvodnja hrane u EU-u bit će znatno ugrožena. Osim nove strategije, na dostupnost sredstava za zaštitu bilja utjecaj će imati i izmjene zakonodavstva iz područja vodnih politika i ostataka pesticida, kao i dopune i nove odredbe Uredbe 1107/2009.

**Ključne riječi:** aktivne tvari pesticida, Europski zeleni plan, Strategija održivosti za kemikalije, tržište

### UVOD

Europska komisija je u 2020. godini objavila Europski zeleni plan (European Green Deal- EGD) kojim se želi osigurati zelena tranzicija Europske unije, pri čemu je krajnji cilj postići klimatsku neutralnost do 2050. godine (European Commission, 2019.). Da bi se cilj postigao, bilo je potrebno pokrenuti niz zakonodavnih promjena koje pokrivaju područja iz različitih sektora gospodarstva. Sama **Strategija održivosti za kemikalije (eng. Chemical Strategy**

**for Sustainability-CSS)** (European Commission, 2020.), jedna od strategija Zelenog plana, a sadržava čak 80 inicijativa koje određuju smjer ili nalažu pokretanje zakonodavnih prijedloga. Temeljni je izazov CSS-a činjenica da se njegovim inicijativama zanemaruju postojeći sektorski zakonodavni okviri za određenu skupinu kemikalija. Konkretno, za sredstva za zaštitu bilja (SZB) i biocidne pripravke već postoji odavno uspostavljen i pouzdan regulatorni okvir koji je stalno pod nadzorom i podliježe revizijama kako bi na najbolji način služio svrsi.

Europsko je udruženje industrije za zaštitu bilja *CropLife Europe* u suradnji s konzultantskom tvrtkom izradilo studiju procjene učinka CSS-a na buduću dostupnost sredstava za zaštitu bilja i, posljedično, na europsku poljoprivrednu proizvodnju. Industrija je studijom željela ilustrirati da bi u **najgorem slučaju** određeni zakonodavni prijedlozi mogli imati izrazito nepovoljan učinak na proizvodnju hrane u Europskoj uniji. Studija potvrđuje da bi Komisija trebala izbjegavati takve vrste scenarija, te bi bilo preporučljivije da donosi mjere kojima bi se postigla odgovarajuća ravnoteža između ciljeva CSS-a i proizvodnje hrane u EU-u.

## **KOJE INICIJATIVE U OKVIRU CSS-A UTJEČU NA INDUSTRIJU ZAŠTITE BILJA I NA POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU?**

Kada se sagledavaju samo djelatne tvari, ključne bi inicijative bile:

- Uvođenje novih razreda opasnosti u CLP Uredbu. To su persistentne, mobilne i toksične tvari (PMT) te jako perzistentne, jako mobilne tvari (veri Persistent, very Mobile -vP/vM tvari). Komisija namjerava te nove razrede nakon toga integrirati u Uredbu o sredstvima za zaštitu bilja 1107/2009 EZ (Službeni list Europske unije, 2009.) (npr. kao moguće nove cut-off kriterije koji za posljedicu imaju ukidanje djelatne tvari).

- Prijedlog zabrane izvoza kemikalija koje više nisu odobrene u EU-u (tzv. *export ban*). To bi imalo jasan značajan učinak na poljoprivrednu proizvodnju trećih zemalja.

- Prijedlog zabrane svih per- i polifluoroalkilnih tvari (PFAS tvari) koje bi mogle utjecati na proizvodnju djelatnih tvari (npr. tvari koje se upotrebljavaju samo u proizvodnom procesu).

Neizravno, druge će inicijative također imati velik utjecaj na **ko-formulante**: revizija REACH Uredbe, generična procjena rizika, faktor procjene za smjese da bi se uzela u obzir višestruka izloženost kemikalijama itd. Učinak tih inicijativa više će osjetiti industrija (npr. troškovi formuliranja), ali vjerojatno će doći do neizbježna utjecaja s prekidima u dostupnosti proizvoda za poljoprivrednike jer prilagodbe mogu biti iznimno skupe i dugotrajne, kada su moguće.

Do sada nije provedena nijedna od navedenih ključnih inicijativa. Novi razredi opasnosti zakonski su usvojeni, ali njihova poveznica s Uredbom 1107/2009

(Službeni list Europske unije, 2009.) još nije. Komisija je navela da će to razmotriti nakon dovršetka postupka revizije CLP Uredbe koja je formalno izglasana 14. listopada 2024. godine.

Prva početna procjena učinka koju je provelo europsko udruženje pokazala je da bi se u prosjeku čak više od 70 % dostupnih djelatnih tvari klasificiralo kao PMT/vPvM. Mobilnost (pokretljivost tvari) novi je kriterij koji do sada nije bio razmatran. Koristeći izvorna istraživanja tržišta, koja su uglavnom prikupljena na razini poljoprivrednih proizvođača, naknadno provedena studija dodatno pokazuje da bi, ako se kao referentna godina uzme 2021., bilo ugroženo 70,3 % svih tretiranih poljoprivrednih površina na glavnim tržištima Europske unije i Ujedinjenog Kraljevstva. Države članice EU-a koje bi bile najviše pogođene većinom se nalaze u srednjoj i sjevernoj zoni, a Njemačka je među onim državama koje bi bile najviše pogođene. Zakonodavni prijedlozi nameću najveće izazove proizvođačima osnovnih žitarica, uključujući kukuruz i pšenicu, kao i uljarica, suncokreta i uljane repice. Međutim, nijedan poljoprivredni proizvođač u EU-u neće biti izuzet u suočavanju s izazovima koji proizlaze iz CSS-a. S obzirom na važnost utjecaja biljnih patogena na prinos, posebno zabrinjava utjecaj na buduću dostupnost fungicida. Provedba CSS-a utjecala bi na više od čak 70 % različitih mehanizama djelovanja dostupnih poljoprivrednicima. Fungicidi bi izgubili šest ključnih mehanizama, a herbicidi i insekticidi izgubili bi pet, odnosno sedam. **U budućnosti se očekuje vrlo značajan učinak ovih gubitaka mehanizama djelovanja na upravljanje rezistentnošću, te na održivost i integriranu zaštitu bilja.** U drugom dijelu studije provedena je potpuna agronomska i ekonomska analiza učinka na niz ključnih kombinacija usjeva u različitim zemljama da bi se bolje razumjele ekonomske posljedice na razini poljoprivrednih gospodarstava, kao i gospodarske posljedice u cjelini (tzv. "studije slučaja"). Industrija je svjesna da je prikazan ekstremno najgori scenarij i da nije realno očekivati da će jednim potezom nestati s tržišta nešto više od 100 djelatnih tvari. Međutim, vjeruje se da studija daje kvalitetnu ilustraciju predviđenih mjera koja je nedostajala u svim dosadašnjim raspravama o CSS-u.

Za ostvarenje ovih scenarija potrebno je vrijeme: za prilagodbu zakonodavstva i njihovu provedbu te usklađenje s evaluacijskim postupkom iz Uredbe 1107/2009 EZ (Službeni list Europske unije, 2009.). To znači da će se učinak **postupno** osjetiti tako da će se paket dostupnih alata prepoloviti znatno bržom dinamikom nego što će se uspjeti nadopuniti inovativnim rješenjima. Pri tome treba uzeti u obzir da za većinu štetnih organizama alternativna učinkovita rješenja trenutno nisu dostupna te da je potreban dugi niz godina za otkriće nove djelatne tvari, neovisno o tome radi li se o onoj sintetičkog ili prirodnog podrijetla.

## METODOLOGIJA KOJA JE KORIŠTENA PRI SASTAVLJANJU POPISA POTENCIJALNO UGROŽENIH DJELATNIH TVARI

Popis djelatnih tvari za koje podatci pokazuju da će biti povučene s tržišta procijenjen je korištenjem tzv. crnih kutija (*black box*) i predstavlja potencijalno ugrožene tvari iz različitih inicijativa u okviru CSS-a, ili se trenutačno ocjenjuju sukladno zakonodavstvu za evaluaciju sredstava za zaštitu bilja. Uključuje djelatne tvari koje bi mogle biti ugrožene iz sljedećih razloga:

- utvrđena su svojstva ometača hormonalnog sustava procjenom koju provodi Europska agencija za sigurnost hrane (European Food safety Agency -EFSA)
- navedene su kao kandidati za zamjenu s pretpostavkom da u budućnosti više neće biti odobrene
- potencijalno će biti klasificirane kao PMT ili vP/vM i pod pretpostavkom da će te klase u budućnosti biti sastavnim dijelom cut-off kriterija u skladu s odredbama Uredbe 1107/2009 EZ
- bit će ponovo klasificirane kao tvari koje su perzistentne, bioakumulirajuće i toksične (PBT tvari) zbog uvedenih novih izračuna.

Što se tiče tvari koje EFSA smatra ometačima hormonalnog sustava, ili su navedene kao kandidati za zamjenu, taj se proces već događa uz stalno smanjenje dostupnosti raspoloživih alata. Negativna projekcija industrije proizlazi iz iskustva u posljednjih sedam godina tijekom kojih su učestalo donošene odluke o neobnavljanju odobrenja za djelatne tvari koje se donose na razini Odbora SCOPAFF (Standing Committee on Plant, Animals, Food and Feed). Primjerice, samo je u 2024. godini ukinuto deset djelatnih tvari u sredstvima za zaštitu bilja koja se nalaze na tržištu Republike Hrvatske.

„Studije slučaja“ po državama su odabrane da bi se predstavili različiti poljoprivredni uvjeti, zemljopisne lokacije i usjevi. One pokazuju moguć utjecaj na ključne usjeve u najvećim zemljama proizvođačima hrane, ali i na usjeve koji se uzgajaju na manjim površinama, a mogu imati veliku vrijednost za poljoprivrednike i građane. Podatci su se koristili iz baze podataka o dostupnim registriranim sredstvima za zaštitu bilja u svakoj državi članici EU-a za svaki usjev. Također su razmotrene registrirane alternative na istoj kombinaciji kultura/štetni organizam.

Postupak se temeljio na prikupljanju najgorih pretpostavki o mogućem kombiniranom učinku različitih inicijativa (npr. novi kriteriji koji proizlaze iz CSS-a koji izravno utječu na SZB) i vremenskog razdoblja (npr. nedostupnost djelatnih tvari odmah, dok bi istodobno moglo potrajati nekoliko godina do donošenja odluka, te stvarna primjena neće biti dostupna poljoprivrednim proizvođačima). Stoga postoji mogućnost da je potencijalni učinak precijenjen, no namjera je istaknuti kako bi naglo donošenje brojnih mjera, bez ublažavanja ili postojanja odgovarajućih inovacija kao zamjene, dovelo do velikih posljedica na uzgoj pojedinih kultura u EU-u. Države koje su razmatrane studijom kao



.....

**“studije slučaja” jesu Francuska (pšenica), Njemačka (hmelj), Italija (vinova loza), Poljska (uljana repica, šećerna repa), Rumunjska (kukuruz, suncokret), Španjolska (maslina).**

Francuska je najveći proizvođač pšenice i ječma u EU-u, a na svjetskoj je razini peti najveći proizvođač pšenice i treći ječma (FAOSTAT, 2023.). Na primjeru Francuske vidljivo je da će proizvođači žitarica biti suočeni s ozbiljnim problemom nedostatka sredstava za suzbijanje biljnih bolesti hrđe, smeđe pjegavosti i pepelnice. Suzbijanje bolesti parazitskog polijeganja pšenice također će biti itekako upitno (gubitak FRAC grupe 12, 9, U6 i M1). Sve će to utjecati na kvalitetu hrane i na zdravlje građana EU-a. Francuska je u vremenima globalne nesigurnosti i agresije Rusije na Ukrajinu preuzela vodeću ulogu u opskrbi žitarica zemalja izvan EU-a.

Njemačka je najveći proizvođač piva u EU-u i peti na svjetskoj razini. Gubitkom herbicida grupe 1 i 14 (HRAC, 2024.) proizvođači hmelja izgubit će važne alate za suzbijanje korova u postemergence fazi. Španjolska je jedan od najvećih proizvođača maslina u svijetu. Izvoz maslina bit će upitan zbog nemogućnosti udovoljavanja standardima kvalitete namirnica jer se gube fungicidi grupe M1 i M3 (FRAC, 2024.). Očekuje se pad prinosa veći od 20 %. Proizvođačima vinove loze u Italiji bit će gotovo nemoguće zaštititi vinovu lozu od napada plamenjače i pepelnice zbog gubitka FRAC grupe U6, 49, 12 i 43. Ova studija europskog udruženja po potrebi će se nadopunjavati novim podacima i spoznajama, te je ne treba smatrati konačnom.

Pored strategije održivosti za kemikalije, koja je najopsežnija, na buduću dostupnost SZB-a također će utjecati i izmjene zakonodavstva iz područja vodnih politika i ostataka pesticida. Također, u tijeku je donošenje brojnih Smjernica iz područja ocjene i registracije sredstava za zaštitu bilja koje će uvesti dodatna ograničenja u primjeni SZB-a.

Kod razmatranja i usvajanja svih novih politika važno je osigurati nužna alternativna rješenja i alate za zaštitu bilja od štetnih organizama oslanjajući se na nove pristupe, tehnike i tehnologije.

## **INFLUENCE OF EUROPEAN UNION LEGISLATIVE FRAMEWORKS AND INITIATIVES ON PLANT PROTECTION**

### **SUMMARY**

The paper shows how numerous strategic documents that have emerged from the European Green Deal (EGD) and do not only relate to pesticides, will influence the availability of plant protection products on the European Union (EU) market. The Chemical Strategy for Sustainability (CSS), which, if implemented in European legislation, will have a significant impact on reducing the number of active substances in plant protection products, was given

special consideration. A study assessing the impact of this strategy on the future availability of plant protection products prepared by Crop Life has shown that the legislative proposals that could result from the implementation of this strategy would have a very negative impact on agricultural production and food availability. Approximately 70% of currently available crop protection products are classified in one of the risk groups according to the criteria introduced by CSS. Unless alternative solutions are found to deal with pests controlled by these active substances, food production in the EU will be significantly jeopardized. In addition to this strategy, the availability of plant protection products will also be affected by changes to legislation in the area of water policy and pesticide residues, as well as changes and new provisions in Regulation 1107/2009.

**Key words:** active substances of pesticides, Chemical Strategy for Sustainability, European Green Plan, market

## LITERATURA

**European Commission** (2019.). Communication from the commission: The European Green Deal. COM (2019) 640 Final. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> (pristupljeno 12.10. 2024)

**European Commission** (2020.). Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions: Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment. COM/2020/667 final. Dostupno na: <https://circabc.europa.eu/ui/group/8ee3c69a-bccb-4f22-89ca-277e35de7c63/library/dd074f3d-0cc9-4df2-b056-dabcacfc99b6/details?download=true> (pristupljeno 12.10.2024.)

**FAOSTAT** (2023.). Statistical Yearbook World Food and Agriculture 2023. Dostupno na: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6e04f2b4-82fc-4740-8cd5-9b66f5335239/content> (pristupljeno 12.10.2024.)

**FRAC** (2024.). FRAC Code List © 2024: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels). Dostupno na: <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2024.pdf> (pristupljeno 12.10.2024.)

**HRAC** (2024.). Global Herbicide Classification Lookup. Dostupno na: <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup> (pristupljeno 12.10.2024.)

**Službeni list Europske unije** (2009.). Uredba (EZ) br. 1107/2009 Europskoga Parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja i ukidanju Direktiva Vijeća 79/117/EEZ i 91/414/EEZ. Službeni list Europske unije, 309/1.

stručni rad

**Tamara SIBER<sup>\*</sup>, Tomislav DUVNJAK<sup>2</sup>, Aleksandra SUDARIĆ<sup>2,3</sup>, Karolina VRANDEČIĆ<sup>1</sup>, Jasenka ĆOSIĆ<sup>1</sup>, Maja MATOŠA KOČAR<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup> Poljoprivredni institut Osijek, Hrvatska

<sup>3</sup> Znanstveni centar izvrsnosti za biološku raznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja, CroP- BioDiv, Zagreb, Hrvatska  
tsiber@fazos.hr

## **NOVE BOLESTI NA INDUSTRIJSKOJ KONOPLJI U HRVATSKOJ: ŠTO PROIZVOĐAČI TREBAJU ZNATI**

### **SAŽETAK**

Konoplja (*Cannabis sativa* L.) jedna je od najstarijih poznatih kultiviranih vrsta široko rasprostranjenih u cijelom svijetu. Posljednjih je godina liberalizacija zakona u Hrvatskoj povećala proizvodnju industrijske konoplje, što je donijelo nove izazove, uključujući pojavu biljnih bolesti. Ovaj se rad usredotočuje na dvije specifične bolesti koje su prvi put potvrđene na konoplji u Hrvatskoj 2019. godine: fuzarijsko venuće prouzročeno vrstom *Fusarium oxysporum* i suha trulež korijena i stabljike izazvana vrstom *Macrophomina phaseolina*. Fuzarijsko venuće ozbiljan je problem u proizvodnji konoplje jer uzrokuje venuće biljaka, smeđenje listova te smanjenje prinosa i kvalitete vlakana i sjemena. Širenju bolesti pogoduju više temperature zraka i visoka vlaga, a agrotehničke mjere uključuju plodored i duboku obradu tla. Suha trulež korijena i stabljike značajan je problem osobito u vrućim i sušnim godinama. Patogen uzrokuje prijevremeno sušenje biljaka, što može rezultirati ozbiljnim gubitcima u prinosu. Suzbijanje *M. phaseolina* uključuje korištenje fizikalnih mjera, poput solarizacije tla, i agrotehničkih mjera, kao što je plodored. Rad donosi smjernice za prepoznavanje bolesti te preporuke za njihovo suzbijanje i prevenciju s ciljem očuvanja proizvodnje konoplje.

**Ključne riječi:** industrijska konoplja, *F. oxysporum*, *M. phaseolina*

### **UVOD**

Konoplja ili *Cannabis sativa* L. jednogodišnja je dvodomna biljka iz porodice Cannabaceae i reda Rosales, i smatra se jednom od najstarijih kultiviranih biljaka na svijetu. Ta je vrsta rasprostranjena diljem svijeta i uključuje različite sorte konoplje (Amaducci i sur., 2015.). Rod *Cannabis* obuhvaća vrste *Cannabis sativa* L., *Cannabis indica* Lam., i *Cannabis ruderalis* Janisch. (Liu i sur., 2017.). Unutar vrste *C. sativa* postoje različiti botanički varijeteti, od kojih su dva posebno značajna: *C. sativa* var. *sativa* i *C. sativa* var. *indica*. Ti varijeteti

prepoznaju se kao industrijska konoplja i medicinska konoplja (Small i Cronquist, 1976.; Zuk-Golaszewska i Golaszewski, 2018.). Arheološki nalazi sugeriraju da je Kina izvorno stanište ove biljke, a ujedno je i najstarija zemlja koja je koristila konoplju za različite svrhe. Tijekom povijesti konoplja je u Kini služila za proizvodnju tekstila, hrane, papira i u medicini. U Europu je stigla oko 1200 godina pr. Kr. i postala značajna kao izvor sirovine u proizvodnji papira te se koristila i u tiskanju prvih primjeraka Biblije (Ranalli i Venturi, 2004.; Thamae i sur., 2009.; Johnson, 2013.). Industrijska konoplja iznimno je prilagodljiva biljka koja omogućuje cjelogodišnji uzgoj. S obzirom na svoju otpornost pruža brojne koristi za poljoprivredu, uključujući minimalnu upotrebu sredstava za zaštitu u odnosu na druge usjeve, što je čini izvrsnim izborom za ekološku proizvodnju. Osim toga, smanjuje zakorovljenost te pozitivno utječe na poboljšanje tla u plodoredu (Amaducci i sur., 2008.; Tang i sur., 2022.; Ely i sur., 2022.). Izmjenama Zakona o suzbijanju zlouporabe droga (NN 39/2019.) u 2019. godini proširene su mogućnosti uzgoja konoplje. Ovim zakonom omogućen je uzgoj konoplje ne samo za sjeme već i korištenje cijele biljke za proizvodnju vlakana u industrijske svrhe. Industrijska konoplja zakonski je definirana kao *C. sativa* s THC sadržajem do 0,2 %, a dopuštene su sorte sa Zajedničke sortne liste Europske unije te nije klasificirana kao droga (Ministarstvo poljoprivrede, 2019.). Liberalizacija zakona povećala je proizvodnju konoplje u Hrvatskoj, što nas istodobno dovodi do novih izazova, uključujući moguću pojavu biljnih bolesti. Iako su bolesti konoplje do sada bile rijetke i uglavnom neprimijećene među proizvođačima, smanjena rotacija usjeva i plodored mogli bi povećati njihovu učestalost, uključujući infekcije uzrokovane patogenima iz roda *Fusarium*. Fuzarioze se često pojavljuju tijekom vlažnih i toplih proljetnih mjeseci, posebno u osjetljivijih sorata konoplje (Noviello i Snyder, 1962.). S druge strane, suha trulež, prouzročena patogenom *Macrophomina phaseolina*, sve je prisutnija tijekom vrućih i sušnih ljeta koja su postala česta u Hrvatskoj posljednjih deset godina (Lodha i Mawar, 2020.). Ovim će se radom informirati proizvođače o pojavi dviju bolesti na industrijskoj konoplji u Hrvatskoj, fuzarijskom venuću uzrokovanom *F. oxysporum* i suhoj truleži korijena i stabljike konoplje uzrokovanom *M. phaseolina*, koje su u Hrvatskoj prvi put potvrđene 2019. godine (Duvnjak i sur., 2023a.; Duvnjak i sur., 2023b.). Rad će pružiti osnovne smjernice za prepoznavanje tih bolesti, upravljanje njima i prevenciju.

## PATOGENEZA I SIMPTOMATOLOGIJA UZROČNIKA FUZARIJSKOG VENUĆA

Različite *Fusarium* vrste parazitiraju velik broj biljnih vrsta, uključujući povrće, cvijeće, ratarske kulture, poput pšenice, ječma, kukuruza, pamuka, konoplje i duhana, te zeljaste višegodišnje ukrasne biljke i plantažne kulture, poput banana, kave i šećerne trske (Agrios, 2005.). U Hrvatskoj su osobito ugroženi

usjevi kukuruza i pšenice. Vrste roda *Fusarium* mogu preživjeti kao saprofiti ili paraziti na različitim dijelovima biljaka, uključujući korijen, stabljiku, listove, cvjetove i sjeme (Summerell i sur., 2003.). Održavaju se putem spora ili micelija u zaraženim tkivima i na sjemenu ili u njemu (Agrios, 2005.). Širenje patogena odvija se putem zraka, opreme i vode, a izvor zaraze može biti kontaminirano sjeme, zaraženo tlo ili alternativni biljni domaćini. Uzročnici fuzarijskog venuća biljaka pripadaju kompleksu *F. oxysporum*, specijaliziranu za različite domaćine (formae speciales). Vrsta *F. oxysporum* posebno je važna zbog svoje prisutnosti u tlu te je prema Lombard i sur. (2019.) najčešće izolirana i ekonomski najznačajnija vrsta iz roda *Fusarium*. Zaraza započinje u korijenu biljke, što uzrokuje začepljenje provodnog sustava i smanjenje protoka vode iz korijena prema nadzemnim dijelovima biljke (Zhang i sur., 2005.). Biljka tada trpi nedostatak vode i hranjivih tvari, što se očituje u nekrotizaciji, smanjenju prinosa plodova i općem venuću biljke (Baayen i sur., 2000.). Simptomi zaraze uključuju zaostajanje u rastu, žućenje i venuće lišća te crvenkaste promjene u ksilemu, koje su vidljive kao linije ili lezije na poprečnu presjeku stabljike. U vlažnim se uvjetima na vanjskoj strani zahvaćenih stabljika često razvije bijela, ružičasta ili narančasto-žuta micelarna prevlaka (Okungbowa i Shittu, 2012.).

### Fuzarijsko venuće konoplje

Vrste roda *Fusarium* ekonomski su značajni uzročnici bolesti konoplje (Gwinn i sur., 2022.), a među njima izdvajaju se *Fusarium solani* i *Fusarium oxysporum* (Punja i sur., 2019.). Fuzarijsko venuće konoplje uzrokuju dvije vrlo slične vrste: *Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *vasinfectum* (G.F. Atkinson) Snyder & H.N. Hansen i *Fusarium oxysporum* f. sp. *cannabis*. Ta je bolest prvi put opisana na konoplji u istočnoj Europi prije oko 50 godina. Na konoplji se simptomi manifestiraju žućenjem i smeđenjem listova, njihovim odumiranjem, venućem biljke te smanjenjem broja cvjetova i njihovim propadanjem (McPartland i Hillig, 2004.). Prvi su simptomi bolesti male, tamne nepravilne pjege na donjim listovima (McPartland i Hillig, 2004.). Vrhovi listova uvijaju se prema licu, listovi se suše, javlja se promjena boje u žuto-smeđu te ostaju visjeti na biljci. Peteljke, grane, a ponekad i stabljike, također se mogu saviti, a stabljika poprima žuto-smeđu nijansu. Na poprečnu se prerezu stabljike u ksilemskom tkivu vidi crvenkasto-smeđa promjena (Noviello i Snyder, 1962.). Različiti klimatski i okolišni uvjeti imaju važnu ulogu u razvoju fuzarijskog venuća konoplje. Bolest se brzo širi za topla vremena kada je optimalna temperatura oko 26 °C, dok simptomi često postaju očiti tek s dolaskom visokih ljetnih temperatura. Razvoj bolesti dodatno pospešuju niske razine fosfora i dušika, kiseo pH tla te kratkotrajna svjetlost slabog intenziteta (Gwinn i sur., 2022.). Fuzarijsko venuće značajno narušava kvalitetu i prinos vlakana konoplje te ima nepovoljno djelovanje na proizvodnju i kvalitetu sjemena. Sjemenke zaražene

tim patogenom nisu prikladne za ljudsku potrošnju ili daljnji uzgoj (Gwinn i sur., 2022.). Osim toga, mikotoksini koje proizvode *Fusarium* vrste ozbiljan su agronomski izazov, jer mogu ograničiti dostupnost hrane i stočne hrane te prouzročiti ozbiljne zdravstvene probleme kod ljudi i životinja (Agostinelli i sur., 2012.).

### Mjere zaštite

Konoplja je visoko vrijedan usjev, ali zbog ograničenih mogućnosti za suzbijanje bolesti postoji potreba za razvojem učinkovitih kemijskih i bioloških strategija kontrole. Iako konvencionalni fungicidi mogu smanjiti učestalost bolesti uzrokovane *Fusarium* sp. i biti korisni u slučaju infekcije, njihova učinkovitost varira ovisno o patogenu, a neki mogu biti fitotoksični za konoplju. Ostaci sredstava za suzbijanje patogena poseban su problem, osobito u nasadu konoplje koja se uzgaja u medicinske svrhe, zbog nedovoljna nadzora i korištenja neodobrenih preparata, što često rezultira kontaminacijom proizvoda (Akinrinlola i sur., 2021.). Proizvođači u Hrvatskoj do sada nisu prijavljivali probleme s bolestima konoplje, a prema podacima iz FIS baze (FIS, 2024.) trenutačno ne postoje registrirani fungicidi za zaštitu konoplje u Hrvatskoj. S obzirom na nedavno otkriveno fuzarijsko venuće, potrebna su daljnja istraživanja kako bi se pronašla odgovarajuća učinkovita sredstva za zaštitu toga vrijednog usjeva. Stoga, kontrola bolesti uzrokovanih vrstama roda *Fusarium* trebala bi se temeljiti na primjeni učinkovitih mjera zaštite. Ključne mjere uključuju rotaciju usjeva s biljkama koje nisu domaćini patogenu, duboku obradu tla radi smanjenja struktura kojima se patogen održava u tlu, te sjetva genski otpornih sorata (Rojas i sur., 2018.; Jeff i Williams, 2019.). Biološka kontrola korištenjem korisnih mikroorganizama, kao što su vrste iz roda *Trichoderma* i *Bacillus*, pokazala se vrlo učinkovitom. Ti mikroorganizmi sintetiziraju antimikrobne spojeve i aktiviraju obrambene mehanizme biljaka, čime značajno pridonose suzbijanju patogena i nisu toksični za agroekosustav (Baffoni i sur., 2015.; Pavlovskaya i sur., 2020.).

### Patogeneza i simptomatologija uzročnika suhe truleži korijena i stabljike

Uzročnik suhe truleži korijena i stabljike, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., fakultativni je parazit i jedan od najštetnijih tlom i sjemenom prenosivih patogena. Pripada porodici *Botryosphaeriaceae* i uzrokuje prerano sušenje biljaka. Vrsta *M. phaseolina* naširoko je rasprostranjena i može inficirati više od 500 biljnih vrsta u više od 100 biljnih porodica, uključujući suncokret, soju, šećernu repu, lucernu, kukuruz, duhan i batat. Infekcija tim patogenom može se javiti u svim fazama razvoja domaćina uzrokujući raznolike simptome. Zbog simptoma koji se očituju na biljkama, često se naziva „suha“ ili „ugljenasta“ trulež. Štete koje uzrokuje u poljoprivrednim kulturama u vrućim i sušnim

godinama mogu biti značajne (Jurković i sur., 2017.). Gljiva *M. phaseolina* razvija micelij u provodno tkivo korijena i bazalnih internodija domaćina, narušavajući transport vode i hranjivih tvari do gornjih dijelova biljke. Od infekcije nastaju kloroze, naglo venuće te prerano odumiranje biljaka (Marquez i sur., 2021.). U blizini tla, na stabljikama i u njima uočava se velik broj sitnih okruglih do blago duguljastih crnih mikrosklerocija. Mikrosklerocije mogu biti toliko brojne da biljnom tkivu daju sivkasto-crnu nijansu. Te su strukture primaran izvor infekcije i mogu preživjeti u suhom tlu na zaraženim biljnim ostatcima do 15 godina. U vlažnim uvjetima, mikrosklerocije ostaju vijabilne 7 do 8 tjedana. Taj patogen postaje sve prisutniji zbog promjena klimatskih uvjeta, poput toplijih i sušnijih ljeta, u posljednjem desetljeću sve učestalijih u istočnoj Hrvatskoj. Klijanje mikrosklerocija događa se tijekom vegetacije kada su temperature tla između 28 i 35 °C, s optimalnim uvjetima oko 30 °C, što gljivu *M. phaseolina* svrstava među termofilne vrste (Kaur i sur., 2012.; Gupta i sur., 2012.).

### Mjere zaštite

Istraživanja u svijetu potvrdila su određeni stupanj učinkovitosti ponekih djelatnih tvari u suzbijanju *M. phaseolina* (Khalikar i sur., 2011.; Parmar i sur., 2017.), no u Hrvatskoj nijedan fungicid nije registriran za tu namjenu. Stoga se za zaštitu usjeva od suhe truleži preporučuje provođenje svih mjera koje osiguravaju optimalan rast i razvoj biljaka kako bi se umanjio nepovoljan učinak okolinskih čimbenika. U te se mjere ubrajaju višegodišnji plodored, odabir kultivara tolerantnih na sušu i na uzročnika bolesti te sjetva zdravog i kvalitetnog sjemena. Također, solarizacijom tla moguće je značajno smanjiti količinu inokuluma u tlu. Solarizacija tla koristi sunčevu energiju za kontrolu patogena u tlu. Ta mjera uključuje malčiranje tla i prekrivanje velikom, obično prozirnom polietilenskom ceradom, što omogućava zadržavanje sunčeve energije i zagrijavanje tla. Istraživanja sugeriraju da solarizacija može biti jednako učinkovita u suzbijanju patogena kao i neki fungicidi (Israel i sur., 2005.; Yildiz i sur., 2010.).

### ISTRAŽIVANJE POJAVE FUZARIJSKOG VENUĆA I SUHE TRULEŽI NA INDUSTRIJSKOJ KONOPLJI U HRVATSKOJ

U kolovozu 2019. godine na komercijalnim je poljima konoplje kultivara *Fibranova* u Vladislavcima pokraj Osijeka primijećeno venuće oko 15 % biljaka. Na prikupljenim uzorcima biljaka i korijenju uočeni su simptomi vanjskog i unutarnjeg smeđenja na bazi stabljika, međužilna kloroza listova te ugibanje izboja (slika 1a). Na korijenu zaraženih biljaka nakon uklanjanja vanjskog sloja kore uočene su zone tkiva crvenkasto-smeđe boje (slika 1b). Daljnjim

laboratorijskim analizama utvrđena je prisutnost gljive *F. oxysporum*.



**Slika 1.** Fuzarijsko venuće konoplje: a) simptomi na listovima, b) simptomi na korijenu (snimio: T. Duvnjak, 2019.)

**Figure 1.** Fusarium wilt of hemp: a) symptoms on leaves, b) symptoms on roots (photo: T. Duvnjak, 2019)

Osim simptoma fuzarijskog venuća, u istim poljima uočeni su i simptomi suhe truleži korijena i stabljike koja je izazvala prijevremeno venuće oko 1,5 %



**Slika 2.** Suha trulež korijena konoplje (snimio: T. Duvnjak, 2019.)

**Figure 2.** Dry root rot of hemp (photo: T. Duvnjak, 2019)

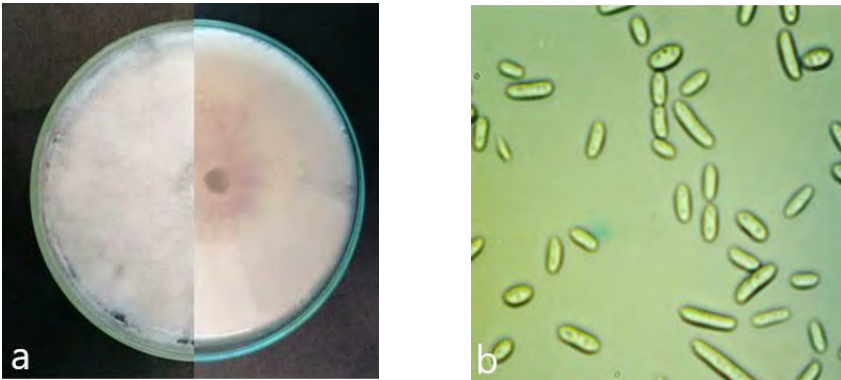
biljaka. Bolesne biljke pokazivale su klorozu, brzo venuće, nekrozu i klorozu i prerano odumiranje. Stabljike tih biljaka bile su potpuno isušene, dok su unutarnja tkiva postala spužvasta i mekana. Na dijelovima stabljika neposredno iznad površine tla uočena je diskoloracija tkiva s malim, okruglim do izduženim crnim mikrosklerocijama, dok su na korijenu uočena nekrotična smeđe-siva područja (slika 2).



## Rezultati laboratorijske analize

Nakon sedmodnevne inkubacije na krumpir dekstroznom agaru (eng. Potato dextrose agar, PDA), kolonije *F. oxysporum* razvile su pamučno bijeli do svijetloružičasti zračni micelij s bezbojnom do svijetloružičastom donjom površinom (slika 3a). Hife su bile prozirne, glatke, razgranate i septirane. Makrokonidije su imale tipičan srpast oblik s bazalnom stanicom u obliku stopala, izduženom apikalnom stanicom te su imale tri do pet septi (slika 3b). Morfološke karakteristike kulture potvrdile su prisutnost patogena *F. oxysporum*.

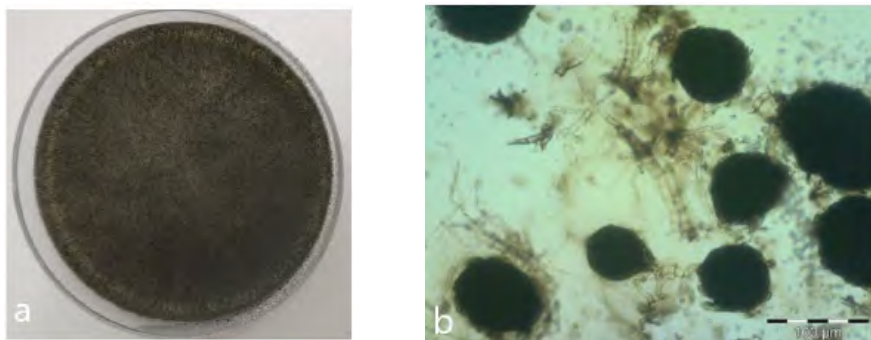
Konvencionalnom PCR metodom potvrđena je vrsta *F. oxysporum*, a identificiran je novi izolat HFox1. Sekvence izolata HFox1 (GenBank brojevi: OM475708 i OR149071) bile su u potpunosti usklađene s referentnim sekvencama *F. oxysporum* (GU724513, KX196809 i MK461973), što potvrđuje njegov identitet.



**Slika 3.** Prikaz kulture i konidija *F. oxysporum*: a) 12 dana stara kultura *F. oxysporum* na hranjivoj podlozi; b) mikroskopski prikaz mikrokonidija *F. oxysporum* (snimila: K. Vrandečić, 2019.)

**Figure 3.** Culture and conidia of *Fusarium oxysporum*: a) 12-day-old culture of *Fusarium oxysporum* on nutrient medium; b) microscopic view of *Fusarium oxysporum* microconidia (photo: K. Vrandečić, 2019)

Uzorci biljaka sa simptomima suhe truleži korijena uzeti su za laboratorijsku analizu. Dvadeset segmenata korijena i krune zaraženih biljaka površinski su sterilizirani i postavljeni na krumpir dekstroza agar (PDA) s dodatkom antibiotika. Nakon inkubacije u mraku na  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  tijekom sedam dana, izolirana je čista kultura koja je proizvela brojne tamne, tvrde, mikrosklerocije (slika 4). Na temelju morfoloških karakteristika kulture i mikrosklerocija potvrđena je prisutnost gljive *M. phaseolina*.



**Slika 4.** Prikaz kulture i mikrosklerocija *M. phaseolina*: a) 7 dana stara kultura *M. phaseolina* na hranjivoj podlozi; b) mikroskopski prikaz mikrosklerocija *M. phaseolina* (snimila: T. Siber, 2019.)

**Figure 4.** Culture and microsclerotia of *M. phaseolina*: a) 7-day-old culture of *M. phaseolina* on a nutrient medium; b) microscopic view of *M. phaseolina* microsclerotia (photo: T. Siber, 2019)

### Test patogenosti

Nakon dobivanja čiste kulture *F. oxysporum* proveden je test patogenosti. Sterilno sjeme pšenice i ječma inokulirano je izolatom *F. oxysporum* te je tako umjetno inokulirano sjeme raspoređeno 3 do 4 cm ispod površine sterilnog supstrata u koji je posijana konoplja. Tako nacijepijene posudice inkubirane su u klima-komori na temperaturi  $25 \pm 2$  °C u trajanju od 4 tjedna, uz svjetlosni režim od 12 sati svjetlosti i 12 sati tame. Četiri tjedna nakon inokulacije biljke su počele pokazivati simptome venuća jednake onima zabilježenima na polju (slika 4). Reizolacijom je potvrđena prisutnost *F. oxysporum*. Biljke u kontroli nisu pokazivale simptome fuzarioza.



**Slika 5.** Simptomi na konoplji nakon umjetne infekcije *F. oxysporum* u laboratorijskim uvjetima: a) simptomi venuća uvijanjem vrhova listova; b) uvenuli listovi se suše do žuto-smeđe boje i ostaju visjeti na biljci (snimio: T. Duvnjak, 2019.)

**Figure 5.** Symptoms on hemp after artificial infection with *Fusarium oxysporum* under laboratory conditions: a) wilting symptoms with curling of leaf tips; b) wilted leaves dry to a yellow-brown color and remain hanging on the plant (photo: T. Duvnjak, 2019).

Test patogenosti proveden je i za patogen *M. phaseolina*. Osamnaest biljaka konoplje inokulirano je s deset dana starom kulturom *M. phaseolina* (izolat MP1) u koncentraciji mikrosklerocija od  $10^5$ /ml. Biljke su držane na 28 °C i 70 % vlažnosti s 16-satnim svjetlosnim razdobljem. Nakon deset tjedana 77,8 % inokuliranih biljaka pokazalo je simptome venuća, dok kontrolne biljke nisu pokazivale simptome. Iz inokuliranih biljaka ponovno je izolirana vrsta *M. phaseolina*.

Na temelju simptoma na terenu, morfologije kolonija i konvencionalnom PCR metodom identificiran je novi izolat MP1. Sekvence izolata MP1 (OQ389757) bile su 100 % usklađene s referentnim sekvencama *M. phaseolina* (MG434668), čime je potvrđen njegov identitet.

## ZAKLJUČCI

Povećanje proizvodnje konoplje, zahvaljujući liberalizaciji zakona, dovelo je do povećana rizika od učestalije pojave bolesti. Među njima je fuzarijsko venuće uzrokovano gljivom *Fusarium oxysporum* i suha trulež korijena i stabljike uzrokovana *Macrophomina phaseolina*, postaje značajna prijetnja za kvalitetu i prinos konoplje. Prisutnost tih patogena na konoplji u Hrvatskoj ističe potrebu za daljnjim praćenjem pojave bolesti, kao i za provođenjem učinkovitih mjera zaštite. Edukacija proizvođača o uzročnicima bolesti, simptomima i primjeni odgovarajućih mjera zaštite mogu značajno smanjiti rizik od zaraze i osigurati zdravlje usjeva.

## NEW DISEASES IN INDUSTRIAL HEMP IN CROATIA: WHAT PRODUCERS NEED TO KNOW

### SUMMARY

Hemp (*Cannabis sativa* L.) is one of the oldest known cultivated plants and is widely used worldwide. In recent years, the liberalisation of laws in Croatia has increased industrial hemp production, which has brought new challenges, including the emergence of plant diseases. This article focuses on two specific diseases that were detected for the first time on hemp in Croatia in 2019: Fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum*, and charcoal rot of roots and stems, caused by *Macrophomina phaseolina*. Fusarium wilt is a serious problem in hemp production as it causes wilting of the plants, browning of the leaves and a reduction in fibre and seed yield and quality. The disease spreads most rapidly under warm conditions. Agricultural practices such as crop rotation and deep tillage must be used to control it. On the other hand, charcoal rot on roots and stems is a major problem, especially in hot and dry years. This pathogen causes the plants to dry out prematurely, which can lead

to severe yield losses. Control of *M. phaseolina* includes non-pesticidal methods such as soil solarisation and crop rotation. The paper provides guidelines for the identification of diseases and recommendations for their control and prevention with the aim of maintaining hemp production.

**Keywords:** industrial hemp, *F. oxysporum*, *M. phaseolina*

## LITERATURA

**Agostinelli, A.M., Clark, A.J., Brown-Guedira, G., Van Sanford, D.A.** (2012.). Optimizing phenotypic and genotypic selection for Fusarium head blight resistance in wheat. *Euphytica*, 186, 115-126.

**Agrios, G.N.** (2005.). *Plant pathology* 5th ed. Amsterdam: Elsevier, 922.

**Akinrinlola, R., Hansen, Z.R., Wang, T., Gwinn, K.D., Fei, T.** (2021.). Fungicide efficacy against hemp powdery mildew in the greenhouse. *Phytopathology*, 111 (10), 131-131.

**Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F.H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., Cosentino, S.L.** (2015.). Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 68, 2-16.

**Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., Venturi, G.** (2008.). Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. *Field crops research*, 107(2), 161-169.

**Baayen, R.P., O'Donnell, K., Bonants, P.J., Cigelnik, E., Kroon, L.P., Roebroek, E.J., Waalwijk, C.** (2000.). Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. *Phytopathology*, 90(8), 891-900.

**Baffoni, L., Gaggia, F., Dalanaj, N., Prodi, A., Nipoti, P., Pisi, A., Biavati, B., Di Gioia, D.** (2015.). Microbial inoculants for the biocontrol of *Fusarium* spp. in durum wheat. *BMC microbiology*, 15, 1-10.

**Duvnjak, T., Vrandečić, K., Sudarić, A., Cosić, J., Siber, T., Matosa Kocar, M.** (2023a). First report of hemp fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* in Croatia. *Plants*, 12(18), 3305.

**Duvnjak, T., Vrandečić, K., Sudarić, A., Čosić, J., Matoša Kočar, M.** (2023b). First report of charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* on hemp in Croatia. *Plant disease*, 107(9), 2861.

**Ely, K., Podder, S., Reiss, M., Fike, J.** (2022.). *Industrial hemp as a crop for a sustainable agriculture. Cannabis/hemp for sustainable agriculture and materials*, Springer Singapore, 1-28.

**FIS** (2024.). *Fitosanitarni informacijski sustav*. <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/> (pristupljeno: 6. kolovoza 2024.).

**Gupta, G.K., Sharma, S.K., Ramteke, R.** (2012.). Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Phytopathology*, 160(4), 167-180.

**Gwinn, K.D., Hansen, Z., Kelly, H., Ownley, B.H.** (2022.). Diseases of *Cannabis sativa* caused by diverse *Fusarium* species. *Frontiers in Agronomy*, 3, 796062.

- .....
- Israel, S., Mawar, R., Lodha, S.** (2005.). Soil solarisation, amendments and bio-control agents for the control of *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini* in aridisols. *Annals of Applied Biology*, 146(4), 481-491.
- Jeff, K., DW, Williams.** (2019.). Hemp agronomy-grain and fiber production. *Industrial Hemp as a Modern Commodity Crop*, 58-72.
- Johnson, R.** (2013.). Hemp as an agricultural commodity. Washington, DC, USA: Congressional Research Service, 1-29.
- Jurković, D., Čosić, J., Vrandečić, K.** (2017.). Pseudogljive i gljive ratarskih kultura. Poljoprivredni fakultet Osijek.
- Kaur, S., Dhillon, G.S., Brar, S.K., Vallad, G.E., Chand, R., Chauhan, V.B.** (2012.). Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. *Critical Reviews in Microbiology*, 38(2), 136-151.
- Khalikar, P.V., Gholve, V.M., Adsul, A.K.** (2011.). *In vitro* management of *Macrophomina phaseolina* by chemicals. *International Journal of Plant Protection*, 4(1), 201-203.
- Liu, F.H., Hu, H.R., Du, G.H., Deng, G., Yang, Y.** (2017.). Ethnobotanical research on origin, cultivation, distribution and utilization of hemp (*Cannabis sativa* L.) in China. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 16 (2), 235-242.
- Lodha, S., Mawar, R.** (2020.). Population dynamics of *Macrophomina phaseolina* in relation to disease management: A review. *Journal of Phytopathology*, 168(1), 1-17.
- Lombard, L., Sandoval-Denis, M., Lamprecht, S.C., Crous, P.W.** (2019.). Epitypification of *Fusarium oxysporum*—clearing the taxonomic chaos. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 43(1), 1-47.
- Marquez, N., Giachero, M.L., Declerck, S. and Ducasse, D.A.** (2021.). *Macrophomina phaseolina*: General characteristics of pathogenicity and methods of control. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634397.
- McPartland, J.M., Hillig, K.W.** (2004.). Cannabis clinic fusarium wilt. *Journal of Industrial Hemp*, 9(2), 67-77.
- Ministarstvo poljoprivrede** (2019.). Duhan i konoplja, dostupno na: <https://poljoprivreda.gov.hr/> (pristupljeno: 6. kolovoza. 2024.).
- Noviello, C., Snyder, W.C.** (1962.). Fusarium wilt of Hemp. *Phytopathology*, 52(12), 1315-1317.
- Okungbowa, F.I., Shittu, H.O.** (2012.). Fusarium wilts: An overview. *Environmental Research Journal*, 6(2), 83-102.
- Parmar, H.V., Kapadiya, H.J., Bhaliya, C.M.** (2017.). Efficacy of different fungicides against *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid causing castor root rot. *International Journal of Communication Systems*, 5, 1807-1809.
- Pavlovskaya, N., Gneusheva, I., Solokhina, I., Ageeva, N.** (2020.). The biological activity of subspecies *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum*, the causative agent of fusarium wilt cucumber *in vitro*. *BIO Web of Conferences*, 21, 00021.
- Punja, Z.K., Collyer, D., Scott, C., Lung, S., Holmes, J., Sutton, D.** (2019.). Pathogens and molds affecting production and quality of *Cannabis sativa* L. *Frontiers in plant science*, 10, 1120.
- Ranalli, P., Venturi, G.** (2004.). Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*, 140(1), 1-6.
- Rojas, E.C., Jørgensen, H.J., Jensen, B., Collinge, D.B.** (2018.). *Fusarium* diseases:

biology and management perspectives University of Copenhagen, Denmark. Integrated disease management of wheat and barley, Burleigh Dodds Science Publishing 43-66.

**Small, E., Cronquist, A.** (1976.). A practical and natural taxonomy for *Cannabis*. Taxon, 405-435.

**Summerell, B.A., Salleh, B., Leslie, J.F.** (2003.). A utilitarian approach to *Fusarium* identification. Plant disease, 87(2), 117-128.

**Tang, L., Fan, C., Yuan, H., Wu, G., Sun, J., Zhang, S.** (2022.). The Effect of Rotational Cropping of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) on Rhizosphere Soil Microbial Communities. Agronomy, 12(10), 2293.

**Thamae, T., Aghedo, S., Baillie, C., Matovic, D.** (2009.). Tensile properties of hemp and Agave americana fibres. In Handbook of tensile properties of textile and technical fibres Woodhead Publishing, 73-99.

**Yildiz, A., Benlioğlu, S., Boz, Ö., Benlioğlu, K.** (2010.). Use of different plastics for soil solarization in strawberry growth and time–temperature relationships for the control of *Macrophomina phaseolina* and weeds. Phytoparasitica, 38, 463-473.

**Zhang, Z., Zhang, J., Wang, Y., Zheng, X.** (2005.). Molecular detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and *Mycosphaerella melonis* in infected plant tissues and soil. FEMS Microbiology Letters, 249(1), 39-47.

**Zuk-Golaszewska, K., Golaszewski, J.** (2018.). *Cannabis sativa* L.–cultivation and quality of raw material. Journal of Elementology, 23(3).

**izvorni znanstveni rad**

.....  
**Željko TOMIĆ, Adrijana NOVAK, Krešimir ŠIMUNAC, Ivana KRIŽANAC, Dario  
 IVIĆ**

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za zaštitu bilja  
 zeljko.tomic@haphi.hr

***Phytophthora lateralis* Tucker & Milbrath NA PAČEMPRESU  
 (*Chamaecyparis lawsoniana* (A.Murray bis) Parl.) U HRVATSKOJ**

**SAŽETAK**

Pseudogljiva *Phytophthora lateralis* Tucker & Milbrath, najopasniji uzročnik propadanja pačempresa (*Chamaecyparis lawsoniana*), izolirana je prvi put u Republici Hrvatskoj 2015. godine u Koprivničko-križevačkoj županiji. Zbog vrlo izražene patogenosti na pačempresu, vrlo zastupljenu ukrasnom stablu u Europi, *P. lateralis* uvrštena je na A2 listu karantenskih organizama Europske i mediteranske organizacije za zaštitu bilja (EPPO). U radu su prikazani simptomi nagla sušenja pačempresa na mjestu nalaza toga štetnog organizma u Hrvatskoj, što je, prema nama dostupnim podacima, prvi takav nalaz izvan područja vlažne, oceanske klime u Europi. Opisane su i metode izolacije te načini identifikacije *P. lateralis* na temelju morfoloških karakteristika i molekularnim metodama. Budući da je izolat *P. lateralis* (PLMP-15) s pačempresa u Hrvatskoj nedvojbeno homotaličan – stvara oospore, ali samo u specifičnim medijima, opisana je i metoda dobivanja oospora u različitim hranjivim podlogama. U podlogama koje sadržavaju listove pačempresa (*C. lawsoniana*) i tuje (*Thuja occidentalis*) izolat PLMP-15 stvarao je oospore obilno i relativno brzo. Rezultati testa formiranja oospora s PLMP-15 izolatom jasno pokazuju da tvorba oospora ovisi o vrsti hranjive podloge i temperaturi na kojoj se test izvodi.

**Ključne riječi:** *Phytophthora lateralis*, pačempres, simptomi, metode izolacije i metoda dobivanja oospora u hranjivim podlogama.

**UVOD**

Tijekom provođenja programa posebnog nadzora “Novi rizici u biljnom zdravlju” 2015. godine, u nadležnosti Centra za zaštitu bilja Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu, u selu Mali Poganac, u Koprivničko-križevačkoj županiji, na pačempresima (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca') posađenima uz okućnicu zamijećeni su simptomi sušenja. Nakon izolacije iz korjenova vrata i rizosfere bolesnih biljaka identificiran je uzročnik sušenja – pseudogljiva *Phytophthora lateralis*. Prva propadanja pačempresa, koja je izazvao taj iznimno agresivan patogeni organizam, zabilježena su dvadesetih godina prošloga stoljeća (Zobel i sur., 1985.) u rasadniku u Seattleu (SAD), ali je

uzročnik opisan kao *P. lateralis* tek 1942. godine (Tucker i Milbrat, 1942). Od pedesetih godina prošloga stoljeća *P. lateralis* proširila se u jedine svjetske prirodne sastojine *C. lawsoniana* (Port-Orford-cedar, Lawson's cypress) u jugozapadnom Oregonu i sjeverozapadnoj Kaliforniji (Zobel i sur., 1985.), a zatim i kroz cijeli tzv. pacifički sjeverozapadni pojas sve do Britanske Kolumbije u Kanadi, devastirajući kompletne sastojine pačempresa u nekim područjima. Zbog ekstremne patogenosti toga algama sličnog organizma, industrija proizvodnje sadnica ukrasnih pačempresa na zapadnoj obali SAD-a bila je gotovo potpuno uništena (Hansen i sur., 2000.). *P. lateralis* preživljava u tlu, na biljnim ostatcima i širi se trajnim sporama (hlamidospore, oospore) prisutnima u česticama tla (blato) koje prenose vozila, životinje i ljudi, a prisutna je i u vodotocima zaraženih područja u SAD-u. (Hansen i sur., 2000.). Osim toga, na velike udaljenosti vrlo se uspješno prenosi zaraženim sadnicama *C. lawsoniana*, ali i drugih domaćina. Do devedesetih godina prošloga stoljeća jedini poznati domaćin *P. lateralis* bio je pačempres – *C. lawsoniana*, a poslije se poznati krug domaćina proširio na pacifičku tisu (*Taxus brevifolia*), tuju (*Thuja occidentalis*), borovicu (*Juniperus communis*), sibirski čempres (*Microbiota decussata*) i na druge vrste pačempresa (*C. obtusa*, *C. pisifera*) te na neke ukrasne cvjetnice (*Vinca* sp. i *Petunia* sp.), (EPPO, 2024). *P. lateralis* najčešće napada pačempres iz tla, kada zoosporama zarazi korijen, te se zatim micelijem proširi na korjenov vrat i donji dio stabljike (debla), a kada micelij u unutrašnjoj kori i kambiju „zaokruži“ stabljiku, na nadzemnom dijelu biljke uočavaju se simptomi nagloga sušenja. U optimalnim uvjetima za razvoj (puno oborina i temperature 15 – 20 °C) taj patogeni organizam može zaraziti lišće i grane u krošnji pačempresa (Trione 1957.; Robin i sur., 2011.), što je svojstveno *Phytophthora* vrstama s otpadajućim sporangijima, koji su djelomično prisutni i kod *P. lateralis*.

Prvi nalazi *P. lateralis* u Europi zabilježeni su u rasadnicima drvenastog ukrasnog bilja u Francuskoj 1996. i 1998. te u Nizozemskoj 2005. i 2010. godine (EPPO, 2024). Iako se smatralo da je taj štetni organizam uspješno eradiciran, prvi simptomi propadanja na pačempresima koji su bili zasađeni kao vjetrobrani na području Bretanje u Francuskoj pojavili su se između 2005. i 2008. godine (Robin i sur., 2011.), a u godinama koje su uslijedile zabilježena su masovna sušenja na tome području. Do sada je u Europi *P. lateralis* nađena još u Velikoj Britaniji (Green i sur., 2013.) i Irskoj (EPPO, 2024), u područjima s blagom oceanskom klimom, sličnoj onoj koja prevladava na zapadnoj obali SAD-a.

U novijoj literaturi (Brasier i sur., 2010. i 2012.; Webber i sur., 2012.; Werres i Wagner, 2012.; Green i sur. 2013.; Jung i sur., 2018.; Peterson i sur., 2020.) razni autori navode da izolati *P. lateralis* korišteni u tim istraživanjima nisu formirali oospore na hranjivim podlogama. Na specijaliziranoj internetskoj stranici za identifikaciju *Phytophthora* vrsta (IDphy, 2024) *P. lateralis* opisana je kao sterilna vrsta (ne stvara oospore), iako ju je kao homotaličnu opisao Trione



1957. i 1974. godine. Homotaličnost (samooplodnost) izolata PLMP-15, testirana je u ovome radu na tri hranjive podloge prikladne za stvaranje oospora i dvije različite temperature inkubacije. U radu je opisana metoda na hranjivim podlogama s listovima pačempresa (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca') i tuje (*Thuja occidentalis* 'Smaragd'), kojom su već nakon dva tjedna dobivene oospore izolata PLMP-15.

## MATERIJAL I METODE

U travnju 2015. godine, tijekom monitoringa na području Koprivničko-križevačke županije, u selu Mali Poganac, uz ogradu okućnice (slika 1), uočeno je šest biljaka pačempresa (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca'), starosti šest do sedam godina, od kojih su dvije pokazivale znakove sušenja. Prva biljka u nizu, sa simptomima sušenja, izvađena je iz tla i, nakon što su ispod kore na korjenovu vratu zamijećeni simptomi slični onima koje izaziva *P.lateralis* (slika 2), uzeta na laboratorijsku analizu.

U studenome 2015. godine, na istoj je lokaciji zamijećeno sušenje još tri pačempresa u nizu (slika 3) pa su uzeti uzorci tla (cca 1 kg) iz rizosfere tih biljaka i testirani na *Phytophthora* vrste metodom mamaca s pomoću listova rododendrona Cunningham's white (Themann i Werres, 1998), i pačempresa u laboratoriju.

### Hranjive podloge korištene za izolaciju, identifikaciju i formiranje oospora

Za direktnu izolaciju *P. lateralis* iz korjenova vrata pačempresa korištena je selektivna hranjiva podloga:

- P<sub>5</sub>ARP Media – selektivna podloga za izolaciju *Phytophthora* vrsta (Erwin i Ribeiro, 2005.)

Za morfološku identifikaciju do vrste korištene su slijedeće neselektivne hranjive podloge:

- Carrot piece agar (CPA) – 50 g narezanih komadića korijena mrkve i 22 g agara (Select agar, Sigma-Aldrich,) u 1000 ml destilirane vode, uz autoklaviranje na 121 °C (Werres i sur., 2001.).
- 30 %-tni V8 Campbell's juice – agar (hranjiva podloga od soka raznog povrća ) (Erwin i Ribeiro, 2005.)
- Potato-Dextrose Agar (PDA, Oxoid ili Biolife)

Za testiranje tvorbe oospora, osim CPA podloge koja se, budući da je izvrsna za tu namjenu, rutinski koristi u Laboratoriju za mikologiju HAPIH Centra za zaštitu bilja, u ovome su radu korištene i dvije hranjive podloge kao njezina modifikacija:

- *Chamaecyparis* leaf agar (CHLA) – modifikacija CPA hranjive podloge: 50 g narezanih dijelova lista pačempresa (*C.*

*lawsoniana* 'Columnaris Glauca') i 15 g agara (Select agar, Sigma-Aldrich) u 1000 ml destilirane vode, uz autoklaviranje na 121 °C 15 minuta.

- *Thuja* leaf agar (THLA) – modifikacija CPA hranjive podloge: 50 g narezanih dijelova lista tuje (*Thuja occidentalis* 'Smaragd') i 15 g agara (Select agar, Sigma-Aldrich) u 1000 ml destilirane vode, uz autoklaviranje na 121 °C 15 minuta.

### Metode izolacije *P. lateralis* iz pačempresa

Za izravnu izolaciju izolata PLMP-15 iz pačempresa korištena je P<sub>5</sub>ARP selektivna podloga u koju su stavljeni skalpelom svježe odrezani komadići unutarnje kore s korjenova vrata pačempresa (5-6 po Petrijevoj zdjelici, Ø 90 mm), na kojemu su bili prisutni simptomi posmeđenja (nekroze). Svaki je odrezani dio korjenova vrata (veličine cca. 5 x 5 mm) sadržavao liniju između zdravoga i bolesnoga tkiva. Prije stavljanja na P<sub>5</sub>ARP hranjivu podlogu ti su odrezani komadići bili oprani u destiliranoj vodi i nakon toga osušeni između dva sterilna filter-papira.

Za izolaciju iz truloga korijena i tla korištena je tzv. metoda mamaca na listove rododendrona (Themann i Werres, 1998.). U ovome su radu kao mamac, uz listove rododendrona (*Rhododendron* 'Cunningham's White'), korišteni svježe ubrani, zdravi listovi pačempresa (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca'). „Pecanje“ *Phytophthora* vrsta na listove rododendrona i pačempresa odvijalo se u komori, u tami, na 15 °C. Metoda je provedena kako je opisano u izvornom radu (Themann i Werres, 1998.), u tri plastične posude (veličine 25 x 15 cm) stavljeno je 200 g tla i pripadajućeg korijenja (tri uzorka) i 400 ml destilirane vode te je na površinu vode u svakoj posudi postavljeno pet zdravih listova rododendrona (Cunningham's White) uz dodatak 2 g narezanih potpuno zdravih listova (prethodno ispranih u destiliranoj vodi) pačempresa (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca'). Pet do deset dana nakon što se ostvarila zaraza listova rododendrona i pačempresa, zaraženi komadići listova (cca. 3 x 3 mm), prethodno isprani u destiliranoj vodi, stavljeni su na P<sub>5</sub>ARP podlogu kako bi se izolirao patogen.

Petrijeve zdjelice (Ø 90 mm) s komadićima korjenova vrata te listova rododendrona i pačempresa na P<sub>5</sub>ARP podlozi, inkubirane su u komori na 15 °C, u tami. Spororastući micelij presađen je nakon tjedan dana na CPA, V8 i PDA hranjive podloge (Petrijeve zdjelice, Ø 90 mm) radi identifikacije i ostavljen na inkubaciju u komori rasta na 15 °C, u tami.

### Identifikacija *P. lateralis* na osnovi morfoloških karakteristika

Identifikacija vrste kod izolata PLMP-15 iz Malog Poganca obavljena je nakon tri do četiri tjedna, kada je spororastući micelij prerastao tri četvrtine Petrijeve

zdjelice na CPA, V8 i PDA podlogama. Vrsta je određena na temelju izmjerenih veličina sporangija i hlamidospora te karakteristična lateralnog rasta hlamidospora u CPA i izgleda kolonije na PDA podlozi. Za mjerenje sporangija korištena je 30 %-tna V8 hranjiva podloga. Ta je podloga, s izolatom PLMP-15, izrezana na komade veličine 30 x 30 mm i stavljena u sterilnu staklenu Petrijevu zdjelicu (Ø 120 mm) u koju je dodana prirodna izvorska voda (Jana, Kala, Cetina i sl.), koliko je bilo dovoljno da potpuno prekrije komade izrezane podloge. Ta je Petrijeva zdjelica odložena u komoru rasta na temperaturu 20 °C te je nakon četiri dana inkubacije izmjereno 30 formiranih sporangija i izračunana njihova prosječna veličina. Promjer hlamidospora (30) izmjeren je pod svjetlosnim mikroskopom direktnim mikroskopiranjem Petrijevih zdjelica s izolatom PLMP-15 na CPA hranjivoj podlozi, okrenutih s donje strane ili stavljanjem dijela podloge s izolatom na predmetno stakalce.

Na PDA podlozi analiziran je izgled kolonije radi potvrde identifikacije vrste.

Mjerenja su obavljena svjetlosnim mikroskopom Olympus BX53 programom Imaging Software - CellSens Dimensions.

### Identifikacija *P. lateralis* molekularnim metodama

Radi potvrde identifikacije vrste na osnovi morfoloških obilježja obavljena je identifikacija izolata PLMP-15 amplifikacijom i sekvenciranjem ribosomalne (ITS) i mitohondrijalne (COX1) regije gena.

S površine PDA, sterilnim je skalpelom ostrugano 20 mg micelija izolata PLMP-15 koji je prebačen u eppendorf tubice od 2 ml i usitnjen tučkom u tekućem dušiku. Izolacija DNK obavljena je korištenjem kompleta Dneasy Plant Mini Kit (Qiagen Inc., SAD) prema uputama proizvođača. Za umnažanje ribosomalne regije korištene su početnice ITS 1 i ITS 4 (White i sur., 1990.) dok su za mitohondrijalnu regiju korištene početnice FM84 (5'-TTTAATTTTTAGTGCTTTTGC-3') i FM77 (5'-CACCAATAAAGAATAACCAAAAATG-3') (Martin i sur., 2014.).

Za svaki par početnica pripremljene su zasebne reakcijske smjese. U PCR reakcijskoj smjesi ukupnog volumena 25 µl korišteno je 5 µl ekstrahirane DNK 12,5 µl EmeraldAmp Max PCR mastermix (Takara), 5,5 µl vode (pročišćena voda za PCR) te po 1 µl početnice ITS1 i ITS4. Reakcijska smjesa s početnicama FM84 i FM77 pripremljena je na isti način. Uvjeti za amplifikaciju ITS regije bili su: 95 °C 2 minute, 30 ciklusa na 95 °C 20 sekundi, 55 °C 25 sekundi i 72 °C 50 sekundi, sa završnim izduživanjem na 72 °C 10 minuta. Uvjeti za amplifikaciju COX1 regije bili su 95 °C 3 minute, 35 ciklusa na 95 °C 1 minuta, 56 °C 1 minuta i 72 °C 2 minute, sa završnim izduživanjem na 72 °C 5 minuta (Martin i sur., 2014). Provjera dobivenih PCR produkata izvršena je elektroforezom na 1 %-tnom agaroznom gelu, 45 minuta pri 110 V. Dobiveni PCR produkti pročišćeni su korištenjem kompleta GenElute PCR Clean-Up Kit (Sigma-Aldrich, SAD) i

sekvencirani u Macrogen Inc., Nizozemska. Sekvence su analizirane i uspoređene s referentnim sekvencama iz GenBank baze korištenjem programa BioEdit Sequence Alignment Editor 7.0.9.0. (Hall, 1999.). Uređene sekvence upisane su u GenBank bazu podataka.

### Test patogenosti

Da bi se dokazala patogenost *P. lateral* prema Koch-ovim postulatima, korištena je sljedeća metoda umjetne infekcije pačempresa: Pet trogodišnjih sadnica pačempresa (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca') posađeno je u nove plastične lončice, u prethodno steriliziran supstrat za ukrasno bilje. Izolat PLMP-15 presađen je u tri plastične Petrijeve zdjelice (Ø 90 mm) na V 8 hranjivu podlogu (30%-tnu) i držan u komori rasta na 20 °C. Nakon što je micelij prerastao tri četvrtine Petrijeve zdjelice, V 8 hranjive podloge izrezane su sterilnim skalpelom na komade i stavljene u tri sterilizirane staklene Petrijeve zdjelice (Ø 120 mm) s prirodnom izvorskom vodom te premještene na inkubaciju u komoru na 20 °C. Nakon 4 dana, na izrezanim su se komadima V8 podloge obilno formirali sporangiji *P. lateral*. Kako bi se osigurala što veća količina zoospora potrebnih za umjetnu infekciju posađenih pačempresa, u sve tri Petrijeve zdjelice ubačena su po 2 g narezanih, svježe ubranih, potpuno zdravih, listova pačempresa (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca'), nakon čega su Petrijeve zdjelice vraćene u komoru (20 °C) na daljnju inkubaciju. Nakon 10 dana na zaraženim dijelovima listova pačempresa u Petrijevim zdjelicama obilno su se formirali sporangiji sa zoosporama. Prije umjetne zaraze, skalpelom je oprezno otkopan površinski sloj supstrata u zoni korijena i korjenova vrata posađenih pet sadnica pačempresa. Zatim je sadržaj tri Petrijeve zdjelice (izvorska voda, narezana hranjiva podloga s izolatom PLMP-15 i zaraženi dijelovi listova pačempresa) ispražnjen u zonu korijena tri pačempresa i ponovno prekriven supstratom. Isti postupak ponovljen je i s preostale dvije sadnice koje su predstavljale kontrolu, gdje se umjesto V8 podloge s izolatom PLMP-15 koristila čista V8 podloga. Svih pet sadnica pačempresa postavljeno je u klima-komoru na 18 °C i 75 % relativne vlage zraka uz osvjetljenje 12 sati. U komori su biljke odmah zalivene destiliranom vodom tako da je supstrat bio potpuno zasićen, a svaki je lončić bio postavljen u veću plastičnu posudu tako da se višak vode kod zalijevanja u njima zadržavao. Na taj je način osigurana potpuna zasićenost supstrata vodom u prva dva dana od umjetne infekcije. Poslije su lončići zalijevani vodom do potpune zasićenosti supstrata svakih 5 dana i pratila se pojava simptoma na pačempresima. Nakon pojave simptoma na umjetno zaraženim biljkama pačempresa, iz korjenova vrata s karakterističnim simptomima bolesti, obavljena je reizolacija *P. lateral* na način opisan u metodama izolacije.

## Testiranje izolata PLMP-15 na tvorbu oospora

Za rast izolata PLMP-15 korištena je V8 hranjiva podloga, a za testiranje formiranja oospora korištene su tri hranjive podloge CPA, CHLA i THLA. Svaka je podloga izlivena u četiri sterilne plastične Petrijeve zdjelice (Ø 90 mm). CPA podloga modificirana je tako da su umjesto mrkve korišteni dijelovi listova pačempresa (CHLA) i tuje (THLA), a količina agara smanjena je s 22 na 15 grama. Dijelovi listova tuje korišteni su za podlogu jer *P. lateralis* izaziva tipične simptome „zračne“ infekcije na listovima tuje (Schlenzig, i sur., 2011). Prema dostupnim podacima iz literature, listovi tuje nisu do sada bili korišteni u hranjivim podlogama za formiranje oospora *P. lateralis*.

Izolat *P. lateralis* PLMP-15 prethodno je uzgojen na 30 %-tnoj V8 podlozi u Petrijevim zdjelicama promjera 9 cm. Odrezani komadići V8 hranjive podloge, s ruba kolonije *P. lateralis*, (veličine 5 x 5 mm) stavljeni su na pripremljene CHLA i THLA podloge od kojih je svaka sadržavala najmanje dva komada lista pačempresa ili tuje te na CPA podlogu s narezanim komadićima korijena mrkve. Komadići odrezane 30 %-tne V8 hranjive podloge, koji su sadržavali rastući rub kolonije *P. lateralis*, bili su postavljeni u blizinu (5 – 10 mm) dijelova lista pačempresa i tuje ili narezanog korijena mrkve u CHLA, THLA i CPA podlogama.

U testiranju su korištene dvije debljine izlivanja hranjive podloge u Petrijeve zdjelice kako bi se usporedila brzina stvaranja oospora. Prva, tanja, 2 do 3 mm i druga, deblja, 5 do 6 mm.

Testiranje na tvorbu oospora provedeno je u klima-komorama na temperaturama 15°C i 20°C u mraku. Stvaranje oospora provjeravalo se pod svjetlosnim mikroskopom (Olympus BX53), pregledom donje strane Petrijeve zdjelice s izolatom PLMP-15. Promjer oogonija, oospora i veličina anteridija izmjereni su tako da su komadići CHLA i THLA podloga s *P. lateralis* stavljeni na predmetno stakalce pod svjetlosni mikroskop. Izmjereno je 50 oogonija, oospora i anteridija. Za mjerenje je korišten Imaging Software - CellSens Dimensions program na mikroskopu Olympus BX53.

### Meteorološki podatci

Kako bi se bolje razumjela etiologija bolesti na pačempresima u Malom Pogancu analizirani su meteorološki podatci (oborine i temperatura pri tlu) na području Križevaca za razdoblje od 2011. do 2015. godine. Meteorološki podatci dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske (DHMZ).

### REZULTATI

Iz zaražena korjenova vrata pačempresa, uzorkovanoga u travnju 2015. godine (slika 2), na selektivnoj hranjivoj podlozi (P<sub>5</sub>ARP), izoliran je spororastući micelij karakterističan za *Phytophthora* vrste. Morfološkom analizom rasta micelija i hlamidospora na hranjivim podlogama (CPA, V8 i PDA) te sporangija

koji su se formirali u izvorskoj vodi određeno je da se radi o vrsti *Phytophthora lateralis*, najopasnijem uzročniku propadanja pačempresa.



**Slika 1.** Mali Poganac, **travanj 2015**, sušenje pačempresa (sinimio: Ž. Tomić, 2015.)

**Fig. 1.** Mali Poganac, **April 2015**, Lawson's cypress dieback (photo: Ž. Tomić, 2015)



**Slika 2.** Mali Poganac, **travanj 2015.**, simptomi na korjenovom vratu (snimio: Ž. Tomić, 2015.)

**Fig. 2.** Mali Poganac, **April 2015**, crown rot symptoms (photo: Ž. Tomić, 2015)

U studenome 2015. godine ponovno je obavljen pregled pačempresa na istoj lokaciji te je uočeno sušenje još triju pačempresa (*C. lawsoniana* 'Columnaris Glauca') u nizu (slika 3). Nakon analize prikupljenih uzoraka tla iz rizosfere biljaka sa simptomima sušenja, metodom mamaca na listove rododendrona i pačempresa, izolirana je *P. lateralis* iz svakog od tri uzorka tla.



**Slika 3.** Mali Poganac, **studen 2015.**, simptomi naglog sušenja pačempresa (snimio: Ž. Tomić, 2015.)

**Fig. 3.** Mali Poganac, **November 2015**, sudden dieback and death of *C. lawsoniana* (photo: Ž. Tomić, 2015)

Analizom meteoroloških podataka za područje Križevaca u razdoblju od 2011. do 2015. godine (ovdje nisu detaljno prikazani) utvrđeno je da vremenski uvjeti nisu bili optimalni za razvoj *P. lateralis* sve do 2014. godine. Naime, od 2011. do 2013. prevladavale su vremenske prilike karakteristične za klimu sjeverne Hrvatske, sa čestim sušnim razdobljima i visokim temperaturama zraka ljeti te niskima zimi (često ispod 0 °C). Osobito se ističe 2012. godina s ljetnim temperaturama i do 38,5 °C te zimskima do – 20 °C. Tijekom 2014. godine vremenske prilike bile su potpuno drugačije od uobičajenih, ekstremne količine oborina, značajno niže temperature od prosječnih ljeti i neuobičajeno topli zimski mjeseci bili su idealni za širenje zaraze s *P. lateralis* na pačempresima. Tijekom proljetnih mjeseci 2015. godine (ožujak i travanj) zabilježena je neuobičajeno mala količina oborina na području Križevaca, što je, uz karakteristično sušno i vrlo toplo ljeto, pogodovalo pojavi simptoma naglog sušenja pačempresa.

### Morfološke karakteristike izolata PLMP-15

Najvažnije je morfološko obilježje *P. lateralis* tvorba većinom sferičnih (kuglastih), lateralnih hlamidospora na hifama u hranjivoj podlozi, po čemu je ova vrsta dobila ime. Analizom na CPA hranjivoj podlozi utvrđeno je da izolat PLMP-15 obilno stvara hlamidospore, većinom lateralno na hifama. Mjerenjem promjera hlamidospora PLMP-15 izolata utvrđeno je da je raspon veličina u skladu s opisom hlamidospora *P. lateralis* u originalnom radu (Tucker i Milbrath 1942.). Prosječna veličina bila je 42 µm, minimalna 35 µm, a maksimalna 71 µm. Mlade hlamidospore su tankostjene, a zrele, osobito u tkivu domaćina gdje uslijed izlučivanja pigmenta poprimaju zlatno do tamnosmeđu boju, imaju debelu stijenku (slika 4).

Iako je većina sporangija izolata PLMP-15 perzistentna na sporangioforima i bez papile, tijekom analize utvrđena je prisutnost i otpadajućih sporangija s kratkom drškom (slika 5). Dio takvih sporangija na vrhu formira zadebljanje koje je vrlo slično semipapili. Mjerenjem sporangija izolata PLMP-15 utvrđeno je da njihov oblik i raspon veličina odgovara opisu sporangija *P. lateralis* u originalnom radu (Tucker i Milbrath 1942.). Izmjerena veličina sporangija bila je u rasponu 23 – 62 x 15 – 22 µm.

Na hranjivim podlogama CPA, V8 i PDA, korištenima za analizu morfoloških karakteristika izolata PLMP-15, *P. lateralis* nije stvarala oospore. Izgled kolonije izolata PLMP-15 na PDA podlozi potpuno je odgovarao opisu u literaturi (IDphy, 2024.).



**Slika 4.** *P. lateralis* – hlamidospore na listu pačempresa u izvorskoj vodi (snimio: Ž. Tomić, 2015.)

**Fig. 4.** *P. lateralis* – chlamydospores on the Lawson's cypress leaf in the spring water (photo: Ž. Tomić, 2015)



**Slika 5.** *P. lateralis* – perzistentni i otpadajući sporangiji (snimio: Ž. Tomić, 2015.)

**Fig. 5.** *P. lateralis* – persistent and deciduous sporangia (photo: Ž. Tomić, 2015)

### Potvrda identifikacije *P. lateralis* molekularnim tehnikama

Sekvenca ITS regije reprezentativnog izolata PLMP-15 pokazala je 100 %-tnu podudarnost sa sekvencama *P. lateralis* MG865522 – extype sequence , MK780085 i KJ755127 iz GenBank baze. ITS sekvenca izolata PLMP-15 upisana je u GenBank bazu pod pristupnim brojem ON318974.

Sekvenca COX1 regije reprezentativnog izolata pokazala je 100 %-tnu podudarnost sa sekvencama *P. lateralis* JX121303 i MK792735 te MH136917 – extype sequence iz GenBank baze.

COX 1 sekvenca izolata PLMP-15 upisana je u GenBank bazu pod pristupnim brojem ON375540.

### Test patogenosti

Prvi simptomi promjene boje listova (sivo-zelena) tri umjetno zaražena pačempresa, bili su zamijećeni 100 do 120 dana od umjetne infekcije, a simptomi identični onima na lokaciji u Malom Pogancu (potpuno sušenje i nekroza korjenova vrata) pojavili su se nakon šest do sedam mjeseci. Dva pačempresa koja su poslužila kao kontrola u testu patogenosti nisu pokazala



.....

nikakve simptome bolesti. Iz korjenova vrata sva tri umjetno zaražena pačempresa, postupkom opisanim u metodama izolacije, na selektivnoj P<sub>5</sub>ARP podlozi izolirana je *P. lateralis*, čime su potvrđeni Kochovi postulati testa patogenosti.

### Test na tvorbu oospora

Rezultati testa na formiranje oospora s izolatom PLMP-15 jasno ukazuju da tvorba oospora ovisi o vrsti hranjive podloge i temperaturi na kojoj se testiranje obavlja (tablica 1). CPA hranjiva podloga, inače izvrsna za stvaranje oospora kod većine *Phytophthora* vrsta, nije prikladna za *P. lateralis* jer se u njoj oospore te vrste nisu formirale, neovisno o temperaturama korištenim u testiranju. Na podlogama s inkorporiranim listovima pačempresa (CHLA) i tuje (THLA) oospore su se obilno formirale samo na temperaturi 15 °C. Na temperaturi 20 °C oospore izolata PLMP-15 stvarale su se samo sporadično (nekoliko oospora u četiri Petrijeve zdjelice) u CHLA i THLA podlogama.

**Tablica 1.** Formiranje oospora u različitim hranjivim podlogama i temperaturama nakon 30 dana

**Table 1.** Formation of oospores in different agar media and temperatures after 30 days

Temperatura	Hranjiva podloga		
	CPA PLMP-15	CHLA PLMP-15	THLA PLMP-15
15 °C	-	+++	+++
20 °C	-	+	+

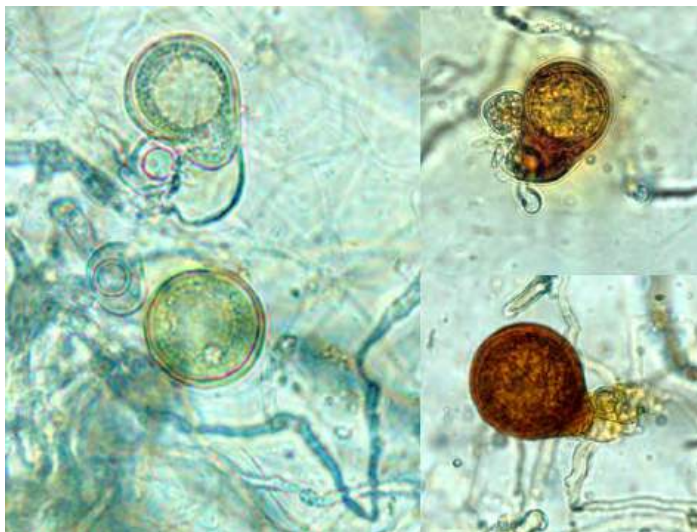
- = ne stvara oospore, + = rijetko formira oospore, +++ = obilno formira oospore

- = does not form oospores, + = rarely forms oospores, +++ = abundantly forms oospores

Prve oospore u CHLA podlozi, do 3 mm debljine, na 15 °C bile su vidljive, u sve četiri Petrijeve zdjelice, nakon dva tjedna u agaru (15. – 16. dan). Debljina izlijevanja podloge imala je utjecaj na brzinu formiranja oospora, u CHLA podlozi debljine do 6 mm prve su oospore bile vidljive nakon tri tjedna (21. – 23. dan). U THLA podlozi oospore se nisu stvarale unutar 30 dana u agaru, ali su se zato obilno formirale u dijelovima lista tuje, u sve četiri Petrijeve zdjelice. Oospore u listu tuje u podlozi počele su se formirati nakon tri tjedna, a nakon 28 dana u listovima se pod mikroskopom moglo vidjeti obilje tamnosmeđih oospora (slika 6). Nakon 30 dana oospore su se formirale i u agaru THLA hranjive podloge.

Zanimljivo je to što su se oospore *P. lateralis* obilno formirale i u Petrijevim zdjelicama s CHLA i THLA podlogama koje su držane na 20 °C kada su, nakon što se u razdoblju od 30 dana nisu obilno formirale oospore, premještene u

hladnjak na 5 – 7 °C. Na toj temperaturi u roku od 10 do 14 dana formirale su se oospore u listovima *C. lawsoniana* i *T. occidentalis* unutar podloga. Iz analize utjecaja temperature na tvorbu oospora izolata *P. lateralis* PLMP-15 može se zaključiti da se neusporedivo brže i obilnije formiraju na značajno nižim temperaturama (do 15 °C) od one optimalne za rast micelija i sporulaciju (20 °C).



**Slika 6.** Oospore s paraginim anteridijima u listu *Thuja occidentalis* 'Smaragd' (snimio: Ž. Tomić, 2015.)

**Fig. 6.** Oospores with paragynous antheridia in the leaf of *Thuja occidentalis* 'Smaragd' (photo: Ž. Tomić, 2015)

Mlade oospore u CHLA i THLA hranjivim podlogama zlatnožute su boje i najčešće plerotične (potpuno ispunjavaju oogonij), a neovisno o tome nalaze li se u agaru ili u listovima pačempresa i tuje, zrele oospore najčešće su sferične (kuglaste) i tamnosmeđe boje. Svaka oospora sadrži najčešće jednu veliku „kružnicu“ ooplasta (slika 6) po kojoj se najlakše razlikuje od slično pigmentiranih hlamidospora u hranjivoj podlozi. Velik broj analiziranih oogonija imao je tzv. suženu bazu (tapered base) na koju se naslanjaju relativno veliki anteridiji. Često oogoniji poprimaju oblik zareza (comma-shaped oogonia), a u listovima pačempresa i tuje u podlogama (CHLA i THLA) nerijetko i druge nepravilne izdužene oblike. Izmjerene dimenzije oogonija izolata PLMP-15 iznose 26,8 – 55,44 (44,2) x 24,7 – 54,49 (42,8) μm. Raspon promjera izmjerenih oospora 24 – 52 μm nešto je veći nego onaj u originalnom radu (Trione, 1957), ali je prosječna veličina ista, približno 40 μm. Izmjerena debljina stijenke oospora bila je 1,6 – 3,6 μm, a prosječna 2,7 μm.

Anteridiji izolata PLMP-15 bili su vrlo često jasno vidljivi, osobito na oosporama koje su se formirale u komadiću lista tuje, ako se on dovoljno usitni u kapi vode prije mikroskopiranja. Anteridiji su isključivo paragini, formiraju se

najčešće uz vrat oogonija, uvijek jedan po oospori, oblik im varira od gotovo kuglastih ili izduženih do nepravilnog oblika, a izmjerena veličina bila je 8,1 - 19,2 (13,8) x 9,01 - 30,6 (18,1) µm.

U testiranju tvorbe oospora THLA hranjiva podloga pokazala se najboljom jer listovi tuje ne izlučuju u agar jak crvenkastosmeđi pigment kao listovi pačempresa u CHLA podlozi pa se sve morfološke karakteristike puno jasnije vide pod mikroskopom. Taj pigment otežava analizu morfoloških karakteristika oospora u CHLA podlozi i u njemu je teže razlikovati oospore od hlamidospora, koje se također formiraju u podlozi.

Na ostalim hranjivim podlogama korištenima u radu (V8 i PDA) oospore se nikada nisu formirale.

## RASPRAVA

*Phytophthora lateralis* primjer je egzotičnog, invazivnog patogena koji, dospjevši u okoliš u kojemu prevladavaju optimalni uvjeti za njegov razvoj i u kojemu je osjetljivi domaćin naširoko rasprostranjen, čini drastične štete. Odavno se pretpostavljalo da je podrijetlo ove vrste iz Azije (Zobel i sur., 1985.) zbog rezistentnosti azijskih *Chamaecyparis* vrsta na nju, a kada je *P. lateralis* prvi put nađena u šumi *C. obtusa* na Tajvanu (Brasier i sur., 2010.), a kasnije i u šumama Japana (Jung i sur., 2021.), ta je hipoteza dodatno dobila na važnosti. *P. lateralis* spororastući je patogen prilagođen blagoj i vlažnoj oceanskoj klimi, karakterističnoj za sjeverozapad SAD-a, gdje su rasprostranjene prirodne sastojine *C. lawsoniana* (Port-Orford-Cedar) u kojima je izazvala goleme štete, jer je to stablo vrlo cijenjeno u drvnoj industriji, ali i u proizvodnji pačempresa kao drvenastog ukrasnog bilja na tome području.

Budući da u Europi ne postoje prirodne sastojine pačempresa (postoje plantažne šume u Španjolskoj i Portugalu), širenje *P. lateralis* najviše je rizično za proizvodnju sadnica *C. lawsoniana*, jedne od najvažnijih ukrasnih četinjača u rasadničarskoj industriji (EPPO, 2024). Osim u rasadničarstvu, širenje *P. lateralis* moglo bi biti vrlo opasno i za vrlo velik broj već posađenih ukrasnih stabala pačempresa diljem Europe pa tako i unutrašnjosti Hrvatske (pačempresa gotovo i nema u obalnom području).

Nalaz *P. lateralis* ispred okućnice u Malom Pogancu travnju 2015. godine bio je prilično iznenađujući, a impresivna je bila i brzina propadanja pačempresa jer su se od četiri preostale zdrave biljke tri osušile već do studenoga, a u svibnju 2016. godine na toj lokaciji više nije bilo nijednoga pačempresa (sve su suhe biljke bile uklonjene). Prema podacima dobivenima od vlasnika, pačempresi su bili kupljeni u jednom prodajnom centru na području Koprivničko-križevačke županije i posađeni na jesen 2010. godine. Budući da u tome selu tijekom istraživanja nisu nađeni drugi mogući domaćini *P. lateralis*, niti su na istoj lokaciji prije sađeni pačempresi, jasno je da je su izvor infekcije bile zaražene sadnice, što je vrlo čest slučaj kada se radi o *Phytophthora* vrstama (Jung i sur.,

2016.). Dvije su europske zemlje, u kojima je prisutna *P. lateralis*, iz kojih su sadnice pačempresa mogle doći u Hrvatsku – Nizozemska i Francuska. Budući da je uvoz drvenastoga ukrasnog bilja iz Francuske zanemariv u odnosu na uvoz iz Nizozemske, najvjerojatnije su zaražene sadnice uvezene iz te zemlje.

Tijekom pregleda toga područja sljedećih godina nigdje više nisu zabilježena propadanja pačempresa uzrokovana tim štetnim organizmom, štoviše, i u ostalim krajevima Hrvatske, u brojnim rasadnicima i vrtnim centrima *P.lateralis* nikada nije izolirana iako smo tijekom monitoringa vrlo često nalazili pačemprese sa simptomima sušenja uzrokovanog raznim *Phytophthora* vrstama (*P. cinnamomi*, *P. cactorum*, *P. cryptogea*, *P. multivora* i dr.).

Prisutnost i širenje *P. lateralis* na lokaciji s umjerenom kontinentalnom klimom, gdje se zimi temperature spuštaju znatno ispod 0 °C, a u srpnju i kolovozu nerijetko uz vrlo visoke temperature vlada i jaka suša, veoma je zanimljivo jer je taj patogeni organizam raširen u blagom i vlažnom podneblju oceanske klime. Analiza meteoroloških podataka za područje Malog Poganca (Križevci) za razdoblje od 2011. do 2015. godine objašnjava zašto su pačempresi posađeni potkraj 2010. godine naglo propali tek 2015. do 2016. godine, ali i otkriva mogućnost preživljavanja *P. lateralis* u, za nju, ekstremno nepovoljnim klimatskim uvjetima. Naime, u razdoblju od 2011. do 2013. godine vladale su uobičajene klimatske prilike za to podneblje koje nisu optimalne za razvoj *P. lateralis* i bolest se relativno sporo razvijala (prema izgledu biljaka u travnju 2015. godine vjerojatno su simptomi bili vidljivi na samo jednom pačempresu). U tome razdoblju ističe se 2012. godina s ekstremno niskim temperaturama u veljači (do -20 °C) i ekstremno visokim temperaturama (do 38,5 °C) te jakom sušom tijekom srpnja, kolovoza i rujna, koje je, očigledno, *P. lateralis* uspješno preživjela. Ono što je omogućilo brz razvoj bolesti tijekom 2015. godine bile su vremenske prilike u 2014. godini, koje su obilježili ekstremno kišovito ljeto i jesen (bez uobičajeno visokih temperatura tijekom ljeta) te neuobičajeno topli zimski mjeseci, također s obiljem kiše. Kada je nastupilo sušno razdoblje u ožujku i travnju 2015. godine, počeli su se pojavljivati simptomi nagloga sušenja. Tijekom ljeta ti su se simptomi brzo proširili (što je karakteristično za sušenja uzrokovana *Phytophthora* vrstama), tako da je u studenom samo jedna biljka bila bez simptoma, a i ona se osušila na proljeće 2016. godine.

Nakon potvrde prvog nalaza *P. lateralis* u Hrvatskoj 2015. godine analizirane su morfološke karakteristike izolata PLMP-15. Najvažnije je morfološko obilježje *P. lateralis* tvorba većinom sferičnih, lateralnih hlamidospora na hifama u hranjivoj podlozi. Hlamidospore su zapravo interkalarne, kako je opisano u originalnom radu Tucker i Milbrat (1942.) i radovima kod drugih autora (Trione, 1974.; Erwin i Ribeiro, 2005.), a razvijaju se kao lateralna nabreknuća hifa koja sazrijevanjem zadobiju sesilni oblik. Mjerenjem hlamidospora izolata PLMP-15 utvrđeno je da je njihov promjer u skladu s

rasponom veličina hlamidospora *P. lateralis* koju navode Tucker i Milbrath (1942.). Za formiranje hlamidospora u ovome istraživanju idealnom se pokazala CPA hranjiva podloga. Na toj se podlozi hlamidospore obilno stvaraju, a budući da je to medij niske nutritivne vrijednosti, *P. lateralis* u njemu stvara i sporangije, osobito kada rub kolonije dosegne rub Petrijeve zdjelice.

Iako su Tucker i Milbrath (1942.) opisali sporangije *P. lateralis* kao perzistentne na sporangioforu i bez papile (nonpapilate), u kasnijim istraživanjima (Hansen, 1999.; Brasier i sur., 2010.; Robin i sur. 2011.) utvrđeno je da dio sporangija može biti otpadajući s kratkom drškom, što je karakteristika i PLMP-15 izolata iz Hrvatske (slika 5). Kod dijela otpadajućih sporangija na vrhu se moglo uočiti zadebljanje vrlo slično semipapili (slika 5), što je primijećeno i kod izolata *P. lateralis* u Francuskoj (Robin i sur., 2011.). Takvi otpadajući sporangiji sa zadebljanjem na vrhu koje se vizualno ne razlikuje od semipapile, jako su slični onima koje stvara *Phytophthora ramorum*, filogenetski vrlo bliska *P. lateralis*. Otpadajući sporangiji vrlo su važni za ostvarenje „zračne“ infekcije na granama, listovima i deblu pačempresa i tuje. Za razliku od zaraženih stabala pačempresa u SAD-u (Trione, 1957.), Francuskoj (Robin i sur., 2011.), na Tajvanu (Webber i sur., 2012.) i u Velikoj Britaniji (Schlenzig i sur., 2014.), na nadzemnim dijelovima biljaka *C. lawsoniana* u Malom Pogancu nisu se mogli zamijetiti simptomi napada *P. lateralis*. Simptomi sušenja bili su posljedica zaraze korijena i korjenova vrata.

Tucker i Milbrath (1942.), u originalnom radu, na hranjivim podlogama koje su koristili, nisu našli oospore *P. lateralis*, stoga ih nisu ni opisali. Oospore toga patogenog organizma prvi su put opisane u Trioneovoj doktorskoj disertaciji 1957. godine. Od mnogobrojnih hranjivih podloga korištenih u tome istraživanju oospore su se formirale samo na podlogama s listom *C. lawsoniana*, s uvarkom od lista *C. lawsoniana* (Cedar Decoction Agar) i s listovima lucerne. Zanimljivo je da je u toj doktorskoj disertaciji Tirone naveo da je prosječna debljina stijenke oospora *P. lateralis* 6  $\mu\text{m}$ , ali je u radu iz 1974. godine isti autor napisao da je ta debljina prosječno 2  $\mu\text{m}$ . Pitanje izgleda i veličina anteridija, oogonija, oospora i njihova formiranja u hranjivim podlogama u kasnijim je radovima postalo prilično kontroverzno. U starijim knjigama (Erwin i Ribeiro, 2005.; Gallegly i Hong, 2008.) opisuju *P. lateralis* kao homotaličnu vrstu. Ti autori navode da je debljina stijenke oospore 5 – 6  $\mu\text{m}$ .

U novijoj literaturi (Brasier i sur., 2010. i 2012., Werres i Wagner, 2012., Green i sur. 2013., Jung i sur., 2018., Peterson i sur., 2020.) navodi se da *P. lateralis* ne stvara oospore na različitim hranjivim podlogama ili, ako ih stvara, da je to atipično (Brasier i sur., 2010). Osim toga i na specijaliziranoj internetskoj stranici za identifikaciju *Phytophthora* vrsta (IDphy, 2024.) navodi se da *P. lateralis* ne stvara oospore, odnosno da se radi o sterilnoj vrsti.

Budući da je stvaranje oospora, trajnih spora koje služe za preživljavanje u nepovoljnim uvjetima, vrlo važno svojstvo u etiologiji bolesti domaćina

*Phytophthora* vrsta, u ovome je radu testiran izolat PLMP-15 na tvorbu oospora na različitim hranjivim podlogama.

Rezultati testa pokazali su da izolat PLMP-15 *P. lateralis* obilno formira oospore u CHLA i THLA podlogama na 15 °C, dok na ostalim hranjivim podlogama korištenima u radu (CPA, V8 i PDA) ne stvara oospore. Važan je podatak dobiven testiranjem da se oospore obilno formiraju u CHLA i THLA podlogama na znatno nižoj temperaturi (15 °C) od one optimalne za rast micelija i sporulaciju *P. lateralis* (20 °C). Na 20 °C formiraju se samo sporadično. Budući da, prema podacima dostupnima u literaturi, CHLA i THLA podloge nisu nikada prije korištene za formiranje oospora *P. lateralis* (podloga s listovima pačempresa korištena je samo u Trioneovu istraživanju 1957. i 1974. godine, ali je bila spravljena na drugačiji način), moguće je pretpostaviti da su navedene podloge prikladnije za tvorbu oospora od podloga od uvaraka listova *C. lawsoniana* (Cedar Decoction Agar) i mrkve (Carrot Agar) koju su koristili Brasier i sur. (2010., 2012.) i Green i sur. (2013.) kao i od CPA (Werres i Wagner, 2012.) te CMA (Corn meal agar) podloga (Peterson i sur., 2020.). Naravno, ovu pretpostavku potrebno je potvrditi analizom većeg broja izolata *P. lateralis*. Vrlo je zanimljivo da u dostupnoj literaturi, iako se radi o dobro poznatom, notornom patogenu, ne postoje novije mikrofotografije oospora *P. lateralis*. Posljednje dostupne crno-bijele fotografije objavljene su u knjizi *Phytophthora – Identifying Species by morphology and DNA Fingerprints* (Gallegly i Hong, 2008.), ali je očito da je, od tri objavljene fotografije, samo jedna (vrlo loša) stvarno oospora. Iako se u originalnu opis oospora *P. lateralis* (Trione, 1957. i 1974.) navodi da su anteridiji isključivo paragini, nije opisan njihov oblik niti su navedene njihove dimenzije. U dostupnoj literaturi ne postoje podaci o obliku i dimenzijama anteridija *P. lateralis*. Iz rezultata analize morfoloških karakteristika izolata PLMP-15 može se zaključiti da su anteridiji isključivo paragini, gotovo kuglasti (sferični) ili izduženi, do nepravilnog oblika, relativno veliki, prosječne veličine 14 x 18 µm.

Prema Brasier i sur. (2012.) kod *P. lateralis* poznate su četiri fenotipski i filogenetski različite loze (lineages) od kojih većina europskih izolata pripada tzv. PNW lozi (Pacific North West) zajedno s sjevernoameričkim izolatima. Tvorba oospora kod izolata PLMP-15 u našem laboratoriju sukladna je podacima koji se odnose na američke izolate (PNW lineage) u starijoj literaturi. Ta činjenica također ukazuje da na to da je moguće da je formiranje oospora u hranjivoj podlozi (barem za PNW lozu) prije stvar metode koja se za to koristi, nego atipičnosti izolata, što je potrebno provjeriti u daljnjim istraživanjima. U ovome testiranju vrlo je važna činjenica da izolat *P. lateralis* PLMP-15 vrlo rado stvara oospore u listovima pačempresa i tuje što se potpuno slaže s podacima iz doktorske disertacije u kojoj su oospore prvi put opisane (Trione 1957.), a u kojoj se navodi da *P. lateralis* u prirodi tvori oospore u listovima i grančicama pačempresa. To znači da osim hlamidospora i oospore, kao trajne spore, mogu

.....

imati značajnu ulogu u preživljavanju toga patogenog organizma u nepovoljnim uvjetima, osobito u uvjetima ekstremne suše (Jung i Burgess, 2009.), koji su nerijetko prisutni u kontinentalnim krajevima Hrvatske.

Iz rezultata istraživanja pojave *P. lateralis* na pačempresima (*C. lawsoniana*) u Hrvatskoj može se zaključiti da taj iznimno patogen organizam može preživjeti i u, za njega, ekstremnim uvjetima sušnih i vrućih ljeta i vrlo niskih zimskih temperatura te da se simptomi naglog propadanja i sušenja pačempresa pojavljuju čim se ostvare optimalni uvjeti za njegov razvoj. Osim toga, važno je istaknuti da je izolat PLMP-15 iz Malog Poganca homotaličan i da formiranje oospora u hranjivoj podlozi ovisi o vrsti podloge i temperaturi inkubacije. Način tvorbe oospora u hranjivoj podlozi (mnoštvo oospora u listovima pačempresa i tuje) snažno sugerira da je takvo formiranje oospora prisutno i u prirodi, što je vrlo važno u etiologiji bolesti koju *P. lateralis* uzrokuje, jer joj osigurava preživljavanje i u njoj ekstremnim uvjetima.

I na kraju, nalaz opasnog štetnog organizma *P. lateralis* na pačempresima u Hrvatskoj izvrstan je primjer kako se važni invazivni patogeni lako prenose sadnicama drvenastog ukrasnog bilja unutar EU-a.

***Phytophthora lateralis* Tucker & Milbrath ON LAWSON'S CYPRESS  
(*Chamaecyparis lawsoniana* (A.Murray bis) Parl.) IN CROATIA**

**SUMMARY**

Pseudo-fungus *Phytophthora lateralis* Tucker & Milbrath, the most dangerous cause of *Chamaecyparis lawsoniana* decline and mortality, was isolated for the first time in the Republic of Croatia in 2015. Due to the extreme pathogenicity to Lawson's cypress (*C. lawsoniana*), a widespread ornamental tree in Europe, this pathogen is included in the A2 list of quarantine organisms of the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Symptoms of sudden dieback of Lawson's cypress at the site of the finding in Croatia are shown, which is, to the best of our knowledge, the first such finding outside of the mild and humid oceanic climate in Europe. The paper also describes isolation methods and methods of identification based on morphological characteristics and molecular techniques. Since the isolate of *P. lateralis* (PLMP-15) from *C. lawsoniana* in Croatia is undoubtedly homothallic, but only in a specific media, the method of obtaining oospores in the media containing leaves of Lawson's cypress (*C. lawsoniana* 'Columnaris glauca') and thuja (*Thuja occidentalis* 'Smaragd') is described. On these media isolate PLMP-15 produced oospores relatively quickly and abundantly. The results of the oospore formation test with PLMP-15 isolate clearly indicate that oospore formation depends on the type of nutrient medium and the temperature at which the test is performed. The way in which oospores were formed in the nutrient

medium (the abundance of oospores in the leaves of *C. lawsoniana* and *Thuja occidentalis*) strongly suggests that such oospores formation is also present in the nature, which is very important in the etiology of the disease caused by *P. lateralis*, as it ensures its survival even in extreme conditions for this dangerous pathogen.

The finding of the *P. lateralis* on *C. lawsoniana* in Croatia is an excellent example of how important invasive pathogens are easily transmitted by the woody ornamental plants within the EU.

**Keywords:** *Phytophthora lateralis*, *Chamaecyparis lawsoniana*, symptoms, methods of isolation, identification and oospore production.

## LITERATURA

**Brasier, C.M., Vettrano, A.M., Chang, T.T., Vannini, A.** (2010.). *Phytophthora lateralis* discovered in an old growth *Chamaecyparis* forest in Taiwan. *Plant Pathology*, 59, 595–603.

**Brasier, C.M., Franceschini, S., Vettrano, A.M., Hansen, E.M., Green, S., Robin, C., Webber, J.F., Vannini, A.** (2012.). Four phenotypically and phylogenetically distinct lineages in *Phytophthora lateralis*. *Fungal Biology*, 116, 1232–1249.

**EPO** (2024.) Global Database: *Phytophthora lateralis*. <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTLA/distribution> (pristupljeno ožujak 2024)

**Erwin, D.C., Ribeiro, O.K.** (2005.). *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS Press, American Phytopathological Society, St Paul, MN, U.S.A., second printing, 39, 84.

**Gallegly, M.E., Hong, C.** (2008.). *Phytophthora* – Identifying Species by Morphology and DNA Fingerprints, American Phytopathological Society, St Paul, MN, U.S.A., 86 – 87.

**Green, S., Brasier, C.M., Schlenzig, A., McCracken, A., MacAskill, G.A., Wilson, M, Webber, J.F.** (2013.). The destructive invasive pathogen *Phytophthora lateralis* found on *Chamaecyparis lawsoniana* across the UK. *Forest Pathology*, 43 (1), 19 – 28.

**Hall, T.A.** (1999.). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41, 95-98.

**Hansen, E.M., Streito, C. & Delatour, C.** (1999.). First confirmation of *Phytophthora lateralis* in Europe. *Plant Disease* 83, 587.

**Hansen, E.M., Goheen, D.J., Jules, E.S., Ullian, B.** (2000.). Managing Port-Orford-Cedar and the Introduced Pathogen *Phytophthora lateralis*. *Plant Disease*, 84 (1), 4 – 13.

**IDphy** (2024). Molecular and morphological identification of *Phytophthora* based on the types <https://idtools.org/phytophthora/index.cfm?searchTerm=lateralis> (pristupljeno ožujak 2024).

**Jung, T., Burgess, T.I.** (2009.). Re-evaluation of *Phytophthora citricola* isolates from multiple woody hosts in Europe and North America reveals a new species, *Phytophthora plurivora* sp. nov. *Persoonia* 22, 95–110

**Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., Abad-Campos, P. et al.** (2016.). Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *Forest pathology*, 46 (2), 134 – 163.



- Jung, T., Perez-Sierra, A., Duran, A., Horta Jung, M., Balci, Y., Scanu, B. (2018.). Canker and decline diseases caused by soil and airborne *Phytophthora* species in forests and woodlands. *Persoonia* 40, 182 – 220
- Jung, T., Horta Jung, M., Webber, J.F., Kageyama, K., Hieno, A., Masuya, H., Uematsu, S., Pérez-Sierra, A. *et al.* (2021) The destructive tree pathogen *Phytophthora ramorum* originates from the laurosilva forests of East Asia. *Journal of Fungi* 7, 226.
- Martin, F.N., Blair, J.E., Coffey, M.D. (2014.). A combined mitochondrial and nuclear multilocus phylogeny of the genus *Phytophthora*. *Fungal Genetics and Biology*, 66, 19 – 32.
- Peterson, E.K., Rupp, F., Eberhart, J., Parke, J.L. (2020.). Root Rot of *Juniperus* and *Microbiota* by *Phytophthora lateralis* in Oregon Horticultural Nurseries. *Plant disease*, 104 (5), 1500 – 1506.
- Robin, C., Piou, D., Douzon, G., Schenck, N., Hansen, E.M. (2011.). Root and aerial infections of *Chamaecyparis lawsoniana* by *Phytophthora lateralis*: a new threat for European countries. *Forest Pathology*, 41 (5), 417 – 424.
- Schlenzig, A., Campbell, R., Mulholland, V. (2011.). *Thuja occidentalis*: a new host for *Phytophthora lateralis*. *New Disease Reports* 24, 8.
- Schlenzig, A., Campbell, R., Eden, R. (2014.). First report of *Phytophthora lateralis* on *Chamaecyparis pisifera*. *New Disease Reports* 29, 15.
- Themann, K., Werres, S. (1998.). Use of *Rhododendron* leaves to detect *Phytophthora* species in root and soil samples. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*. 50(2), 37-45.
- Trione, E.J. (1957.). The Physiology and Pathology of *Phytophthora lateralis* on Native *Chamaecyparis lawsoniana*, Thesis, Oregon State College. <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/2f75rb64s> (pristupljeno: ožujak 2024.)
- Trione, E.J. (1974.). Sporulation and Germination of *Phytophthora lateralis*. *Phytopathology* 64, 1531 – 1533.
- Tucker, C.M., Milbrat, J.A. (1942.). Root Rot of *Chamaecyparis* Caused by a Species of *Phytophthora*. *Mycologia*, 34 (1), 94 – 103.
- Webber, J.F., Vettriano, A.M., Chang, T.T., Bellgard, S.E., Brasier, C.M., Vannini, A. (2012.). Isolation of *Phytophthora lateralis* from *Chamaecyparis* foliage in Taiwan. *Forest Pathology*, 42 (2), 136 – 143.
- Werres, S., Wagner, S. (2012.). *Phytophthora lateralis* Tucker & Milbrath (1942). JKI Data Sheets, Plant Diseases and Diagnosis. 1 – 13.
- Werres, S., Marwitz, R., Man in't veld, W.A., De Cock, A.W.A.M., Bonants, P.J.M., De Weerd, M., Themann, K., Ilieva, E., and Baayen, R.P. (2001.). *Phytophthora ramorum* sp. nov., a new pathogen on *Rhododendron* and *Viburnum*. *Mycological research* 105 (10), 1155-1165.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J.W. (1990.). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T.J., eds. *PCR protocols: A guide to methods and applications*. Academic Press, 315 – 322.
- Zobel, D.B., Roth, L.F., Hawk, G.M. (1985.). Ecology, Pathology and Management of Port-Orford-Cedar (*Chamaecyparis lawsoniana*), U.S. Forest Service, Oregon, General Technical Report PNW-184, 1 – 161.

izvorni znanstveni rad

**Maja ŠČEPANOVIĆ**

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za herbologiju  
mscepanovic@agr.hr

## **ANTAGONISTIČKI UČINAK ISTODOBNE PRIMJENE AGROKEMIKALIJA: FITOTOKSIČNOST I SMANJENA UČINKOVITOST HERBICIDA**

### **SAŽETAK**

U zaštiti poljoprivrednih usjeva od korova vrlo je česta praksa istodobna primjena više djelatnih tvari herbicida (tank-miks primjena) kao i istodobna primjena herbicidnih sredstava s ostalim sredstvima za zaštitu bilja, ali i drugim agrokemikalijama (folijarna gnojiva i regulatori rasta). Iako je takva primjena racionalna i ekonomski prihvatljiva za poljoprivredne proizvođače, može rezultirati neželjenim učincima na korov, ali i na usjev. Kod primjene herbicidnih sredstava često dolazi do antagonizma koji rezultira smanjenim učinkom herbicidnih sredstva na određenu korovnu vrstu ili čak pojavom fitotoksičnosti na usjevu. Antagonistička interakcija među herbicidnim sredstvima rezultat je biokemijskog, konkurentskog fiziološkog ili kemijskog antagonizma, a može značajno varirati ovisno o biotičkim i abiotičkim čimbenicima, poput razvojnog stadija korova, količini herbicida, fizikalno-kemijskim svojstvima herbicida i pedo-klimatskim uvjetima. Herbicidnim sredstvom na osnovi jedne aktivne tvari gotovo je nemoguće suzbiti korovnu floru u određenom usjevu/nasadu. Osim toga, značajan broj herbicida povučen je s tržišta EU-a, stoga su poljoprivredni proizvođači često primorani primjenjivati herbicide različitih agrokemijskih kompanija gdje često nisu dostupni podaci o mogućnosti miješanja. U zaštiti poljoprivrednih usjeva itekako bi značajno bilo moći predvidjeti neželjene antagonističke interakcije među herbicidnim sredstavima. U slučaju poznatog antagonizma između dvaju herbicidnih sredstava ili više njih moguće je: povećati količinu onog herbicida koji je antagoniziran ako se to opisom na etiketi dopušta, aplicirati s uređajem za primjenu pesticida koji zasebno ispušta herbicide (ne dolazi do miješanja herbicida) te provjeriti *tank-mix* kombinacije na manjoj površini prije primjene na cijelom usjevu.

**Ključne riječi:** antagonizam, korovi, *tank-mix* ili kombinirana primjena, rezistentnost, sinergizam

### **ISTODOBNA PRIMJENA AGROKEMIKALIJA – PREDNOSTI I NEDOSTATCI**

Pod istodobnom primjenom agrokemikalija podrazumijeva se primjena dviju ili više agrokemikalija u isto vrijeme u spremniku uređaja za primjenu pesticida, a poznata je i pod nazivom *tank-mix* primjena. Najčešće se miješaju herbicidna

sredstva, zatim herbicidna sredstva s drugim sredstvima za zaštitu bilja, ali i sredstava za zaštitu bilja s drugim agrokemikalijama poput folijarnih gnojiva, regulatora rasta, biostimulatora i sl. Brojni su razlozi kombinirane primjene agrokemikalija u zaštiti poljoprivrednih usjeva. Prije svega, smanjuje se brojnost ulazaka strojeva u usjev pa se posljedično manje zbija tlo, kao što je i potrošnja vode i goriva manja. Jednako su važni toksikološki razlozi, odnosno manja izloženost radnika pesticidima.

Pri primjeni herbicidnih sredstava vrlo je česta praksa istodobno primijeniti dvije ili više djelatnih tvari. Naime, u usjevu se gotovo nikad ne pojavljuje samo jedna korovna vrsta, već miješana populacija korova. Pojedinačni herbicidi vrlo rijetko svojim spektrom mogu pokriti svu prisutnu korovnu floru u određenom usjevu. Iako postoje već formulirani kombinirani herbicidni pripravci od više djelatnih tvari, ipak poljoprivredni proizvođači češće kupuju odvojeno herbicidna sredstva i miješaju ih u spremniku prskalice. Pritom miješaju herbicidna sredstva istog, ali i različitih proizvođača i različitih formulacija. Osim proširenja spektra djelovanja, kombiniranje herbicida zapravo je i antirezistentna strategija jer uključuje primjenu herbicida različitih mehanizama djelovanja.

Herbicidi se u praksi često primjenjuju zajedno s ostalim sredstvima za zaštitu bilja zbog istodobne zaštite usjeva od bolesti, štetnika i korova. Takva primjena agrokemikalija praktična je za primjenitelje jer jednim prohodom stroja za primjenu pesticida obave zaštitu usjeva. Međutim, takva je primjena značajno zahtjevnija i potencijalno može uzrokovati probleme u poljoprivrednoj proizvodnji.

Potencijalni problem kod istodobne primjene različitih sredstava za zaštitu bilja je otežano određivanje optimalnog roka primjene jer je aplikacija usmjerena na više različitih štetnih organizama, često različitih biološko-ekoloških zahtjeva. Optimalan rok primjene herbicidnih sredstava ključan je za postizanje optimalne učinkovitosti folijarnih herbicida, pa ako se prag odluke suzbijanja uzročnika biljnih bolesti/štetnika ne podudara s optimalnim razvojnim stadijima korova, učinak herbicida bit će smanjen. To se često događa u usjevima strnih žitarica u kojima poljoprivredni proizvođači proljetnu zaštitu usjeva obavljaju primjenjujući zajedno herbicidna i fungicidna sredstva te folijarna gnojiva. Jedan od takvih primjera je i izostanak učinka herbicida pinoksadena na korovnu vrstu poljski repak (*Alopecurus myosuroides* Huds.) koju su zamijetili proizvođači strnih žitarica s uzgojnog područja oko Slavenskog Broda. Prilagođavanje primjene herbicida simptomima uzročnika biljnih bolesti rezultiralo je izostankom učinka pinoksadena na poljski repak koji je u vrijeme primjene fungicida bio u fazi klasanja (Šćepanović i sur., 2020.). S obzirom na to da je potpuno izostao herbicidni učinak, a u Europi (Njemačka, Italija, Poljska, Španjolska, Velika Britanija) već je utvrđena rezistentnost te korovne vrste na pinoksadenu (Heap, 2024.), poljoprivredni proizvođači posumnjali su na pojavu

rezistentnih populacija poljskog repka. Međutim, provedenim istraživanjem osjetljivosti poljskog repka na pinoksaden utvrđeno je da su populacije poljskog repka s navedenog područja i dalje osjetljive na herbicid pinoksaden. Dodatno je utvrđeno da se primjenom polovične količine pinoksadena (20 g d.t./ha) na mišji repak u stadiju 2 – 4 razvijena lista (BBCH 12-14) ostvaruje odličan učinak. Za razliku od toga, kod primjene sredstva na osnovi pinoksadena u preporučenoj dozi (40 g d.t./ha) na jedinke poljskog repka u stadiju početka vlatanja (BBCH 31) herbicidni je učinak potpuno izostao (Pintar i sur., 2021.). Taj primjer ukazuje na važnost odvojene primjene sredstava za zaštitu bilja kada se ne poklapaju optimalni rokovi za suzbijanje ciljanih štetnih organizama.

Do smanjenja herbicidnog učinka ili pojave fitotoksičnosti na tretiranu usjevu najčešće dolazi zbog primjene agrokemikalija čiji spojevi nisu kompatibilni u *tank-mix* primjeni. Naime, kod *tank-mix* primjene moguća je pojava triju interakcija između više različitih spojeva: aditivna, sinergistička i antagonistička. Kod aditivne interakcije učinkovitost mješavine slična je učinkovitosti svakog proizvoda pojedinačno. Sinergistička interakcija nastaje kada mješavina daje jači učinak od primjene svakog spoja pojedinačno, a antagonistička interakcija nastaje kad je učinak mješavine slabiji od učinka svakoga spoja pojedinačno. Može se i izračunati očekivani učinak mješavine dviju ili više kemikalija:  $E = (X + Y) - (XY)/100$ , gdje je X učinkovitosti spoja (agrokemikalije) A, Y učinkovitosti spoja (agrokemikalije) B, a E očekivani učinak (Colby, 1967.).

Najpoželjnija je **sinergistička interakcija, tj. sinergizam** („1 + 1 = 3“). Sinergizam može nastati kad jedna agrokemikalija pojača učinak druge agrokemikalije, tj. kad prva i druga agrokemikalija djeluju na isti fiziološki proces, ali s drugim mehanizmom djelovanja, ili kad obje agrokemikalije djeluju na isti biokemijski put, ali inhibiraju druga mjesta djelovanja. Riječ sinergizam potječe od grčke riječi *synergos*, što znači „djeluju zajedno“ (Barbieri i sur., 2022.) U poljoprivrednoj proizvodnji idealno bi bilo odabrati kombinaciju herbicida koja ima sinergistički učinak na korove i istodobno antagonistički učinak prema usjevu. U literaturi postoje primjeri sinergizma kod primjene herbicida, a najčešće je sinergizam utvrđen kombiniranjem herbicida iz iste kemijske skupine (Zhang i sur., 1995.). Primjerice, utvrđeno je da kombinacija herbicida nikosulfurona i rimsufurona značajno poboljšava učinak na korovnu vrstu *Datura stramonium*, a kombinacija herbicida mezotriona i metribuzina na korovne vrste *Abutilon theophrasti* i *Xanthium strumarium* u odnosu na samostalnu primjenu tih herbicida (Mekki i Leroux, 1994.). Poznavanje sinergističkih učinaka kod pojedinih kombinacija herbicida omogućilo bi smanjenje količine jednog ili čak oba ili više herbicida koji se primjenjuju istodobno. Međutim, različiti biotički i abiotički čimbenici utječu na rezultat interakcije (sinergizam), poput brzine prodiranja sredstva, premještanja sredstva, biotransformacije te natjecanja za zajedničke receptore. Čak i za

određenu kombinaciju herbicida, herbicidi mogu, ali i ne moraju djelovati sinergistički, ovisno o genotipovima biljaka, a i primijenjenoj količini, dozi. To pokazuje da je u poljskim uvjetima teško predvidjeti sinergistički učinak herbicida u *tank-mix* primjeni

Nažalost, **antagonizam** je značajno češća pojava u odnosu na sinergizam, a rezultira smanjenim herbicidnim učinkom na određenu korovnu vrstu ili čak pojavom fitotoksičnosti na usjevu. Utvrđeno je da čak 67 % *tank-mix* primjena ima određeni antagonistički učinak (Zhang i sur., 1995.).

Antagonistička interakcija među herbicidima može biti rezultat: **biokemijskog antagonizma** gdje jedan herbicid onemogućuje dolazak drugom herbicidu do mjesta djelovanja ili djeluje tako da smanji količinu drugog spoja; **konkurentskog antagonizma** kada se herbicid veže na aktivno mjesto i sprječava vezanje drugog herbicida; **fiziološkog antagonizma** gdje dva herbicida djeluju suprotno na biološki učinak te **kemijskog antagonizma** kada dva herbicida međusobno reagiraju na razini kemijskih svojstava (Green, 1989.).

Jedan je od primjera biokemijskog antagonizma smanjen učinak *tank-mix* primjene glifosata i dikambe na korovnu vrstu *Kochia scoparia* (Ou i sur., 2018.). Oba se herbicida translociraju floemom kroz biljku te je utvrđeno da dikamba može oslabjeti floemsko tkivo. Slično dikambi, i glifosat se kroz biljku kreće floemom. Ako floemsko tkivo nije funkcionalno, tada dikamba/glifosat ne dođu do mjesta djelovanja tj. „ostaju u stanju mirovanja“, što rezultira smanjenim učinkom.

Način usvajanja herbicida također može utjecati na pojavu antagonizma. Bilo da se herbicidi usvajaju pasivno ili aktivno, korijenjem ili listovima, vjerojatnije je da će se pojaviti antagonističke reakcije kada herbicidi u interakciji ulaze u ciljanu biljku putem istog organa i ako jedan herbicid smanjuje usvajanje drugoga.

Pojava antagonizma između herbicida ovisi i o samoj korovnoj vrsti koja se suzbija. Tako je kod višegodišnjih korovnih vrsta uočena manja učestalost antagonističkih i veća učestalost sinergističkih interakcija u odnosu na jednogodišnje korove. Također je utvrđeno da je kod jednosupnica (trava) značajno veća vjerojatnost antagonizma u odnosu na sinergizam, što je povezano s različitim biološkim karakteristikama jednosupnica u odnosu na dvosupnice (Zhang i sur., 1995.). U poljoprivrednoj praksi dobro je poznata nemogućnost istodobne primjene herbicida iz kemijskih skupina cikloheksadinona i ariloksifenoksipropionata (graminici) s kontaktnim herbicidima za širokolisne korove. Tada je učinak graminicida antagoniziran, što rezultira slabijim učinkom na korovne trave. Utvrđen je i antagonizam kod istodobne primjene dikambe i kletodima (cikloheksadinoni). Zollinger (2020.) navodi da odvojena primjena kletodima (24 h prije dikambe) nije djelovala antagonistički za razliku od *tank-mix* primjene ta dva herbicida prilikom čega je

utvrđen slabiji učinak na korovnu travu *Digitaria ciliaris*. Kod odvojene primjene kletodima utvrđen je učinak od 95 % na tu vrstu, a manji od 50 % bio je kada je kletodim primijenjen u tank-mixu s herbicidima acifluorfen, bentazon ili 2,4 D (Grichar i sur., 2002.). Također je tank-mix primjena setoksidima (cikloheksadinona) s bentazonom uzrokovala slabiji učinak na korovne trave, a to je bilo spriječeno u odvojenoj primjeni ova dva herbicida i kada se povećala doza setoksidima. Tako je utvrđeno da istodobna primjena bentazona i setoksidima smanjuje usvajanje 14C primijenjenog setoksidima za 50 % (Rhodes i Coble, 1984.).

Antagonizam također može biti uzrokovan reduciranim ili i ubrzanim metabolizmom, utjecajem na fotosintezu ali i zbog nekompatibilnih fizikalno-kemijskih svojstava herbicida u *tank-mix* primjeni. Tako se smanjeni učinak setoksidima u kombinaciji s bentazonom na korovnu vrstu *Agropyron repens* povezuje s ionima  $NA^+$  iz formulacije bentazona (natrijeva sol) koji se izmjenjuju s hidroksilnom skupinom setoksidima i formiraju natrijevu sol setoksidima. Natrijeva sol setoksidima polarnija je od setoksidima, stoga je korovna biljka smanjeno usvaja (Wanamarta i sur., 1989).

Nekompatibilnost fizikalno-kemijskih svojstava među djelatnim tvarima herbicida u *tank-mix* primjeni mogu uzrokovati promjene u svojstvima škropiva umanjujući učinkovitost prema korovima (Petter i sur., 2012.). Te promjene najčešće uključuju flokulaciju, odvajanje faza, sedimentaciju, stvaranje grudica i/ili prekomjerno pjenjenje (Costa i sur., 2020.). Stoga utječu i na otežanu primjenu zbog potencijalnih začepljenja mlaznica, mrežica i/ili filtra, a to u konačnici dovodi do kvarenja i neispravnosti stroja za primjenu pesticida. Fizikalno-kemijska nekompatibilnost može također rezultirati promjenom u pH vrijednosti škropiva, što utječe na razgradnju, disocijaciju, apsorpciju i translokaciju herbicida u biljci. Tako je utvrđeno da kombinacija glifosata i dikambe rezultira većim isparavanjem dikambe jer glifosat sadrži disocirajuće vodike koji ulaze u interakciju s komponentama u škropivu i uzrokuju zakiseljavanje medija zbog oslobađanja protona, a dikamba jače isparava pri  $Ph < 5,0$  (Mueller i Steckel, 2019.).

## MOGUĆNOSTI SPRJEČAVANJA ANTAGONIZMA HERBICIDA

Neovisno o kojoj se vrsti antagonizma radi, u zaštiti poljoprivrednih kultura bilo bi poželjno predvidjeti neželjene antagonističke interakcije herbicida kao pomoć u suzbijanju korova. Međutim, to nije jednostavno jer antagonizam značajno varira u ovisnosti o brojnim biotičkim i abiotičkim čimbenicima, poput razvojnih stadija korova, količinama herbicida, fizikalno-kemijskim svojstvima herbicida, ali i pedo-klimatskim uvjetima. Primjerice, tank-mix primjena herbicida bentazona i acifluorfena u uvjetima staklenika rezultirala je antagonizmom, a ista kombinacija herbicida u poljskim uvjetima sinergizmom na korovnu vrstu *Amaranthus retroflexus* (Sorensen i sur., 1987).

Zbog toga se nameće pitanje je li moguće izbjeći antagonizam i koje opcije preostaju poljoprivrednim proizvođačima s obzirom na to da je gotovo nemoguće suzbiti korovnu floru u određenoj poljoprivrednoj kulturi jednom djelatnom tvari. Dodatno, sukladno EU legislativi i europskim strategijama za održivu poljoprivredu, značajan broj djelatnih tvari povučen je s Popisa odobrenih djelatnih tvari, pa tako i herbicida. Stoga su poljoprivredni proizvođači često primorani primjenjivati herbicide različitih agrokemijskih kompanija i različitih formulacija. Takva je primjena ipak rizičnija u odnosu na miješanje herbicidnih pripravaka istih proizvođača. Sukladno etiketi SZB-a, preporuku o miješanju sredstava za zaštitu bilja daje vlasnik rješenja za pojedino sredstvo, tj. proizvođač, pa bi se trebali izbjeći negativni učinci kod primjene u *tank-mix* kombinaciji.

Kod poznatog antagonizma između dva ili više herbicida u *tank-mix* primjeni moguće je povećati dozaciju onoga herbicida koji je antagoniziran. Važno je istaknuti da količina ni u kojem slučaju ne smije biti veća od najveće dopuštene doze navedene na etiketi sredstva za zaštitu bilja. Općenito, kontaktni herbicidi za širokolisne korove antagoniziraju djelovanje herbicida za trave (graminicidi), pa je jedno od rješenja povećati dozu graminicida prilikom miješanja u spremniku prskalice. Tako je primjer antagonizma između bentazona i kizalofa na vrstu *Echinochloa crus-galli* prevladan kada se doza kizalofopa udvostručila (Green, 1989.). Takva mogućnost danas je otežana i nije u skladu s Europskim zelenim planom. Druga je mogućnost odvojena primjena herbicida, bilo da se radi o zasebnoj aplikaciji herbicida ili zasebnu ispuštanju herbicida na prskalici gdje ne dolazi do njihova miješanja.

Iako je odvojena primjena herbicida „manje komotna“ za poljoprivredne proizvođače, rješenje je kod onih herbicida koji su u antagonističkoj interakciji. Pri tome je važan vremenski odmak između primjena. Primjerice, antagonizam između kizalofa i klorimurona na korovnu vrstu *Setaria faberi* nije prevladan kad su ti herbicidi primijenjeni u razmaku od dva sata, ali je antagonizam izostao kada su primijenjeni u razmaku od 24 sata (Green, 1989.).

Kako bi se provjerio umanjen antagonistički učinak herbicida, u istraživanju Merritt i sur. (2020.) postavljene su na modificiranom traktoru (John Deere 5400) istraživačke prskalice s dvije grane i testirana je mogućnost istodobne primjene herbicida, ali bez njihova miješanja u škropivu (*tank-mix*) jer su se herbicidi primjenjivali zasebno kroz dvije mlaznice. Ta aplikacija uspoređena je s klasičnom *tank-mix* primjenom, ali i s primjenom herbicida pojedinačno. Rezultati istraživanja ukazuju da je izbjegnuta antagonizam kod istodobne primjene herbicida (odvojene mlaznice), odnosno kada nije došlo do miješanja herbicida u spremniku. Kod takve je aplikacije učinak kombinacije herbicida setoksidim + bentazon i herbicida kletodim + 2,4 D suzbio vrstu *Lolium multiflorum* jednako kao i samostalna primjena setoksidima i kletodima, dok je kod *tank-mix* primjene učinak na ovu vrstu bio značajno slabiji. Slično je

utvrđeno i kod primjene herbicida glifosat + 2,4 D/dikamba kada također nije utvrđen smanjen učinak na istraživane korovne vrste, a kod *tank-mix* primjene ovih herbicida učinak je bio smanjen. Autori ovog istraživanja zaključuju da takav način primjene (odvojene mlaznice) odgađa interakciju među herbicidima sve dok ne dospiju na list biljke i time ostaje dovoljno vremena da herbicid djeluje na korovnu vrstu, za razliku od *tank-mix* primjene koja ima smanjeno djelovanje.

Smanjen herbicidni učinak na korovne vrste koji nastaje zbog antagonizma nije jedini problem u poljoprivrednoj praksi kod istodobne primjene herbicida. Antagonističke interakcije između agrokemikalija mogu rezultirati i pojavom fitotoksičnosti na usjevu. To se češće pojavljuje kada se herbicidi primjenjuju istodobno s drugim agrokemikalijama, primjerice fungicidima, folijarnim gnojivima i regulatorima rasta (slika 1).



**Slika 1.** *Tank-mix* primjena tri djelatne tvari herbicida, fungicid, regulator rasta i folijarno gnojivo (snimila: M. Šćepanović, 2019.)

**Figure 1.** *Tank-mix* application of three herbicide active ingredients, a fungicide, a growth regulator, and a foliar fertilizer (photo: M. Šćepanović, 2019)

Sve navedeno ukazuje na to da istodobna primjena agrokemikalija, iako organizacijski i tehnički vrlo prihvatljiva za poljoprivredne proizvođače, nosi značajan rizik u zaštiti poljoprivrednih kultura. Poljoprivrednim se proizvođačima preporučuje provjera *tank-mix* kombinacije na manjoj površini prije primjene na cijeli usjev. Osim opisanih problema, izostanak učinka antagoniziranih herbicida na korove rizičan je i zbog razvoja rezistentnih populacija korova.



## ZAKLJUČAK

Kod *tank-mix* primjene najčešća je interakcija među dodanim spojevima (agrokemikalijama) antagonizam. Osim smanjena učinka na korove, fitotoksičnosti na usjev te operativnih problema kod prskanja, antagonizam je nepoželjan i zbog mogućeg razvoja rezistentnih jedinki korova na one herbicide koji su antagonizirani. Osnovni razlog antagonizma između herbicida jest nekompatibilnost među fizikalno-kemijskim svojstvima spojeva u *tank-mix*-u, ali i smanjene translokacije, konkurentskog vezivanja jednog herbicida na aktivno mjesto, suprotnog biološkog učinka dvaju herbicida i sl. Poseban je oprez potreban kod miješanja herbicida s ostalim agrokemikalijama (folijarna gnojiva, regulatori rasta) zbog moguće pojave fitotoksičnosti.

### ANTAGONISTIC EFFECT OF THE SIMULTANEOUS APPLICATION OF AGROCHEMICALS: PHYTOTOXICITY AND REDUCED EFFICACY OF THE HERBICIDE

#### SUMMARY

In protecting agricultural crops from weeds, the practise of applying several herbicide active ingredients at the same time (tank mixing) and applying herbicides simultaneously with other crop protection products and other agrochemicals (foliar fertilisers and growth regulators) is very common. Although such use is rational and economical for agricultural producers, it can have undesirable effects on weeds and crops. The use of herbicides often results in antagonism, which leads to a reduced herbicide efficacy on a particular weed species or even to the occurrence of phytotoxicity in the crop. Antagonistic interactions between herbicides are the result of biochemical, competitive, physiological or chemical antagonism and can vary considerably depending on biotic and abiotic factors such as the developmental stage of the weed, the herbicide dose, the physico-chemical properties of the herbicides and the pedoclimatic conditions. Since it is almost impossible to control the weeds in a given crop with a single active ingredient, and since a considerable number of herbicides have been withdrawn from the EU market, agricultural producers are often forced to use herbicides from different agrochemical companies and thus run a greater risk of potential antagonistic reactions. It would therefore be desirable to predict unwanted antagonistic interactions between herbicides when protecting agricultural crops. In the case of known antagonism between two or more herbicides, it is possible to: increase the dosage of the herbicide that is antagonised, apply with a sprayer that releases the herbicides separately (no mixing of herbicides) and test tank mixtures on a smaller area before applying them to the entire crop.

## LITERATURA

**Barbieri, G.F., Young, B.G., Dayan, F.E., Streibig J.C., Takano, H., Merotto, J. A., Avila, J.A. (2022.).** Herbicide mixtures: interactions and modeling. *Advances in Weed Science*, 40(1): e020220051.

**Colby, S.R. (1967.).** Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. *Weeds*, 15, 20–22.

**Costa, L.L., Santos, T.C.M., Almeida, D.P., Ferreira, M.D.C., Leão-Araujo, E.F., Timossi P.C. (2020.).** Physical-chemical compatibility of different doses and mixtures of herbicides. *Revista Brasileira De Herbicidas*, 19 (3), 1-8

**Green, J. M. (1989.).** Herbicide antagonism at the whole plant level. *Weed Technology*, 3, 217-226.

**Grichar, W.J.; Besler, B.A.; Brewer, K.D.; Baughman, T.A. (2002).** Grass control in peanut (*Arachis hypogaea*) with clethodim and selected broadleaf herbicide combinations. *Peanut Science*, 29, 85–88

**Heap, I. (2024.).** The International Herbicide-Resistant Weed Database, dostupno na [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org) (pristupljeno 30.10.2024)

**Mekki, M., Leroux, G.D (1994).** Activity of nicosulfuron, rimsulfuron, and their mixture on field corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), and seven weed species. *Weed Technology* 1994;8.

**Merritt, L.H., Ferguson, J.C., Brown-Johnson, A.E., Reynolds, D.B.; Tseng, T.M., Lowe, J.W. (2020.).** Reduced herbicide antagonism of grass weed control through spray application technique. *Agronomy*, 10, 1131.

**Mueller, T.C., Steckel, L.E. (2019.).** Spray mixture pH as affected by dicamba, glyphosate, and spray additives. *Weed Technology*, 33(4), 547-54.

**Ou, J., Thompson, C.R., Stahlman, P.W., Bloedow, N., Jugulam, M. (2018.).** Reduced translocation of glyphosate and dicamba in combination contributes to poor control of *Kochia scoparia*: Evidence of herbicide antagonism, *Scientific Reports*, 8, 5330.

**Petter, F.A., Segate, D., Pacheco, L.P., Almeida, F.A., Alcântara, N.F. (2012.).** Physical incompatibility of herbicide and insecticide mixtures. *Planta Daninha*, 30(2), 449-57.

**Pintar, A., Svečnjak, Z., Šoštarčić, V., Lakić, J., Barić, K., Brzoja, D., Šćepanović, M. (2021.).** Growth stage of *Alopecurus myosuroides* Huds. determines the efficacy of pinoxaden. *Plants*, 9 10(4), 732.

**Rhodes, G.N., Coble, H.D. (1984.).** Influence of application variables on antagonism between sethoxydim and bentazon. *Weed Science*, 32, 436–441.

**Sorensen, V.M., Meggitt, W.F., Penner, D. (1987.).** The interaction of acifluorfen and bentazon in herbicidal combinations. *Weed Science*, 35(4), 449-56.

**Šćepanović, M., Šoštarčić, V., Pintar, A., Lakić, J., Barić, K. (2020.).** Pojava rezistentnih populacija korova na herbicide inhibitore acetolaktat-sintaze u Republici Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite*, 20 (6), 628-640.

**Zhang, J., Hamill, A.S., Weaver SE. (1995.).** Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. *Weed Technology*, 9(1), 86-90.

**Zollinger, R.K. (2020.)**. Grass antagonism with dicamba + clethodim. North Dakota State University. dostupno na <https://www.ag.ndsu.edu/cpr/weeds/grass-antagonism-with-dicamba-clethodim-07-06-17> (pristupljeno 30. 10. 2024.)

**Wanamarta, G., Penner, D., Kells, J.J. (1989.)**. The basis of bentazon antagonism on sethoxydim absorption and activity. *Weed Science*. 37(3),400-404.

**stručni rad**

**Božena DEŽDEK<sup>1</sup>, Darija LEMIĆ<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, Uprava za stručnu podršku razvoju poljoprivrede, Sektor za stručno savjetovanje u poljoprivredi, Služba za izvještajno-prognozne poslove u poljoprivredi, Zagreb*

*<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju  
bozena.dezdjek@mps.hr; dlemic@agr.hr*

## **IZAZOVI SUZBIJANJA ŠTETNIKA U UVJETIMA KLIMATSKIH PROMJENA (S PRIMJERIMA IZ RATARSKE PROIZVODNJE)**

### **SAŽETAK**

Klimatske promjene donose brojne izazove u poljoprivrednu proizvodnju, a jedan je od najvažnijih utjecaja promjena dinamike štetnih organizama. Porast globalnih temperatura, promjene u obrascima oborina, toplinski valovi i drugi ekstremni vremenski događaji rezultiraju širenjem geografskog područja štetnika, većim preživljavanjem tijekom zimskih mjeseci, povećanjem broja generacija unutar jedne vegetacijske sezone te povećanim rizikom od unošenja invazivnih vrsta kukaca u nova područja. Ove promjene imaju izravan utjecaj na produktivnost usjeva te povećavaju potrebu za prilagodljivim pristupima u zaštiti bilja. Štetnici, pod utjecajem novih klimatskih uvjeta, mogu promijeniti svoje interakcije s biljkama domaćinima i pesticidima, što zahtijeva modernizaciju strategija suzbijanja. Ovaj se rad temelji na opažanjima Poljoprivredne savjetodavne službe o promjenama klimatskih obrazaca na području grada Zagreba i Zagrebačke županije (u temperaturi i oborinama), daje kratak pregled najvažnijih štetnika u ratarskoj proizvodnji u posljednjih nekoliko godina na navedenu području, te ističe potrebu za integriranim pristupima zaštiti bilja, uključujući prilagođavanje na nove klimatske uvjete kako bi se smanjio utjecaj štetnika i osigurala dugoročna održivost poljoprivredne proizvodnje.

**Ključne riječi:** ratarska proizvodnja, klimatske promjene, integrirana zaštita bilja, invazivne vrste, monitoring

### **UVOD**

Poljoprivreda, često nazivana "tvornicom na otvorenom", gospodarska je djelatnost koja uvelike ovisi o klimatskim uvjetima da bi proizvodnja hrane bila uspješna. Suočenu s izazovima klimatskih promjena, modernu poljoprivrednu proizvodnju karakteriziraju sve veći zahtjevi za stručnim znanjima o proizvodnim procesima, kao i potreba za brzim prilagođavanjem promjenama u zakonskoj i administrativnoj regulativi. S obzirom na to da je broj stanovnika na planetu dosegao osam milijarda, a površine obradiva zemljišta sve se više

.....

smanjuju, poljoprivredni proizvođači suočeni su s dodatnim pritiscima (Data Commons, 2024.). Klimatske promjene ne uzrokuju samo povećanje šteta od ekstremnih vremenskih nepogoda, nego također pogoduju širenju štetnih organizama. Globalna povezanost ubrzava širenje invazivnih štetnika, a smanjenje učinkovitosti sredstava za zaštitu bilja, zbog administrativnih ograničenja i ukidanja određenih aktivnih tvari, dovodi do bržeg razvoja rezistentnosti štetnika. S obzirom na manji broj dopuštenih aktivnih tvari, otpornost na mehanizme djelovanja postojećih sredstava ozbiljan je problem za poljoprivrednu proizvodnju (Bažok i Lemić, 2017.). Sve ove promjene zahtijevaju inovativne pristupe i integrirane strategije upravljanja kako bi se osigurala održiva poljoprivredna proizvodnja i očuvala sigurnost opskrbe hranom u uvjetima globalnih promjena.

### **Pravni okvir i izazovi u primjeni sredstava za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj**

Stavljanje na tržište sredstava za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj regulirano je Uredbom (EZ) br. 1107/2009 i Zakonom o provedbi te Uredbe (NN 80/13, 32/19, 32/20). Prema tim propisima, odobravanje sredstava za zaštitu bilja mora osigurati visoku razinu zaštite ljudi, životinja i okoliša. U skladu s tim, uvedeni su stroži kriteriji za procjenu aktivnih tvari, čime se postavljaju viši standardi za njihovu sigurnost i učinkovitost. Trend ukidanja dozvola za mnoge aktivne tvari vidljiv je u činjenici da je 2005. godine na tržištu Europske unije bilo oko 800 sredstava za zaštitu bilja s približno 300 različitih aktivnih tvari, dok je taj broj 2015. smanjen na oko 460 sredstava i 210 aktivnih tvari. Prema podacima FIS tražilice iz 2024. godine, trenutačno je na tržištu dostupno oko 818 sredstava temeljenih na 194 aktivne tvari (FIS, 2024.). S obzirom na to da razvoj novih aktivnih tvari traje godinama i zahtijeva značajna financijska ulaganja, povlačenje postojećih sredstava bez adekvatne zamjene ostavlja mnoge poljoprivredne kulture nezaštićenima. To je posebno vidljivo na primjerima poput uljane repice, čija je proizvodnja znatno smanjena zbog nedostatka dostupnih sredstava za zaštitu od štetnika, što dovodi do značajnih gubitaka u prinosima.

Primjena sredstava za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj regulirana je Zakonom o održivoj uporabi pesticida (NN 46/22). Ovim se zakonom osigurava održiva uporaba pesticida smanjenjem rizika i negativnih učinaka njihove primjene, a pritom i visoka razina zaštite zdravlja ljudi, životinja, okoliša te očuvanje biološke raznolikosti. Zakon također propisuje obveznu primjenu temeljnih načela integrirane zaštite bilja u suzbijanju štetnih organizama, kao i promicanje alternativnih pristupa i nekemijskih metoda zaštite bilja, sve s namjerom postizanja održive i konkurentne poljoprivredne proizvodnje.

Poljoprivredna proizvodnja ne smije se oslanjati isključivo na kemijske mjere u borbi protiv štetnih organizama, jer unatoč njihovim prednostima, postoje i

značajni nedostatci. Stroži i sve zahtjevniji kriteriji za odobravanje aktivnih tvari znače i velik izazov u provedbi kemijske zaštite bilja (Ostojić i sur., 1996.). Zbog toga je ključno razvijati alternativne mjere zaštite bilja koje uključuju primjenu sredstava s aktivnim tvarima niskoga rizika. U kontekstu održive poljoprivrede, naglasak je na preventivnim ili neizravnim mjerama koje treba potpuno iskoristiti prije primjene izravnih mjera suzbijanja. Odluke o potrebi za suzbijanjem štetnika moraju se temeljiti na suvremenim alatima poput metoda praćenja štetnika i znanstveno utvrđenih pragova odluke o suzbijanju.

Primjena novih, digitalnih i pametnih tehnologija za praćenje štetnika omogućuje brže i učinkovitije odluke uz niže troškove za nadzor, sprječavanje i ograničavanje širenja štetnih organizama (Skendžić i sur., 2021a.). Izravne mjere suzbijanja štetnika trebaju se koristiti kao krajnja opcija, kada se ekonomski nepodnošljivi gubitci ne mogu spriječiti preventivnim mjerama. Osnovne izazove s kojima se zaštita bilja suočava čine niska razina svijesti o rizicima pri uporabi pesticida i sve učestalija primjena krivotvorenih sredstava za zaštitu bilja. Edukacije o sigurnu rukovanju pesticidima i pravilnoj primjeni sredstava ključne su za povećanje svijesti o rizicima nepravilne i nedopuštene uporabe, te pridonose rješavanju tih problema (Bažok, 2020.).

### **Klimatske promjene**

Klimatske promjene i ekstremne vremenske prilike imaju značajan utjecaj na proizvodnju usjeva i populacije štetnih organizama (Roques i sur., 2016.). U kontekstu poljoprivredne proizvodnje, sve više pozornosti posvećuje se izazovima koje donose klimatske promjene i prateći fenomeni poput porasta globalnih temperatura zraka, povećanja koncentracije atmosferskog ugljičnog dioksida, učestalih toplinskih valova, poplava, intenzivnih oluja, suša i drugih ekstremnih vremenskih događaja (DHMZ, 2024.). Posebno su problematični poremećaji u količinama oborina koji mogu imati veći utjecaj na poljoprivredu od samoga porasta temperatura zraka, pogotovo tijekom sušnih razdoblja kada značajno ograničavaju prinos i kvalitetu usjeva.

Štetnici kao jedan od osnovnih biotičkih čimbenika u poljoprivredi također su podložni promjenama uzrokovanim klimatskim poremećajima. Različiti štetnici različito reaguju na čimbenike poput porasta temperatura i promjena u količinama oborina (Lemić i sur., 2024.). Izravni učinci klimatskih promjena na štetnike vidljivi su u promjenama u njihovoj reprodukciji, razvoju, preživljavanju i rasprostranjenosti (Skendžić i sur., 2021a.). Osim toga, klimatske promjene neizravno utječu na odnose među štetnicima, njihov okoliš i druge vrste kukaca, poput prirodnih neprijatelja ili vektora biljnih bolesti (Muhar i Đurin, 2018.). Posljedice klimatskih promjena na dinamiku štetnika uključuju širenje njihove geografske raspodjele, povećano preživljavanje tijekom zimskih mjeseci, povećan broj generacija, veći rizik od unošenja

.....

invazivnih vrsta te učestalije pojave virusa koje prenose kukci (Skendžić i sur., 2021a, b).

Buduće promjene u dinamici populacija kukaca ovisit će o razini globalnog porasta temperature zraka sljedećih desetljeća. Prema klimatskim modelima, predviđa se da će prosječna temperatura na globalnoj razini porasti za 1,8 – 4 °C do kraja ovoga stoljeća (Skendžić i sur., 2021a., Lemić i sur., 2024.). S obzirom na to da se temperature okoline približavaju optimalnim vrijednostima za rast i razvoj mnogih vrsta štetnika, očekuje se da će ozbiljne najezde štetnih organizama postati češće, što bi moglo dodatno otežati održivu poljoprivrednu proizvodnju i zaštitu usjeva.

## MATERIJALI I METODE

Za potrebe ovoga rada prikupljeni su i analizirani podatci s Pinova meteoroloških postaja na mjernim stanicama Lazina Čička u Zagrebačkoj županiji i Horvati u gradu Zagrebu. Prikupljene su i analizirane dnevne temperature zraka (°C) i oborine (mm) za petogodišnje razdoblje (2019. – 2023.).

Odabir i analiza aktualnih problema zaštite bilja u suzbijanju štetnika u ratarstvu temelji se na vizualnim opažanjima ratarskih usjeva na području grada Zagreba i Zagrebačke županije od stručnjaka Poljoprivredne savjetodavne službe tijekom 2023. i 2024. vegetacijske sezone, kao i informacija dobivenih od samih proizvođača te iz relevantne aktualne literature.

## REZULTATI I RASPRAVA

Analiza prosječnih temperatura (tablica 1) na lokacijama Čička Lazina i Horvati tijekom petogodišnjeg razdoblja (2019. – 2023.) pokazuje blag porast godišnjih temperatura zraka, s izrazitim sezonskim varijacijama. Najviše su temperature uobičajeno zabilježene tijekom ljetnih mjeseci (lipanj, srpanj, kolovoz), dok su najniže vrijednosti prisutne u zimskim mjesecima (siječanj i prosinac). Ukupna suma temperatura na obje lokacije ukazuje na produljenje toplijih razdoblja u godini, što ima direktne posljedice na poljoprivrednu proizvodnju, uključujući utjecaj na razvoj i širenje populacija štetnika. Ovi podatci ističu potrebu za kontinuiranim praćenjem klimatskih uvjeta kako bi se poljoprivredni sustavi

**Tablica 1.** Prosječne dnevne temperature zraka i suma godišnjih temperatura  
**Table 1.** Average daily air temperatures and annual temperature sum

	Lokacija	Čička Lazina, Zagrebačka županija					Horvati, grad Zagreb				
		2019.	2020.	2021.	2022.	2023.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Prosječna temperatura zraka, °C	Mjesec/Godina										
	siječanj	0,2	0,8	1,7	1,4	4	0,8	-0,5	1,6	0,1	3,8
	veljača	4,4	6,9	5,4	5,5	3,9	3,4	6,4	4,3	4,3	2,9
	ožujak	9,2	7,8	7	6,7	8,8	8,4	6,9	5,8	4,9	7,9
	travanj	12,1	13,2	9,2	10,6	10,3	11,2	11,7	9	10,2	9,9
	svibanj	13,3	15,2	14,1	18,2	15,6	13,2	14,7	14	17,6	15,3
	lipanj	23,3	19,6	22,6	22,4	20,6	22,7	19,5	21,8	22,2	20,1
	srpanj	22,4	21,4	23,2	23,2	23	21,8	21,1	22,6	22,3	22,7
	kolovoz	22,9	22,3	20,9	22,8	21,8	22,3	21,8	20	22	21,2
	rujan	16,9	17,5	17,2	16,2	19,4	16	16,4	15,7	15,6	18,2
	listopad	13,2	11,7	9,3	13,5	15,1	11,8	11,3	8,2	12,5	14,3
	studen	8,4	5	5,6	7,3	7	8,1	4,7	5,3	6,5	6,1
prosinac	3,8	2,9	2,7	3,8	0	3,8	3,2	2,4	3,5	3	
<b>suma temperatura, °C</b>		<b>4611</b>	<b>4425</b>	<b>4273</b>	<b>4662</b>	<b>4580</b>	<b>4423</b>	<b>4241</b>	<b>4039</b>	<b>4391</b>	<b>4493</b>

Izvor: 2019. – 2023., agroklimatološke stanice Pinova na lokacijama Čička Lazina i Horvati

Source: 2019–2023, agroclimatic stations Pinova at the locations of Čička Lazina and Horvati

S obzirom na to da poljoprivredna proizvodnja ovisi i o dostupnosti vode, a pod utjecajem klimatskih promjena dolazi do promjene u količini oborina, njihovu intenzitetu i učestalosti, sve je češća pojavnost suša i poplava. Velike razlike u količini oborina zabilježene su u pojedinim godinama i mjesecima, kao i od lokaliteta do lokaliteta (tablica 2).

Tablica 2 prikazuje količinu oborina na dvije lokacije, Čička Lazina i Horvati, tijekom petogodišnjeg razdoblja (2019. – 2023.). Primjetno je da postoji značajna varijabilnost u godišnjim količinama oborina među različitim godinama i mjesecima, kao i između dviju lokacija. Čička Lazina bilježi veće oscilacije, s najvišim ukupnim oborinama zabilježenima u 2023. godini (1039,8 mm), dok je najniža vrijednost zabilježena u 2021. godini (641,7 mm). Horvati pokazuju sličan obrazac s najvišom količinom oborina u 2023. godini (957,8 mm), dok je najniža zabilježena 2020. godine (443 mm). Najviše oborina zabilježeno je u ljetnim i jesenskim mjesecima, osobito u svibnju, lipnju i rujnu, dok su zimski mjeseci, poput siječnja i veljače, donijeli manju količinu oborina.

Ove varijacije u oborinama mogu imati značajan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju i zdravlje usjeva, jer nejednaka raspodjela oborina može uzrokovati sušna ili prevlažna razdoblja, što utječe na rast biljaka i pojavu bolesti ili štetnika. Razumijevanje ovih klimatskih obrazaca ključno je za planiranje i prilagodbu poljoprivrednih praksi, uključujući navodnjavanje i druge mjere za upravljanje vodnim resursima.



**Tablica 2.** Prosječna količina oborina i godišnja suma oborina , lokacija Lazina Čička i lokacija Horvati

**Table 2.** Average precipitation and annual precipitation sum at Lazina Čička and Horvati locations

	Lokacija	Čička Lazina, Zagrebačka županija					Horvati, grad Zagreb				
		Mjesec/Godina	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.	2019.	2020.	2021.	2022.
količina oborina, mm	siječanj	38,5	6,7	77	38,4	134,5	48,4	6,3	84,6	37,4	155,9
	veljača	38,8	43,1	44,6	34,9	36,7	24,9	53,7	51,5	43,9	32,5
	ožujak	31,2	33,1	44,2	34,5	103,4	54,2	30,1	47,2	39	79,5
	travanj	83,7	12,2	41,4	50,1	113,1	126,2	27,1	84,7	70,1	105,5
	svibanj	200,8	49,7	63,5	39,8	118,5	197,6	68,2	143	67,5	150,3
	lipanj	34,6	63,1	6,2	56,4	60,2	84,6	3,5	24,7	87,3	74,7
	srpanj	86,3	104	69,3	25,6	154,9	121	5,3	96,1	50,7	113,3
	kolovoz	40,3	106	44,2	25,7	95,4	103,2	1,1	54,6	26,8	74,7
	rujan	173,6	56,8	39,7	159,2	54,9	110	0,5	35,3	277,1	54,9
	listopad	45	159	102	14,5	12,1	57,8	106	121	24,8	12,6
	studeni	142,3	38,2	64,6	73,2	76,8	182,2	47,1	86	102,7	16,5
	prosinac	75,6	75,4	80,6	89,4	79,3	117	96,5	77,4	106,5	87,4
<b>suma oborina, mm</b>		<b>990,7</b>	<b>747</b>	<b>677</b>	<b>641,7</b>	<b>1039,8</b>	<b>1227</b>	<b>443</b>	<b>906</b>	<b>933,8</b>	<b>957,8</b>

Izvor: 2019. – 2023, agroklimatološke stanice na lokacijama Čička Lazina i Horvati

Source: 2019–2023, agroclimatic stations Pinova at the locations of Čička Lazina and Horvati

Nedostatak vode u tlu može prouzročiti ozbiljne probleme jer gubitak bioloških funkcija biljaka dovodi do smanjenja otpornosti na bolesti i štetnike. Taj je problem često izraženiji i od samih promjena u temperaturi zraka, posebice u regijama gdje su sušna razdoblja ograničavajući čimbenik za poljoprivrednu proizvodnju. U uvjetima dugotrajne suše biljke su dodatno oslabiljene i postaju podložnije napadu štetnih organizama, čime se smanjuje prinos i kvaliteta usjeva. Suprotno tome, prekomjerne oborine mogu izazvati poplave i zadržavanje vode u tlu, što može ugroziti preživljavanje kukaca, narušiti njihov dijapauzni ciklus te utjecati na vrijeme njihove pojavnosti i širenja. Stagnacija vode također može dovesti do stvaranja uvjeta nepovoljnih za razvoj korijena biljaka, dok istodobno omogućuje povećanje populacija patogena i povećava rizik od zaraza i propadanja biljaka (Gajšak, 2018.).

### Aktualni problemi zaštite bilja u suzbijanju štetnika u ratarstvu

Uz brojne izazove s kojima se suočava suvremena poljoprivredna proizvodnja, njezino opće stanje uvelike ovisi o zaštiti bilja. Posljednjih je godina zaštita bilja otežana prije svega zbog promjene klimatskih prilika, ali razlog leži i u brojnim drugim čimbenicima, što rezultira sve većim gubitcima poljoprivrednih kultura koje su donedavno bile uspješno zaštićene. Ključni je problem nedovoljna educiranost poljoprivrednika, neadekvatna oprema, ali i ekonomska nemoć

mnogih poljoprivrednih gospodarstava da implementiraju suvremene metode zaštite bilja.

Održiva uporaba pesticida, kojoj je cilj smanjenje upotrebe kemijskih sredstava u poljoprivredi, u teoriji bi trebala potaknuti ekološki pristup zaštiti bilja. Međutim, u praksi se često događa suprotno. Smanjenje upotrebe pesticida često nije motivirano ekološkim razlozima, već je posljedica nedostatka dostupnih sredstava za zaštitu bilja, sve češće rezistentnosti štetnika na postojeće aktivne tvari, kao i visokih cijena pesticida. Rezistentnost na brojne aktivne tvari postala je ozbiljan problem u poljoprivredi, s obzirom na to da dugogodišnja primjena istih kemijskih sredstava dovodi do razvoja rezistentnih populacija štetnika, čineći postojeće metode zaštite neučinkovitim (Štivičić i sur., 2020., Kadoić Balaško i sur., 2021.).

S druge strane, razvoj visokoprinosa sorata i hibrida, koji su često osjetljiviji na bolesti i štetnike, uz intenzivnu primjenu gnojidbe i monokulture te nepoštovanje plodoreda, dodatno pridonosi povećanju štetnosti po poljoprivredne kulture. Klimatske promjene, koje utječu na pojavnost i dinamiku štetnika, u kombinaciji s manjom primjenom kemijskih sredstava, nedostatkom novih pesticida i širenjem rezistentnosti, stvaraju dodatne probleme u borbi protiv štetnika, posebice u ratarstvu (Skendžić i sur., 2021a.). Stoga je ključno ponovno usmjeriti pozornost na razvoj integriranih strategija zaštite bilja koje će obuhvatiti sve aspekte održive poljoprivredne proizvodnje. To uključuje unapređenje znanja poljoprivrednika o suvremenim metodama zaštite, primjenu bioloških sredstava i ekološki prihvatljivih tehnologija te suradnju sa znanosti da bi se razvile učinkovite, održive i dugoročne strategije za očuvanje prinosa i kvalitete poljoprivrednih kultura.

### Problem suzbijanja štetnika u ratarstvu

Među najznačajnijim problemima suzbijanja štetnika u ratarstvu ističu se sljedeći:

1. **Rezistentnost štetnika na pesticide.** Dugogodišnja primjena istih kemijskih sredstava dovela je do stvaranja rezistentnih populacija štetnika. To znači da su mnogi kukci razvili otpornost na određene aktivne tvari, čineći dosadašnje metode suzbijanja neučinkovitim.
2. **Nedostatak novih aktivnih tvari.** Razvoj novih pesticida traje dugo i iziskuje velika financijska ulaganja. Povlačenje postojećih sredstava za zaštitu bilja s tržišta, bez adekvatnih zamjena, stvara ozbiljne probleme u održavanju proizvodnje i zaštiti usjeva.
3. **Monokultura i nepoštovanje plodoreda.** Stalno uzgajanje iste kulture na istom području smanjuje biološku raznolikost tla, što pogoduje razvoju štetnika i bolesti. Nepridržavanje plodoreda omogućuje štetnicima kontinuiran razvoj i širenje.

4. **Klimatske promjene.** Povećane temperature i promjene u obrascima padalina pridonose bržem razvoju štetnih organizama, povećanju broja generacija godišnje i širenju štetnika u nove, do sada nezahvaćene regije.
5. **Smanjena primjena pesticida zbog strogih regulativa.** Administrativno ukidanje mnogih pesticida, bez dostupnih alternativnih sredstava, otežava učinkovito suzbijanje štetnika, a to povećava rizik od značajnih gubitaka prinosa.

### **Problemi iz prakse koje su uočili stručnjaci Poljoprivredne savjetodavne službe**

Jedan od osnovnih problema u uzgoju uljane repice svakako je pojava repičine pipe, posebice dviju vrsta: velike repičine pipe (*Ceutorhynchus napi* Gyll. 1837) i male repičine pipe (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh. 1802). Stručnjaci Poljoprivredne savjetodavne službe zabilježili su da u posljednje dvije godine ove pipe izlaze iz tla vrlo rano, ponekad već na početku zime, što je posljedica sve viših temperatura. Zbog te pojave postavlja se pitanje jesu li zbog globalnog zagrijavanja te štetne vrste prekinule svoje uobičajeno razdoblje dijapauze i prezimljenja. U godinama poput 2023., repičine pipe pojavile su se već u studenom i prosincu, što sugerira da nisu prošle kroz očekivanu i poznatu dijapauzu. U takvim situacijama, kada se pipe pojavljuju tijekom zime u kritičnu broju, poljoprivrednici su primorani razmatrati primjenu insekticida u vrijeme kada to nije uobičajeno. Međutim, često dolazi do zahladnjenja tijekom veljače, što onemogućava primjenu sredstava za zaštitu bilja. Nadalje, pipe se ponovo aktiviraju u proljeće, najčešće tijekom travnja, kada se preporučuje primjena insekticida. No, vremenske oscilacije u proljeće, poput naglih zahladnjenja, dodatno zapetljavaju situaciju jer produžuju razdoblje tretiranja, a u nekim je slučajevima potrebna višestruka primjena insekticida. Ova nepredvidljivost u vremenskim uvjetima i biološkom ciklusu repičine pipe velik je izazov za poljoprivrednike jer povećava rizik od šteta na usjevima, ali i ekonomsku neizvjesnost zbog viših troškova zaštite bilja.

Drugi značajan problem u uzgoju uljane repice izaziva repičin sjajnik (*Brassicogethes aeneus* Fabricius, 1775) (slika 1). Najveći je izazov u borbi s tim štetnikom pojava rezistentnosti na raspoloživa sredstva za zaštitu bilja, što znatno otežava njegovo suzbijanje. Problem postaje posebno izražen tijekom faze cvatnje, kada repičin sjajnik može dosegnuti brojnost populacije iznad kritičnog broja. Prema podacima stručnjaka Poljoprivredne savjetodavne službe, posljednjih se godina bilježi prisutnost čak 10 odraslih sjajnika po cvijetu, dok je očekivano između 2 do 3 sjajnika po cvijetu. Ta nagla pojava velikih populacija, u kombinaciji s rezistentnošću na insekticide, ozbiljna je prijetnja za usjeve uljane repice i zahtijeva razvoj novih strategija zaštite.



**Slika 1.** Repičin sjajnik na uljanoj repici (snimila: B. Deždek, 2024.)

**Figure 1.** Pollen beetle on oilseed rape (photo: B. Deždek, 2024)

Značajan problem proizvodnje kukuruza predstavlja kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (slika 2), štetnik koji je konstantno prisutan i gotovo nema područja pod kukuruzom gdje nije zabilježen. Unatoč stalnim upozorenjima stručnjaka da se kukuruzovina treba zaorati najkasnije do 15. svibnja kako bi se spriječilo izlijetanje prve generacije kukuruznog moljca, mnogi poljoprivrednici i dalje zanemaruju ovu preporuku. U praksi se suzbijanje kukuruznog moljca najčešće provodi samo na kukuruzu šećercu, iako pravodobno zaoravanje kukuruzovine može značajno smanjiti pojavnost tog štetnika. S obzirom na to da je kukuruz najzastupljenija kultura kontinentalne Hrvatske, štete od kukuruznog moljca svake se godine povećavaju. Sve veći broj poljoprivrednika traži savjete o praćenju moljca i određivanju rokova za suzbijanje. Iako sve više proizvođača prati razvojne oblike moljca i koristi sume temperatura za određivanje optimalnih rokova suzbijanja, problem ostaje u samoj primjeni pesticida i odgovarajućoj opremi za aplikaciju.



**Slika 2.** Gusjenica kukuruznog moljca u klipku kukuruza (snimila: D. Lemić, 2023.)

**Figure 2.** European corn borer larva in corn ear (photo: D. Lemić, 2023)

Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) (slika 3) također predstavlja značajan problem u proizvodnji kukuruza, osobito kod proizvođača koji nemaju mogućnost uzgoja kultura u višegodišnjem plodoredu. Prema opažanjima stručnjaka Poljoprivredne savjetodavne službe, polijeganje usjeva i štete koje uzrokuje ovaj štetnik najizraženije su upravo na područjima s učestalim uzgojem kukuruza bez rotacije drugih kultura. Na većini ratarskih površina štete su od kukuruzne zlatice manje, ali ipak prisutne. Važnu ulogu u suzbijanju toga štetnika imaju agrotehničke mjere, poput plodoreda, gnojidbe, pravilne obrade tla te odabira tolerantnih hibrida. Način i vrijeme sjetve također mogu značajno utjecati na brojnost štetnika. Iako kemijske mjere mogu biti učinkovite, osviještenost poljoprivrednika o agrotehničkim mjerama, poput plodoreda, ključna je za dugoročno držanje kukuruzne zlatice pod nadzorom i smanjenje šteta.



**Slika 3.** Kukuruzna zlatica (snimila: D. Lemić, 2023.)  
**Figure 3.** Western corn rootworm (photo: D. Lemić, 2023)

Žitne leme (*Oulema melanopus* L. i *Oulema lichenis* Voet) ozbiljan su problem u proizvodnji jare zobi, koja je osjetljivija na napad ovog štetnika u usporedbi s drugim strnim žitaricama. Stručnjaci Poljoprivredne savjetodavne službe bilježe povećanu prisutnost odraslih oblika, što prijašnjih godina nije bilo tako. Visoka vlažnost tla i iznadprosječne temperature zraka tijekom travnja omogućavaju da sjetva jare zobi bude u optimalnom roku, no već potkraj tog mjeseca pojavljuju se i prve ličinke žitnih lema. Tijekom posljednjih nekoliko godina zabilježene su značajne štete na usjevima jare zobi (slika 4), unatoč preporukama Poljoprivredne savjetodavne službe za redovit pregled usjeva na prisutnost štetnika. Dodatan je izazov u borbi protiv žitne leme i pojava rezistentnosti štetnika na insekticide iz skupine piretroida, pa to također otežava učinkovito suzbijanje i zahtijeva traženje alternativnih strategija zaštite.



**Slika 4.** Oštećenja od lema na listovima jare zobi (snimila: D. Lemić, 2024.)

**Figure 4.** Leaf damage from cereal leaf beetle on spring oats (photo: D. Lemić, 2024)

Povremeno se u rano proljeće na ratarskim kulturama, posebice na žitaricama, pojavljuju štete uzrokovane žitnim buhačima (*Phyllotreta* spp.). Ti sitni štetnici hrane se lišćem, uzrokujući oštećenja koja mogu smanjiti fotosintetsku aktivnost biljaka, što u konačnici utječe na smanjenje prinosa. Buhači na žitaricama obično se suzbijaju indirektno, primjenom insekticida koji se koriste za suzbijanje drugih štetnika, poput žitnih lema. Takva suzbijanja često se provode ciljano protiv leme, ali pružaju i dodatnu zaštitu protiv buhača. Međutim, u godinama kada je sjetva kukuruza rana, a zatim uslijedi naglo zahladnjenje, stručnjaci bilježe štete od žitnih buhača i na usjevima kukuruza. To je osobito zabrinjavajuće jer nagle promjene vremenskih uvjeta mogu pojačati intenzitet šteta, osobito u osjetljivim fazama rasta biljaka. U takvim slučajevima oštećenja na kukuruзу mogu dodatno utjecati na razvoj biljke u ranim fazama rasta, što smanjuje njezin potencijal za optimalan prinos.

Osim šteta od žitnih buhača, u posljednje se vrijeme sve češće bilježe štete i od različitih vrsta stjenica i sovica na ratarskim kulturama. Ovi štetnici, iako trenutačno ne uzrokuju značajne probleme, postaju sve vidljiviji na poljima i mogu potencijalno biti prijetnja u budućnosti. Njihova pojava ovisi o specifičnim vremenskim uvjetima, a kako se klimatski uvjeti mijenjaju, moguće je da će njihova populacija rasti te biti sve veći problem u ratarskoj proizvodnji.

Smeđa mramorasta stjenica (*Halyomorpha halys* Stål) postaje sve značajniji štetnik na ratarskim kulturama diljem Europe, uključujući i Hrvatsku. Ova

.....

invazivna vrsta polifagnog karaktera uzrokuje štete na više od 300 različitih biljnih vrsta, a sve više se širi i na ratarske usjeve (Pajač Beus i sur., 2024a., b.). Njezine aktivnosti na ratarskim kulturama, poput kukuruza i soje, uključuju sisanje biljnih sokova, što uzrokuje deformacije plodova, smanjenje prinosa i kvalitetu zrna (Pajač Živković i sur., 2021.). Štetnost vrste *Halyomorpha halys* očituje se u značajnim ekonomskim gubitcima, posebice u godinama kada su klimatski uvjeti pogodni za njezin razvoj i širenje (Haye i sur., 2014., Britt i sur., 2019.). Visoke temperature zraka i blage zime omogućuju joj preživljavanje i povećanje broja generacija godišnje. S obzirom na njezin invazivan karakter, praćenje populacije i razvoj učinkovitih metoda suzbijanja ključno je za sprječavanje velikih šteta u ratarskoj proizvodnji.

Oštećenja na kukuruzu uzrokovana vrstom *Halyomorpha halys* najčešće se manifestiraju tijekom faze razvoja klipa. Stjenice sišu sokove iz zrna, što dovodi do slabog razvoja zrna, deformacija i smanjenog punjenja klipa. Oštećeni klipovi mogu imati smeđe mrlje, a zrna postaju naborana i manja, što direktno utječe na prinos i kvalitetu zrna. U nekim slučajevima oštećenja mogu otvoriti vrata sekundarnim patogenima, čime se dodatno narušava kvaliteta usjeva (Haye i sur., 2014., Ciceoi i sur., 2017.). Iako rjeđe, *Halyomorpha halys* može uzrokovati štete i na žitaricama poput pšenice, ječma i zobi. Oštećenja se obično pojavljuju tijekom razvoja klasa kada stjenica siše sokove iz zrna. Posljedica je deformacija zrna, smanjenje mase te eventualno smanjenje kvalitete klasa. Zbog toga dolazi do smanjena prinosa, posebice u godinama s većim populacijama stjenica. Na soji, *Halyomorpha halys* uzrokuje značajne štete tijekom formiranja mahuna. Stjenice sišu sokove iz mahuna, što dovodi do deformacija i propadanja zrna unutar mahuna. Oštećene mahune mogu pretrpjeti promjene boje i postati nekrotične, a zrna unutar njih ostaju nedovoljno razvijena ili propadaju (slika 5). Ta oštećenja smanjuju kvalitetu i prinos soje, što može imati značajan ekonomski utjecaj na proizvodnju (Musolin i sur., 2018.). Osim toga, tijekom uzgoja soje 2024. godine uočen je simptom poznat kao "stay green" na soji, povezan s napadom smeđe mramoraste stjenice, a karakterističan je po tome što biljka, odnosno mahune i stabljike, ostaju zelene i nakon što biljka sazrije i osuši se. Taj se fenomen događa zbog oštećenja uslijed sisanja stjenica, koje ometaju normalan proces sazrijevanja biljke. Stjeničino sisanje biljnih sokova ometa prienos hranjivih tvari unutar biljke, uzrokujući abnormalan metabolizam i usporen razvoj mahuna. Zbog "stay green" simptoma, mahune često ostaju neotvorene ili nerazvijene, a zrna unutar njih ostaju nekvalitetna ili neformirana u potpunosti. To dovodi do smanjena prinosa i smanjene kvalitete zrna jer biljka nije u stanju završiti svoj prirodni ciklus sazrijevanja. Taj simptom predstavlja značajan problem za proizvođače soje jer izravno utječe na kvalitetu i prinos usjeva (Owens i sur., 2013.).



**Slika 5.** Smeđa mramorasta stjenica na mahunama soje (snimila: D. Lemić, 2024.)

**Figure 5.** Brown marmorated stink bug on soybean pods (photo: D. Lemić, 2024)

### **Važnost praćenja populacija štetnika i pravodobnog suzbijanja**

Za uspješno suzbijanje štetnika u ratarstvu ključno je redovito i sustavno praćenje populacija. Uočeni problemi u praksi, poput ranih izlazaka repičine pipe i promjena u biološkim ciklusima štetnika zbog klimatskih promjena, ističu potrebu za preciznim praćenjem kako bi se pravodobno interveniralo. Praćenje (*monitoring*) omogućava prikupljanje podataka o pojavi štetnika, što je nužno za određivanje optimalnih rokova primjene zaštitnih sredstava. U slučaju repičine pipe i repičina sjajnika, na primjer, monitoring može pomoći u odabiru najboljeg trenutka za primjenu insekticida te smanjiti potrebu za višestrukim tretiranjima. Također, kod kukuruznog moljca i kukuruzne zlatice, pravilno praćenje populacija omogućava poljoprivrednicima da prilagode agrotehničke mjere, poput plodoreda, čime se smanjuje pritisak štetnika. Redovit i sustavan monitoring pruža i priliku za pravodobno utvrđivanje novih invazivnih vrsta, poput smeđe mramoraste stjenice, koja postaje sve veći problem u ratarskoj proizvodnji. Utvrđivanje i praćenje štetnika u pravo vrijeme omogućuje implementaciju integriranih strategija suzbijanja, što uključuje kombinaciju kemijskih, bioloških i mehaničkih mjera, čime se smanjuje šteta i osigurava održivost poljoprivredne proizvodnje.



## ZAKLJUČAK

Ovaj rad ukazuje na sve veću složenost u zaštiti ratarskih kultura od štetnika, koja je pod velikim utjecajem klimatskih promjena i razvoja rezistentnosti na sredstva za zaštitu bilja. Klimatske promjene, osobito porast temperature zraka i promjene u obrascima oborina, utječu na biološki ciklus štetnika, produljujući njihov razvoj i povećavajući broj generacija. To je posebno izraženo kod repičinih pipa koje se pojavljuju ranije u godini, čak i tijekom zime, kada je suzbijanje otežano zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta za primjenu insekticida.

Razvoj rezistentnosti štetnika na postojeća sredstva za zaštitu bilja, poput repičina sjajnika i žitnih lema, dodatno otežava suzbijanje i povećava rizik od ozbiljnih gubitaka u prinosima. Otpornost na insekticide u kombinaciji s izostankom novih aktivnih tvari stavlja naglasak na potrebu za razvojem alternativnih mjera zaštite bilja. Pojava invazivnih vrsta, poput smeđe mramoraste stjenice koja uzrokuje štete na ratarskim kulturama poput soje i kukuruza, dodatno komplicira stanje na terenu.

Praćenje populacija štetnika i pravodobna primjena integriranih metoda zaštite ključni su za smanjenje šteta. Edukacija poljoprivrednika o alternativnim mjerama zaštite, uključujući biološke i agrotehničke mjere, postaje sve važnija u održivoj poljoprivredi. S obzirom na sve izazove, potrebno je jačati znanstvena istraživanja kako bi se razvile nove metode zaštite koje će se bolje prilagoditi promjenjivim klimatskim uvjetima i otpornosti štetnika. Integrirani pristupi, koji kombiniraju preventivne mjere i pametne tehnologije, najbolji su put prema održivoj poljoprivrednoj proizvodnji u uvjetima koji se stalno mijenjaju.

## CHALLENGES OF PEST CONTROL UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS (WITH EXAMPLES FROM CROP PRODUCTION)

### SUMMARY

Climate change brings numerous challenges to agricultural production, with one of the most significant impacts being the shift in pest dynamics. Rising global temperatures, changes in rainfall patterns, heatwaves, and other extreme weather events are leading to the expansion of pest geographical ranges, higher winter survival rates, an increase in the number of generations within a single growing season, and a greater risk of introducing invasive insect species to new areas. These changes directly impact crop productivity and increase the need for adaptable approaches in crop protection. Under new climatic conditions, pests may alter their interactions with host plants and pesticides, necessitating the modernization of control strategies. This paper is

based on observations by the Agricultural Advisory Service on changes in climate patterns in the city of Zagreb and Zagreb County (in terms of temperature and precipitation). It provides a brief overview of the most important pests in crop production in recent years in this region and highlights the need for integrated plant protection approaches, including adaptation to new climate conditions, to reduce pest impact and ensure the long-term sustainability of agricultural production.

**Keywords:** crop production, climate change, integrated pest management, invasive species, monitoring

## LITERATURA

**Bažok, R.** (2020.). Je Li Održiva Uporaba Pesticida Doista Održiva? Glasilo biljne zaštite, 3, 384-389.

**Bažok, R., Lemić, L.** (2017.). Rezistentnost štetnika na insekticide. Glasilo biljne zaštite, 17 (5), 429-438.

**Britt, K.E., Pagani, M.K., Kuhar, T.P.** (2019.). First Report of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) Associated With *Cannabis sativa* (Rosales: Cannabaceae) in the United States. Journal of Integrated Pest Management, 10 (1), 17, 1-3.

**Ciceoi, R., Bolocan, I.G., Dobrin, I.** (2017.). The spread of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Romania. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology, 21, 15-20.

**Data Commons** (2024.). World. Dostupno na: [https://datacommons.org/place/Earth?utm\\_medium=explore&mprop=count&popt=Person&hl=en](https://datacommons.org/place/Earth?utm_medium=explore&mprop=count&popt=Person&hl=en) (pristupljeno: 5. studenog, 2024.)

**DHMZ** (2024.). Klima i klimatske promjene. Dostupno na: ([https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_modeli&param=klima\\_promjene](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli&param=klima_promjene)) (pristupljeno: 2. lipnja, 2024.)

**FIS** (2024.). Fitosanitarni informacijski sustav. Dostupno na: <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/> (pristupljeno: 28. kolovoza, 2024.)

**Gajšak, M.** (2018.). Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu. Dostupno na: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-utjecaj-klimatskih-promjena-na-poljoprivredu/> (pristupljeno: 28. kolovoza, 2024.)

**Haye, T., Wyniger, D., Garipey, T.** (2014.). Recent range expansion of brown marmorated stink bug in Europe. U: Proceedings of the 8th International Conference on Urban Pests, Zurich, Switzerland, str. 309-314.

**Kadoić Balaško, M., Lemić, D., Mikac, K. M., Bažok, R.** (2021.). Multidisciplinarni pristup istraživanju rezistentnosti kod kukaca. Glasilo Future, 4(4), 22-36.

**Lemić, D., Kriticos, D. J., Gasparic, H. V., Živković, I. P., Duffy, C., Akrivou, A., Ota, N.** (2024.). Global change and adaptive biosecurity: managing current and emerging *Aleurocanthus woglumi* threats to Europe. Current opinion in insect science, 62, 101164.

**Muhar, A., Đurin, B.** (2018.). Utjecaj klimatskih promjena na vodne resurse u svijetu. Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu. 9 (1), 46-54.

**Musolin, D.L., Konjević, A., Karpun, N.N., Protsenko, V.Y., Ayba, L.Y., Saulich, A.K.** (2018.). Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: History of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops. *Arthropod Plant Interact.*, 12, 517–529.

**Narodne novine (46/2022).** Zakon o održivoj uporabi pesticida, NN 46/22). Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022\\_04\\_46\\_573.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_04_46_573.html) (pristupljeno: 2. lipnja, 2024.)

**Narodne novine (80/2013, 32/2019, 32/2020).** Zakon o provedbi Uredbe (EZ) br. 1107/2009 o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja, NN 80/13, 32/19, 32/20). Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_03\\_32\\_706.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_03_32_706.html) (pristupljeno: 2. lipnja, 2024.)

**Ostojčić, Z., Maceljki, M., Cvjetković, B., Igrc-Barčić, J.** (1996.). Stanje i problemi zaštite bilja u Republici Hrvatskoj. *Agronomski Glasnik*, 2-4.

**Owens, D.R., Herbert, D.A., Dively, G.P., Reising, D.D., Kuhar, T.P.** (2013.). Does Feeding by *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Reduce Soybean Seed Quality and Yield? *J. Econ. Entomol.*, 106, 1317–1323.

**Pajač Beus, M., Lemić, D., Skendžić, S., Maršić, N., Pajač Živković, I.** (2024a.). *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)–novi izazov i prijetnja za hrvatsku poljoprivrednu proizvodnju. *Glasiilo biljne zaštite*, 24(4-5), 499-507.

**Pajač Beus, M., Lemić, D., Skendžić, S., Čirjak, D., Pajač Živković, I.** (2024b.). The Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae)—A Major Challenge for Global Plant Production. *Agriculture*, 14(8), 1-21.

**Pajač Živković, I., Skendžić, S., Lemić, D.** (2021). Brzo širenje i prva masovna pojava vrste *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) u poljoprivrednoj proizvodnji u Hrvatskoj. *Journal of Central European Agriculture*, 22 (3), 531-538.

**Roques, A., Auger-Rozenberg, M.A., Blackburn, T.M., Garnas, J., Pyšek, P., Rabitsch, W., Richardson, D.M., Wingfield, M.J., Liebhold, A.M., Duncan, R.P.** (2016.). Temporal and interspecific variation in rates of spread for insect species invading Europe during the last 200 years. *Biol Invasions*, 18, 907-920.

**Skendžić, S., Zovko, M., Pajač Živković, I., Lešić, V., Lemić, D.** (2021a.). The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, 12, 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>

**Skendžić, S., Zovko, M., Pajač Živković, I., Lešić, V., Lemić, D.** (2021b.). Effect of climate change on introduced and native agricultural invasive insect pests in Europe. *Insects*, 12(11), 985.

**Službeni list Europske unije** (2009.). Uredba (EZ) br. 1107/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja i stavljanju izvan snage direktiva Vijeća 79/117/EEZ i 91/414/EEZ

**Štivičić, A., Pajač Živković, I., Lemić, D.** (2020.). Metode utvrđivanja rezistentnosti u entomološkim znanostima. *Fragmenta phytomedica*, 34(6), 27-38.

**stručni rad**

## NAJAVE

### **Poštovani članovi Hrvatskog društva biljne zaštite, drage kolegice i kolege!**

Približava se održavanje našeg tradicionalnog, sada već **67. Seminara biljne zaštite** koji će se održati u razdoblju **od 4. do 7. veljače 2025. godine** u hotelu „Ambasador“ u Opatiji.

Naša misija i vizija uvijek nas tjeraju da budemo u korak s novostima, kako na nacionalnoj, tako i na razini Europske unije, a to nas obvezuje da osmislimo program koji će biti ispunjen aktualnim temama, problemima na koje moramo pružiti adekvatne odgovore, informacijama o suvremenim i novim mogućnostima u suzbijanju štetnika, bolesti i korova, inovativnim tehnikama i tehnologijama i brojnim drugim nužno potrebnim spoznajama i znanjima.

U nastojanju da pružimo sve ono najbolje, oformili smo nove sekcije s izlaganjima, a osim sekcija bit će tu i intrigantne i nadasve zanimljive dvije panel-rasprave te dva okrugla stola, na koje vam već sada ukazujemo:

Panel-rasprava: „Kako potaknuti implementaciju načela integrirane zaštite bilja u poljoprivrednu proizvodnju“

Panel-rasprava: „Zdravstveno stanje šuma u Hrvatskoj danas“

Okrugli stol: „Savjetodavne usluge u zaštiti bilja – što imamo, što trebamo?“

Okrugli stol: „Nove tehnologije u zaštiti bilja – držimo li korak?“

Od ovoga Seminara uvodimo još jednu novost za koju smo sigurni da će nam svima olakšati organizacijski dio. Naime, na stranici Hrvatskog društva biljne zaštite bit će objavljen **PROMO KOD** putem kojega ćete se svi prijavljivati direktno u hotel da bismo izbjegli dvostruke prepiske i možebitne pogreške. O svemu ovom potanko ćemo vas obavijestiti u skorije vrijeme.

Osim stručnog dijela i predavanja, svrha našeg skupa oduvijek je bilo i druženje s kolegama, razmjene mišljenja, jer samo jednom na godinu svi oni koji se u bilo kojem smislu bave zaštitom bilja nalaze se na jednom mjestu, na našem Seminaru u Opatiji.

Vjerujem da se svi radujete dolasku u Opatiju, druženju s kolegama, novim poznanstvima i obnovljenim starim prijateljstvima.

Sve obavijesti i pojedinosti o Seminaru možete naći i na našoj web-stranici Hrvatskog društva biljne zaštite, a dobit ćete ih i e-poštom na svoje adrese.

Za sve upite kao i do sada slobodno se obratite našoj poslovnoj tajnici, gospođi Marijani Jelić, na e-adresu [marijana.jelic@abeceda-agro.hr](mailto:marijana.jelic@abeceda-agro.hr)

Do susreta u Opatiji na **67. Seminaru biljne zaštite** srdačno vas pozdravljam i vjerujem da ćete se odazvati u što većem broju!

Predsjednica HDBZ-a,  
prof. dr. sc. Jasminka Igrc Barčić v.r.

## NAGRADE

**Mladen Poletti Kopešić – dobitnik Nagrade za uzoran rad i posebno vrijedan doprinos Agronomskom fakultetu**

Vijest da je našem tehničkom suradniku Mladenu Poletti Kopešiću, dugogodišnjem zaposleniku Zavoda za fitopatologiju, Odsjeka za fitomedicinu na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, dodijeljeno ovo vrijedno priznanje, na Zavodu za fitopatologiju primljena je s velikom radošću i s osobitim zadovoljstvom prenosimo je svim čitateljima.

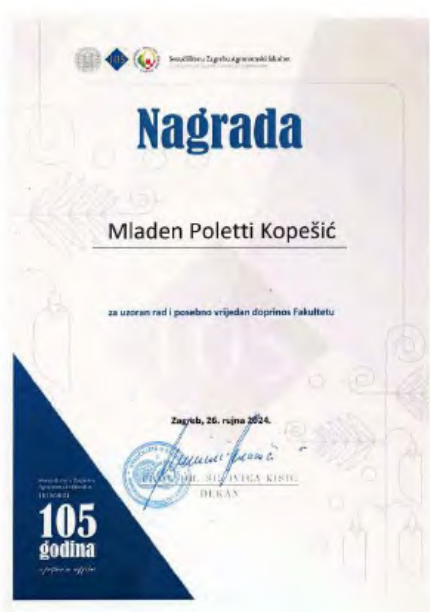
Mladen Poletti Kopešić rođen je 5. siječnja 1970. u Zadru. Završio je Srednju poljoprivrednu školu u Zagrebu, a zatim se upisao na Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Putem studentskog servisa u proljeće i ljeto 1991. radi u tadašnjem OOUR Institutu za zaštitu bilja, kao pomoćnik u pokusima s fungicidima. Zbog obiteljskih je razloga nakon druge godine prekinuo studij i zaposlio se 1992. godine na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu u Zavodu za fitopatologiju u kojemu, u okviru današnjeg Odsjeka za fitomedicinu, radi do danas. Od samoga početka rada u Zavodu uspješno koristi predznanja stečena slušanjem i polaganjem dijela predmeta tijekom dvije godine studiranja, a potom brzo i uspješno nadograđuje svoje stručno i praktično znanje iz područja fitomedicine, brzo svladava suvremene laboratorijske tehnike, stječe praktične informatičke vještine te izrasta u hvalevrijedna tehničkog suradnika. Tijekom više od 31 godine rada, Mladen Poletti Kopešić izgradio je reputaciju iznimno pouzdana i predana djelatnika, kojega cijene kolege i studenti. Iznimnu stručnu tehničku potporu pruža znanstveno-nastavnom i istraživačkom osoblju, kako djelatnicima Odsjeka za fitomedicinu, tako i ostalim djelatnicima Fakulteta. Od 1992. godine provodio je testove djelotvornosti fungicida, pa su tako djelatnici Zavoda bili direktno informirani o njihovoj djelotvornosti, a to je značajno pridonosilo i prihodima Zavoda. Tijekom proteklih godina obavljao je tehničke poslove na domaćim i međunarodnim projektima pomažući u realizaciji projekata i redovitu održavanju vanjskih površina Zavoda (zbirke loznih indikatora i zbirke virusa vinove loze "in vivo") i zaštićenih prostora plastenika i laboratorija. Napose valja istaknuti USA projekt „Investigation of the Possibilities of Biological Control of Two Important Weeds, *Cardaria draba* and *Abutilon theophrasti*, koji je Zavodu omogućio nabavku vrijedne istraživačke opreme, te projekt naslova *Valorizzazione, risanamento e produzione di materiale vivaistico a area* (VARIOVIT III A) iz kojega je i potekla inicijativa za osnivanje zbirki.

Trenutačno je tehnički suradnik na HRZZ projektu "Virusi vinove loze: potraga za dijelovima slagalice koji nedostaju", a prije toga u istoj je funkciji sudjelovao u provedbi HRZZ projekta "Ekologija i karakterizacija dvaju novih virusa vinove loze" i jednoga tehnološkog projekta. Osim na projektima, surađivao je kao

tehnička potpora domaćim i stranim proizvođačima pesticida u postavljanju poljskih pokusa, a uvelike je pomogao i u istraživanjima za potrebe doktorskih disertacija, za studentske stručne projekte te završne i diplomske radove. U okviru izbornog predmeta "Laboratorijske tehnike u fitopatologiji", na diplomskom studiju Fitomedicina, demonstrira rad s laboratorijskim instrumentima i pomaže studentima u izradi seminarskih radova. Zahvaljujući svom stručnom znanju i iskustvu sudjeluje u laboratorijskim analizama biljnih bolesti i savjetovanju o njihovu suzbijanju, što Zavod kao uslugu nudi građanstvu, a ujedno pomaže i u zaštiti ukrasnih nasada Fakulteta od bolesti i štetnika. Mladen Poletti Kopešić uključuje se i u rad izvannastavnih grupa Odsjeka za fitomedicinu, poput "Art u fitomedicini", "Čudesni svijet korova" i "Entomološka grupa". Sudjelovao je u postavljanju izložbi povodom 90., 95. i 100. obljetnice Fakulteta, na Smotrama Sveučilišta, Agro-adventima i drugim manifestacijama. Njegova svestranost dolazi do izražaja u projektu „Histrion“ astronomske udruge „Vidulin“, gdje sudjeluje u slanju izolata fitopatogenih gljiva bespilotnim letjelicama u bliski svemir. Zahvaljujući svojim informatičkim, grafičkim i fotografskim vještinama, kamerom je uvijekovječio mnoge biljne bolesti i aktivno pomogao u izradi grafičkih prikaza za sveučilišne udžbenike

(npr. knjiga prof. dr. sc. Cvjetkovića, „Mikoze i pseudomikoze voćaka i vinove loze“), i neprocjenjiva je njegova pomoć mnogim djelatnicima Zavoda pri izradi tablica i grafika za publikacije. Sudjeluje i u pripremi specijalnog broja časopisa „Glasilo biljne zaštite“ posvećenoga pregledu sredstava za zaštitu bilja, a dok je sjedište Hrvatskog društva za zaštitu bilja bilo u Zavodu za fitopatologiju (2001. – 2004.), *pro bono* je obavljao neke tehničke poslove za Društvo. U okviru rada u tijelima Fakulteta više je godina obnašao funkciju u Odboru za zaštitu na radu, pokazujući pritom visoku razinu učinkovitosti i predanosti.

Mladen Poletti Kopešić primjer je uzorita djelatnika koji voli svoj posao, koliko god dinamičan i izazovan zna biti, na dobrobit svih oko njega i zato su svi navikli od njega dobiti i puno više nego što se traži. Njegovo znanje i iskustvo te široka opća i tehnička



**Slika 1.** Nagrada Mladenu Poletti Kopešiću za uzoran rad i posebno vrijedan doprinos Agronomskom fakultetu

kultura bogatstvo su kojim je oplemenio Zavod za fitopatologiju i Odsjek za fitomedicinu te pridonio njihovom razvoju. Povodom obilježavanja 105. godine od osnutka Agronomskog fakulteta, 26. rujna 2024. uručena mu je zaslužena Nagrada za uzoran rad i posebno vrijedan doprinos Fakultetu, na čemu mu osobno i u ime Zavoda srdačno čestitamo.

Predstojnik Zavoda za fitopatologiju,  
izv. prof. dr. sc. Joško Kaliterna

## ZAHVALNICA

### **Renata Dejanović – dobitnica Zahvalnice Agronomskog fakulteta povodom njegove 105. Obljetnice**

Dugogodišnja članica Hrvatskog društva biljne zaštite, Renata Dejanović, dipl. ing., dobitnica je Zahvalnice Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta za uspješnu suradnju povodom 105. obljetnice Fakulteta. Zahvalnicu je nagrađenoj članici Društva uručio tadašnji dekan Agronomskog fakulteta, prof. dr. sc. Ivica Kisić, na svečanoj sjednici Agronomskog fakulteta održanoj 26. rujna 2024. u Svečanoj dvorani zgrade SEECEL, Zagreb. Ovu vijest, kao i obrazloženje nagrade, sa zadovoljstvom prenosimo čitateljima Glasila biljne zaštite.

Renata Dejanović rođena je 11. siječnja 1973. u Sisku. Završila je gimnaziju u Sisku, a na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, smjeru Zaštita bilja, diplomirala je 1997. godine. Već tijekom studiranja Renata Dejanović (rođena Pereković) isticala se u znanstvenom i stručnom radu te je u akademskoj godini 1994./1995. nagrađena Rektorovom nagradom za rad „Razvoj rezistentnosti krumpirove zatičice *Leptinotarsa decemlineata*“.

Od 2010. godine Renata Dejanović zaposlena je u tvrtki Bayer Crop Science na pozicijama Area Sales Manager (2010. – 2016.), Agronomic Solution Manager (Weed



**Slika 1.** Na svečanoj sjednici Agronomskog fakulteta, održanoj 26. rujna 2024. u Svečanoj dvorani zgrade SEECEL, dekan Agronomskog fakulteta, prof. dr. sc. Ivica Kisić (2021. – 2024.), uručio je zahvalnicu Renati Dejanović, dipl. ing., djelatnici tvrtke Bayer Crop Science, za uspješnu suradnju s Agronomskim fakultetom.

management) Hrvatska, Slovenija, Mađarska (2017. – 2022.), Market Development Professional Hrvatska i Slovenija (2023. – 2024.) te trenutačno na poziciji Agronomy Manager – Value Proposition Squad Alpe-Adria.

Već niz godina tvrtka Bayer, posebice njezina predstavnica Renata Dejanović, uspješno surađuje sa Sveučilištem u Zagrebu Agronomskim fakultetom, Odsjekom za fitomedicinu, napose sa Zavodom za herbologiju, na stručnom razvoju tehnoloških rješenja suzbijanja korova u poljoprivrednim usjevima. Sukladno direktivama EU-a o održivoj uporabi pesticida te gorućem problemu s rezistentnim štetnim organizmima, u ime tvrtke Renata Dejanović iznimno je angažirana u provedbi višegodišnjih poljskih pokusa s ciljem razvoja održivih sustava suzbijanja korova. Posebno treba istaknuti angažman u traženju rješenja za suzbijanje rezistentnih populacija divljeg sirka na herbicide inhibitore acetolaktat sintaze koje je upravo prvi put u Hrvatskoj u svojim poljskim pokusima uočila tvrtka Bayer. Taj nalaz je potom potvrđen molekularnim metodama u Bayerovu centru za rezistentnost u Njemačkoj, a potom i biotestovima na Zavodu za herbologiju. Te je spoznaje Renata Dejanović odmah predočila na 62. Seminaru biljne zaštite u Opatiji usmenim izlaganjem „Rezistentnost korova na herbicide iz skupine inhibitora acetolaktat sintaze (ALS) i integrirani pristup u suzbijanju“, a potom i člankom u Glasilu biljne zaštite: Dejanović, R., Sambolek, H. i Topolovec, D. (2018.): Rezistentnost korova *Sorghum halepense* na herbicide iz skupine inhibitora acetolaktat sintaze (ALS) i integrirani pristup u suzbijanju, *Glasilo biljne zaštite*, 18 (6), 542-549. S namjerom dugoročnog suzbijanja rezistentnih populacija ove korovne vrste Renata Dejanović je u ime tvrtke Bayer postavila petogodišnji poljski pokus, tzv. pokaznu platformu za integrirano suzbijanje korova gdje su, osim herbicida, uključene i druge kulturalne i agrotehničke mjere u suzbijanju rezistentnih populacija. Platforma je značajna jer se njome prije svega educiraju poljoprivredni proizvođači o racionalnoj primjeni herbicida i sprječavanju nastanka rezistentnih populacija. Taj model prijenosa znanja na poljoprivredne proizvođače prepoznat je i nagrađen globalno unutar tvrtke Bayer 2020. godine nagradom „Field Solutions Fueling Success Awards 2020“.

Osim stručne i znanstvene suradnje s Agronomskim fakultetom, koja je rezultirala brojnim projektima, Renata Dejanović intenzivno je uključena i u rad sa studentima prijediplomskog i diplomskog studija Fitomedicina. Mentorirala je stručnu praksu studentima diplomskog studija Fitomedicina, organizirala je terensku nastavu, odnosno posjet studenata Agronomskog fakulteta stacionarnim pokusima (platforma za integrirano suzbijanje korova) na lokacijama Novaki Oborovski (2022.) i Vaška (2024.) te u ime tvrtke Bayer organizacijski i financijski podržala boravak studentima na međunarodnom kongresu EWRS International Symposium „New Approaches for Smarter Weed Management“ u Ljubljani 2018. godine.



Uz sve to, Renata Dejanović pokazala je sluh i za znanstvena istraživanja koja se provode na Agronomskom fakultetu. Odgovorna je osoba za financiranje istraživanja „Fenolne kiseline u suzbijanju korova“, koje se u 2022. godini provodilo na Zavodu za herbologiju, a upravo su rezultati toga djela bili osnova za projekt Hrvatske zaklade za znanost „Ekološki prihvatljivo suzbijanje ambrozije kombinacijom fenolnih kiselina i reduciranih doza herbicida“ (2023. – 2027.) voditeljice prof. dr. sc. Maje Šćepanović.



**Slika 2.** Zahvalnica Renati Dejanović, dipl. ing., djelatnici tvrtke Bayer Crop Science, za uspješnu suradnju s Agronomskim fakultetom.

Za sve je zasluge Renati Dejanović, dipl. ing., povodom obilježavanja 105. godine osnutka Agronomskog fakulteta, 23. rujna 2024., uručena Zahvalnica Agronomskog fakulteta. Na tome joj u ime Zavoda za herbologiju srdačno čestitamo i vjerujemo da će poticajno djelovati na njezin daljnji rad.

Predstojnica Zavoda za herbologiju,  
prof. dr. sc. Maja Šćepanović

## IN MEMORIAM

### dr. sc. BOGDAN KORIĆ (1945. – 2024.)

Kolega Bogdan bio je vrlo skroman i samozatajan stručnjak u Zavodu za zaštitu bilja. Pri svakom susretu s kolegicama i kolegama pojavio bi mu se osmijeh na licu. Svi smo ga voljeli zbog blage naravi. Gotovo nikada nije se ljutio.

U Zavod za zaštitu bilja došao je 2. studenoga 1992. godine iz Instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Botincu, gdje je radio od 1972. godine. U postupku oplemenjivanja žitarica radio je na otpornosti na bolesti te je suautor dviju sorata pšenice. Istražujući učinkovitost fungicida za zaštitu pšenice od napada pepelnice koristio je integralnu zaštitu jer je znao da se samo time dolazi do najboljih rezultata zaštite. Ukazao je i na važnost istraživanja bolesti na pšenici jer one mogu znatno utjecati na smanjenje uroda. Proučavao je probleme koje za ljudsko zdravlje mogu uzrokovati mikotoksini na kukuruzu i drugim kulturama. Do umirovljenja, 30. svibnja 2010. godine, obavljao je također zdravstveni i stručni nadzor sjemenskih usjeva žitarica i krmnog bilja. Vrlo je aktivno sudjelovao u prikupljanju podataka za izvještajno-prognozne poslove.

Magistarski rad „Utjecaj *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* na prinos pšenice u uvjetima umjetne infekcije“ obranio je 1978. godine na Fakultetu poljoprivrednih znanosti, gdje je i doktorirao obranom disertacije „Ispitivanje otpornosti nekih genotipova pšenice *Triticum estivum* ssp. *vulgare* prema *Septoria nodorum* Berk“ 1985. godine.

Objavio je više od 150 stručnih i znanstvenih radova i sudjelovao je na mnogim skupovima u Hrvatskoj te na nekima u inozemstvu. Predavao je na tečaju za osposobljavanje zaposlenika u poljoprivrednim ljekarnama. Neki važniji radovi:

- Korić, B. (2009.). Bolest raži od koje stradavaju i ljudi. *Priroda* (7-8), 46-47
- Korić, B. (1993.). Biljnom higijenom zaštićujemo biljnu proizvodnju i ljudski okoliš. *Priroda* (796), 34-37
- Korić, B., Čizmić, I. (1992.). Mikotoksikoze toplokrvnih organizama. *Sjemenarstvo* 9 (2-3), 115-120
- Korić, B. (1992.). Znanstvena djelatnost u istraživanju najznačajnijih bolesti pšenice u Republici Hrvatskoj. *Sjemenarstvo* 9 (4-5), 269-277
- Korić, B. (1990.). Kako smanjiti utjecaj bolesti pšenice na urod. *Priroda* (9-10), 42-44

Bogdan je bio ponosan otac dviju kćeri te djed mnogobrojne unučadi. Smrt ga je zatekla u crkvi u koju je redovito dolazio ispovijedajući svoju vjeru u Boga i Isusa Krista.

Bog mu daj duši lahko!

Neka mu je laka hrvatska zemlja!

dr. sc. Darka Hamel



# Poljocentar

Izaberi uspjeh



*Blagdane ispunjene srećom i  
uspjehom želi Vam  
Poljocentar d.o.o.*

[www.poljocentar.hr](http://www.poljocentar.hr)

## *Sretan Božić*

I USPJEŠNU NOVU  
GODINU ŽELI VAM

HRVATSKO DRUŠTVO  
BILJNE ZAŠTITE



# AMATERSKA SREDSTVA ZA ZAŠTITU BILJA, DERATIZACIJU I DEZINSEKCIJU

## INSEKTICIDI

- DIREKT GREEN
- MOSPILAN 20 SP
- NISSORUN 10 WP

## FUNGICIDI

- AVALON
- KALINOSUL 80 WG
- BRIMFLO

## MINERALNA ULJA

- MODRO ULJE
- SREBRNO ULJE

## SREDSTVA ZA DEZINSEKCIJU

- NEOPITROID ALFA
- NEOPITROID PREMIUM PLUS
- NEOPITROID ALFA TOP 1,8
- NEOPITROID prah PRO
- NEOPITROID B - spreman za uporabu
- NEOPITROID OMEGA - spreman za uporabu

## SREDSTVA ZA DERATIZACIJU

- BRODILON DIF HOME BLOK
- BRODILON DIF HOME MEKI MAMAC 150g
- BRODILON DERATIZACIJSKO LJEPILO

**PROFESIONALNA SREDSTVA U  
AMATERSKIM PAKIRANJIMA!**

**NOVAG**  
AGROCHEMICALS

# AZATIN

Insekticid sistemično-  
kontaktnog djelovanja na  
sisajuće i grizajuće insekte

**AZADIRACHTIN 2,6 %**

Registriran na velik broj kultura i  
štetnika u poljoprivredi

Za prskanje i navodnjavanje!!

[www.ander matt.hr](http://www.ander matt.hr)



**Adermatt**  
Bioinput



*Sretan i blagoslovljen Božić,  
te obilje zdravlja, uspjeha i  
sreće u 2025.*



**Chromos Agro**



**Utrisha<sup>®</sup> N**

**BIOSTIMULATOR  
OPTIMIZATOR DUŠIKA**

## UHVATITE NEDOSTIŽNO

### Iskoristite dušik iz zraka za snažnije usjeve

Nevjerojatna stvar u vezi s biostimulatorom optimizatorom dušika Utrisha<sup>®</sup> N je način na koji osigurava dušik kad god je biljkama potreban. To prirodno poboljšava vitalnost vašeg usjeva tijekom vegetacijske sezone, danas i ubuduće.

### Prigrлите uravnoteženu budućnost



Radnička cesta 173n, 10002 Zagreb  
 chromos-agro@chromos-agro.hr  
 www.chromos-agro.hr

## FUNGICIDI

ARGO®  
 ARMETIL 25  
 BELLIS®  
 BELTANOL®  
 CABRIO® TOP  
 CANTUS®  
 CHROMOSUL® 80  
 COLLIS®  
 CUPRABLAU Z 35 WG  
 CYFLAMID® 5 EW  
 DARAMUN  
 DELAN® PRO  
 DELAN® 700 WDG  
 FORUM STAR®  
 GOLBEX WG  
 KASTOR  
 LAITANE  
 OMIX®  
 ORTOFIN  
 ORVEGO®  
 PHYTO SARCAN  
 POLYRAM® DF  
 REBOOT®  
 REYONA®  
 SIGNUM®  
 SMARAGD  
 SUGOBY  
 SYLLIT 544 SC  
 TEBKIN® 250 EW  
 VIVANDO®  
 ZIRAM® 76 WG

## HERBICIDI

ASTRAL 40 OD  
 BASAGRAN® 480  
 BEFLEX  
 BISMARK  
 CARMINA FORTE  
 DEHERBAN® A  
 DIPOL  
 FOXTROT  
 FUGA DELTA  
 HERKULES®  
 KOLO® 480 S  
 NICOSH  
 SARACEN® MAX  
 SIRTAKI  
 SMERCH  
 STARSHIP  
 STARANE™ FORTE  
 STOMP® AQUA  
 TRIBE 75 WG

## BIOCIDI

CHROMOREL® P

## LIMACIDI

PUŽOMOR

## AKARICIDI

DEMITAN®  
 KANEMITE®SC

## INSEKTICIDI

ALVERDE®  
 BELTHIRUL  
 BRAI  
 KARIS® 10 CS  
 LAINCOIL®  
 MIMIC®  
 ROTOR® SUPER

## GNOJIVA

BOMBARDIER  
 G-FLOW PRO  
 FOLIARTAL N-30  
 XTENDER ROW ULTRA

## OSTALA SREDSTVA

BAGNANTE CIFO  
 NEXT  
 FEROMONSKE ZAMKE

## PRAVI KLJUČ DO VAŠEG USPJEHA

Chromos Agro d.o.o. sa svojim stručnim timom i dugogodišnjim iskustvom, pruža poljoprivrednim proizvođačima nesebičnu pomoć u proizvodnji bogatog i zdravog uroda uz naglašenu brigu za okoliš.

