

■ BROJ 5 GODINA XIX. RUJAN - LISTOPAD 2019 ISSN 1332-9545 ■

glasilo biljne zaštite



GLASILO BILJNE ZAŠTITE

Glasilo Hrvatskog društva biljne zaštite

Glavna urednica
prof. dr. sc. Renata Bažok

Tehnička urednica
doc. dr. sc. Darija Lemić

Uređivački odbor:

dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emer., prof. dr. sc. Jasmina Igrc Barčić, prof. dr. sc. Klara Barić,
prof. dr. sc. Jasenka Čosić, Aleksandra Radić, dipl. ing., Nikola Ettinger, dipl. ing.
dr. sc. Zdravka Sever, dr. sc. Mladen Šimala

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

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

Realizacija i marketing:
Infomart Zagreb d.o.o., tel. 044/522 110
Časopis se citira u **CAB Abstracts bazama**
i **NAL Catalog (AGRICOLA)**

Godišnja preplata
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).....350,00 Kn

ČLANSTVO U HRVATSKOM DRUŠTVU BILJNE ZAŠTITE
ZA STUDENTE I UMIROVLJENIKE
(uključuje članarinu i časopis GBZ).....150,00 Kn

Slika na naslovnici:

Pokus s entomopatogenim nematodama u suzbijanju krumpirove zlatice
Snimila: Darija Lemić

SADRŽAJ

Klara Barić, Renata Bažok, Ana Pintar: Potrošnja pesticida u poljoprivredi u Hrvatskoj u razdoblju 2012 - 2017.	537
Renata Bažok, Zrinka Drmić, Helena Virić Gašparić, Martina Mrganić, Darija Lemić, Maja Čačija: Suzbijanje štetnika na velikim površinama549	
Ivan Juran, Tanja Gotlin Čuljak: Nekemijske mjere suzbijanja štetnika559	
Sandra Skendžić, Darija Lemić, Maja Čačija, Martina Kadoić Balaško, Zrinka Drmić, Renata Bažok, Marija Dvečko: Obojeni mamci u suzbijanju štetnih organizama – primjeri dobre prakse565	
Martina Kadoić Balaško, Maja Čačija, Zrinka Drmić, Majda Kolenc, Darija Lemić Helena Virić Gašparić, Sandra Skendžić, Renata Bažok: Entomopatogene nematode u suzbijanju štetnika u ratarstvu.....572	
Maja Čačija, Martina Kadoić Balaško, Darija Lemić, Helena Virić Gašparić, Sandra Skendžić, Renata Bažok: Primjena RNAi tehnologije u zaštiti bilja583	
Ema Brijačak, Valentina Šoštarčić, Zvonimir Ostojić, Maja Šćepanović: Biologija i ekologija sivog muhara - <i>Setaria glauca</i> (L.) P. Beauv.588	
Darija Lemić: Kukci u prehrani ljudi598	
 SKUPOVI	604
Međunarodni skup o patologiji beskralježnjaka i mikrobiološkom suzbijanju	604
12. IOBC konferencija „Integrirana zaštita uskladištenih proizvoda“	605
10. CASEE konferencija “The role of life science universities in redirecting land use from threat to guardian of ecosystem”	606
 NOVI DOKTORI ZNANOSTI	607
Ivan Lukić	607
 ISPRAVAK POGREŠKE IZ PROŠLOG BROJA ČASOPISA	609
 UPUTE AUTORIMA ČLANAKA	610

GLASILO BILJNE ZAŠTITE

GODINA XIX

RUJAN - LISTOPAD

BROJ 5

Klara BARIĆ¹, Renata BAŽOK², Ana PINTAR¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za herbologiju

²Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju

kbaric@agr.hr

POTROŠNJA PESTICIDA U HRVATSKOJ POLJOPRIVREDIU U RAZDOBLJU OD 2012. DO 2017. GODINE

SAŽETAK

Dvjema studijama (*Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj i Određivanje prioritetnih područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora*) obavljena je analiza potrošnje pesticida u poljoprivredi u Hrvatskoj da bi se utvrdio pritisak iz poljoprivrede na površinske i podzemne vode, odnosno da bi se na osnovi utrošenih količina aktivnih tvari, ovisno o načinu korištenja poljoprivrednog zemljišta, utvrstile potencijalno opasne aktivne tvari pesticida za vode i okoliš općenito. Podatci o vrsti, utrošenoj količini i mjestu trošenja (kulturi) značajna su smjernica za uspostavu i provedbu redovitog monitoringa voda u Hrvatskoj, a struci olakšavaju izradu strategije s ciljem smanjenja ostataka pesticida u plodinama i okolišu općenito. Podatci o potrošnji temelje se na podacima Fitosanitarnog informacijskog sustava (FIS).

Ključne riječi: fungicidi, herbicidi, monitoring potrošnje pesticida, površinske vode, podzemne vode, zoocidi

UVOD

Uzročnici bolesti, korovi i štetnici poljoprivredi nanose velike štete. Prema Öerkeu (2005.) bi bez provođenja mjera zaštite gubitak prinosa na svjetskoj razini iznosi čak 50 % potencijalnog prinosa. U početcima organizirane poljoprivredne proizvodnje štetni organizmi suzbijani su anorganskim solima sumpora, bakra, željeza i dr. (sumpor i bakar još se uvijek intenzivno koriste za zaštitu od uzročnika bolesti). Na početku 40-ih godina prošlog stoljeća otkrivene su sintetičke organske supstancije (klorirani ugljikovodici, karbamati, hormonski herbicidi) kao potencijalni spojevi koji se mogu koristiti u zaštiti bilja od štetnih organizama. Potrošnja sintetičkih pesticida intenzivno je rasla sve do

početka 80-ih godina prošlog stoljeća. Međutim, spoznaja o potencijalnim negativnim učincima primjene pesticida na zdravlje ljudi i životinja te na okoliš i bioraznolikost glavni je pokretač koncepta *održive poljoprivrede*, odnosno *održive zaštite bilja*.

Glavni putovi dospijeća pesticida u vode su tzv. *difuzni* i *točkasti* izvori. Premda se najveći dio količine pesticida primjenjuje difuzno, prema Carteru (2000.) onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Europi uglavnom potječe iz točkastih izvora (50 %) i putem drenaže (25 %). Kontaminacija iz točkastih izvora uglavnom je povezana s mjestima punjenja i pranja strojeva za aplikaciju, ispravnošću strojeva te rukovanjem ambalažom i ostacima pesticida.

Iako su pesticidi uz ostale napretke u poljoprivredi (hibridizaciju, mehanizaciju, mineralna gnojiva i dr.) donijeli čovječanstvu neprocjenjivu korist, pred agronomskom je strukom velik izazov proizvesti hranu za rastuću populaciju (FAO, 2011.) sa što manjim lošim utjecajem na zdravlje ljudi, tlo, vode i bioraznolikost. Da je čuvanje zdravlja ljudi, životinja i okoliša obveza svih korisnika agrokemikalija, vidljivo je iz opisa Podmjere 10.1. PRR (*Plaćanje obveza povezanih s poljoprivredom, okolišem i klimatskim promjenama*) gdje se doslovno ističe: „Okoliš je javno dobro, a poljoprivrednici osim što su nezamjenjivi u proizvodnji hrane, upravljaju najvažnijim prirodnim resursima – vodom, tlom i zrakom“ (APPRR, n.d.).

Europska je unija u skladu s navedenim ciljevima uspostavila akcijski okvir za održivu uporabu pesticida, koji čini nekoliko ključnih dokumenata:

- Uredba 1107/2009 o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja
- Direktiva 128/2009 o održivoj uporabi pesticida
- Direktiva 127/2009 u pogledu strojeva za primjenu pesticida
- **Uredba 396/2005** o maksimalnim razinama ostataka pesticida u ili na hrani za ljude i u hrani za životinje biljnog i životinjskog podrijetla
- Uredba 1185/2009 EC o statističkim podatcima o pesticidima.

Osim spomenutoga, radi smanjenja rizika postoji i dokument *Nacionalni akcijski plan za postizanje održive uporabe pesticida* (NAP) gdje je jedno poglavje posvećeno zaštiti okoliša i obveznom monitoringu pesticida.

U procjeni opasnosti i rizika od primjene pesticida u poljoprivredi važan je doprinos analiza potrošnje pojedinih aktivnih tvari pesticida. Podatke o potrošnji pesticida u hrvatskoj poljoprivredi objavljivali su Maceljski (1997.) i Igrc Barčić (2002.). U tim su se izvorima podatci o potrošnji zasnivali na stručnoj procjeni autora jer u to vrijeme nije bilo sustavne evidencije o potrošnji. Zahvaljujući Uredbi 1185/2009 EC o obveznom vođenju statističkih podataka o pesticidima, danas je moguće napraviti podrobniju analizu.

Analiza potrošnje pesticida u poljoprivredi vrlo je kompleksna. Treba istaknuti da se iste aktivne tvari pesticida, osim u poljoprivredi, koriste i u veterini, komunalnoj higijeni, na nepoljoprivrednim površinama, u industriji, i drugdje.

Ktomu, pesticidi obuhvaćaju velik broj različitih supstancija (aktivnih tvari) koje se osim po fizikalno-kemijskim svojstvima razlikuju po namjeni, vremenu i mjestu potrošnje (Bažok i sur., 2019.) Podaci o distribuciji potrošnje pesticida u poljoprivredi i izvan poljoprivrede temelje se na stručnoj procjeni autora.

MATERIJAL I METODE RADA

Uredba 1185/2009 obvezuje sve članice EU-a na vođenje statističkih podataka o pesticidima, odnosno, nadležno Ministarstvo Fitosanitarnim informacijskim sustavom (FIS) uređuje sustav dostave podataka distributera o prodaji pesticida krajnjem korisniku. U Hrvatskoj je obveza o vođenju statističkih podataka o pesticidima na snazi od 2013., odnosno od članstva u EU-u. Na temelju podataka iz FIS-a obavljena je analiza potrošnje pesticida u poljoprivredi za razdoblje od 2013. do 2017. Analiza potrošnje u 2012. utemeljena je na podatcima Hrvatskih voda, odnosno prema *Pravilniku o obračunavanju i plaćanju naknade za zaštitu voda* (NN 83/2010) kojim su svi vlasnici i distributeri dužni dostavljati podatke o proizvodnji i/ili uvozu sredstva za zaštitu bilja proizvedenih i/ili stavljenih na tržište Republike Hrvatske.

U radu su autori članka koristili podatke dobivene u studiji *Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj* (Romić i sur., 2014.) za 2012. i studije *Određivanje prioritetnih područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora* (Ondrašek i sur., 2019., neobjavljeno) za razdoblje od 2013. do 2017.

Na osnovi podataka iz FIS-a za razdoblje od 2013. do 2017. analiza potrošnje pesticida u poljoprivredi obavljena je na sljedeći način:

- aktivne tvari pesticida (s pripadajućim količinama) razvrstane su u skupine prema namjeni (herbicidi, fungicidi i zoocidi)
- unutar pojedine skupine pesticida, aktivne tvari (a.t.) stručnom su procjenom autora dodijeljene pojedinoj poljoprivrednoj kulturi (proporcionalno udjelu u načinu korištenja poljoprivrednog zemljišta) i ostalim namjenama pesticida
- na osnovi prosječne propisane doze za svaku a. t. unutar skupine i na temelju registrirane namjene izračunana je ukupno tretirana površina po pojedinoj kulturi
- na temelju udjela pojedine županije u načinu korištenja zemljišta, izračunana je ukupna potrošnja svih pesticida po županiji za 2017. godinu.

ANALIZA POTROŠNJE PESTICIDA U POLJOPRIVREDI

Tablično i grafički ukratko su prikazani glavni podatci o potrošnji pesticida u poljoprivredi u Hrvatskoj. Podrobniјi podatci o potrošnji pesticida (i drugi za poljoprivrednu važni podatci) bit će uskoro javno dostupni u studiji *Određivanje prioritetnih područja motrenja podzemnih voda unutar intenzivnog poljoprivrednog prostora*.

Budući da prema Uredbi 1185/2009 sa statističkim podatcima o potrošnji pesticida treba pažljivo postupati, u analizi potrošnje pesticida nisu prikazani podaci o potrošnji pojedine aktivne tvari. Naime, iznošenje podataka o potrošnji pojedine a. t., ako je samo jedan vlasnik, može dovesti u pitanje odredbe spomenute Uredbe. Aktivne tvari razvrstane su u pripadajuće kemijske skupine, te se podaci o potrošnji i udjelu odnose ukupno za kemijsku skupinu.

U radu je analizom obuhvaćeno sveukupno 976 368 ha konvencionalne poljoprivredne proizvodnje značajnijih kultura (kukuruz, strne žitarice, duhan, šećerna repa, soja, suncokret, uljarice, vinova loza, voćnjaci, masline, krumpir, kupus, povrće).

U tablici 1 prikazan je pregled ukupne potrošnje pesticida u razdoblju od 2012. do 2017. Kao referentna godina uzeta je 2012. s podatcima iz studije *Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj* (Romić i sur., 2014.).

Tablica 1. Ukupna potrošnja pesticida (u kg aktivne tvari) u poljoprivredi u razdoblju od 2012. - 2017.

Skupina pesticida	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Herbicidi	1 031 533	827 835	889 276	824 497	739 482	668 199
Fungicidi	1 106 456	945 087	1 008 793	1 327 762	931 963	724 856
Zoocidi	67 197*	138 406	149 399	146 624	139 135	122 400
Ukupno	2 205 186	1 911 328	2 047 468	2 298 883	1 810 580	1 515 692
Indeks	100	86,7	92,8	104,2	82,1	68,6

*u analizu 2012. nisu uključena mineralna ulja

U usporedbi s 2012., kao referentnom godinom, iz prikazanih je podataka vidljivo da, s gledišta utrošenih količina, potrošnja pesticida u RH-u ima trend smanjenja (osim u 2015.). Smanjenje je posebno vidljivo u 2017. (68,6 % potrošnje iz 2012.). Da se ne bi stekao pogrešan dojam o stvarnom smanjenju potrošnje pesticida, u tablici 2 prikazani su podaci o ukupno tretiranoj površini.

Tablica 2. Ukupno tretirano hektara po skupinama utrošenih pesticida u razdoblju od 2012. - 2017.

Skupina pesticida	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Herbicidi	1 573 147	1 518 191	1 655 115	1 877 406	1 638 201	1 438 385
Indeks	100	96,5	105,2	119,3	104,1	91,4
Fungicidi	1 395 259	1 105 756	1 529 584	1 376 942	1 443 109	1 080 453
Indeks	100	79,3	109,6	98,7	103,4	77,4
Zoocidi	612 704	482 904	548 284	517 192	629 607	572 681
Indeks	100	78,8	89,5	84,4	102,8	93,5

Iako potrošnja pesticida u poljoprivredi ovisi o potrebi za primjenom u pojedinoj kulturi, što je povezano s vremenskim prilikama koje su u vezi s intenzitetom napada štetnih organizama, ipak se iz podataka može vidjeti da je ukupno tretirana površina (izračunana je na osnovi podataka o potrošnji pojedine aktivne tvari i propisane doze po hektaru) u analiziranom razdoblju ujednačena. Ukupno tretirane površine znatno nadmašuju ukupne obradive površine, što je u vezi s indeksom tretiranosti (ovisno u kulturi i potrebi, površine se tretiraju u više navrata). Stoga podatak o smanjenju potrošnje pesticida u poljoprivredi (tablica 1) zapravo upućuje na činjenicu da se posljednjih godina sve više koriste a. t. pesticida koje se primjenjuju u znatno nižim dozama po jedinici površine.

Analiza potrošnje herbicida u 2017. godini

Od 28 kemijskih skupina koje su registrirane u Hrvatskoj u tablici 3 prikazano je samo pet kemijskih skupina koje dominiraju po potrošnji. S gledišta količine (523 918 kg) predstavljaju 78 % ukupne potrošnje te s gledišta ukupno tretirane površine (902 189 ha) čine 63 %. To je važno stoga što istaknute skupine s gledišta potencijalnog rizika zahtijevaju posebnu pažnju.

Tablica 3. Utrošene količine i tretirane površine herbicidima pet dominantnih skupina u 2017.

Kemijska skupina (broj a. t.)	Ukupno kg	Udio u kg	Ukupno ha	Udio u ha
Sulfonilureja (15)	10 218	1,53	403 803	28,23
Triazini i triazinoni (3)	70 159	10,5	82 374	5,76
Aminofosfonati (2)	217 371	32,53	90 828	6,35
Kloracetamidi (5)	182 128	27,26	151 823	10,62
Sintetički auksini (9)	44 042	6,59	173 361	12,12
Ukupno	523 918	78,4 %	902 189	63,1 %

Tablica 4. Utrošena količina i tretirane površine pet dominantnih skupina fungicida u 2017.

Kemijske skupine	Ukupno kg	Udio	Ukupno ha	Udio
Anorganski fungicidi	442787	61,09	168573	15,58
Metil benzimidazol karbamati	14128	1,95	94187	8,71
Triazoli	37528	5,18	453036	41,88
Ditiokarbamati	117085	16,15	65736	6,08
Ftalmidi	39192	5,41	27567	2,55
Ukupna potrošnja fungicida	724 856	100,00	1 081 835	100,00
Udio dominantnih skupina	636 592	87,82	781 532	72,24

U usporedbi s 2012. potrošnja fungicida u 2017. iznosila je 65,5 % potrošnje iz 2012. godine. Glavni razlog smanjenja potrošnje leži u manjoj potrošnji (za oko 160 tisuća kg) **anorganskih fungicida** (bakra i sumpora). Potrošnja fungicida iz skupine **ditiokarbamata** iznosila je podjednako u 2012. (14,5 %) i u 2017. (16,15 %), koja zajedno s anorganskim fungicidima čini 72,2 % ukupne potrošnje fungicida. Skupina **triazola** predstavlja također značajnu skupinu pesticida, osobito s gledišta udjela (41,88 %) na ukupno tretiranoj površini.

Analiza potrošnje zoocida u 2017. godini

Zoocidi imaju mali udio (8,1%) u ukupnoj potrošnji pesticida. Najmanje učešće ove skupine pesticida ističe i Maceljski (1997.). Međutim, prema navodima Ostojića i sur. (2004.) udio insekticida na svjetskoj razini iznosi 27 % (herbicida 47 % i fungicida 18 %). Odstupanja u podatcima o potrošnji u vezi su s načinom korištenja poljoprivrednog zemljišta, ali i s činjenicom da je primjena insekticida često kurativna te da slijedi jaču pojavu štetnika u godinama kada prevladavaju povoljni klimatski uvjeti. U 2017. ukupno je utrošeno 122 400 kg a. t. zoocida (tablica 1). Od 54 registrirane aktivne tvari u Hrvatskoj, u 2017. korištene su 52 (96,3 %).

Skupina zoocida zbog specifičnosti je analizirana drukčije od prethodne dvije skupine pesticida. Ista aktivna tvar zoocida često je dopuštena za velik broj različitih štetnika na više kultura. Zato su ukupno utrošene količine pojedinih aktivnih tvari raspodijeljene po kulturama na temelju ekspertne procjene (prof. dr. sc. R. Bažok) broja tretiranja (indeks tretiranosti) pojedine kulture zoocidima (žitarice 0,2 puta; kukuruz 0,2; duhan 2,5; šećerna repa 2,5; soja 0; suncokret 0,5; uljarice 1; krumpir 2,5; kupus 3; povrće 3; vinogradi 2; voćnjaci 5 i maslinici 1,5 puta).

U tablici 7 prikazana je potrošnja zoocida u odnosu na kemijsku pripadnost. U skladu s proporcionalnim učešćem pojedine kulture u odnosu na ukupno obrađeno zemljište (2 596 434 ha), dopuštenosti (registracije) primjene u kulturi i indeksa tretiranosti, dodijeljena im je pripadajuća količina zoocida. Dio zoocida (insekticidi za tretiranje robe u skladištima, sredstva za komunalnu higijenu) ima registriranu namjenu koja nije obuhvaćena ovom analizom. Pod ostale namjene navodi se i oko 5 % zoocida koji se primjenjuju u ukrasnom bilju, hidroponskom uzgoju, uzgoju u zaštićenim prostorima, komunalnoj higijeni, u okućnicama i sl.).

Tablica 5. Pripadnost korištenih zoocida u Hrvatskoj u 2017. po kemijskim skupinama

Kemijska skupina	Ukupno kg a.t.	Udio %	Prosječno kg a. t. /ha	Tretirano ha	Udio (u 572 940 ha)
Karbamati	225	0,18	0,17	1291	0,225
Organofosforni insekticidi	33933	27,72	0,46	73770	12,876
Piretroidi	5366	4,38	0,02	268376	46,842
Biološki insekticidi*	4	0,00	0,04	111	0,019
Ostali insekticidi	11460	9,36	0,05	217269	37,922
Limacidi	1596	1,30	1,19	1340	0,234
Mineralna ulja	62387	50,97	24,00	2599	0,454
Sterilizanti tla	5448	4,45	605,33	9	0,002
Ukupno bez nadređene grupe	424	0,35	0,05	8174	
Sva ostala sredstva/aneanalizirana	1557	1,27	np		
UKUPNO	122400	100			

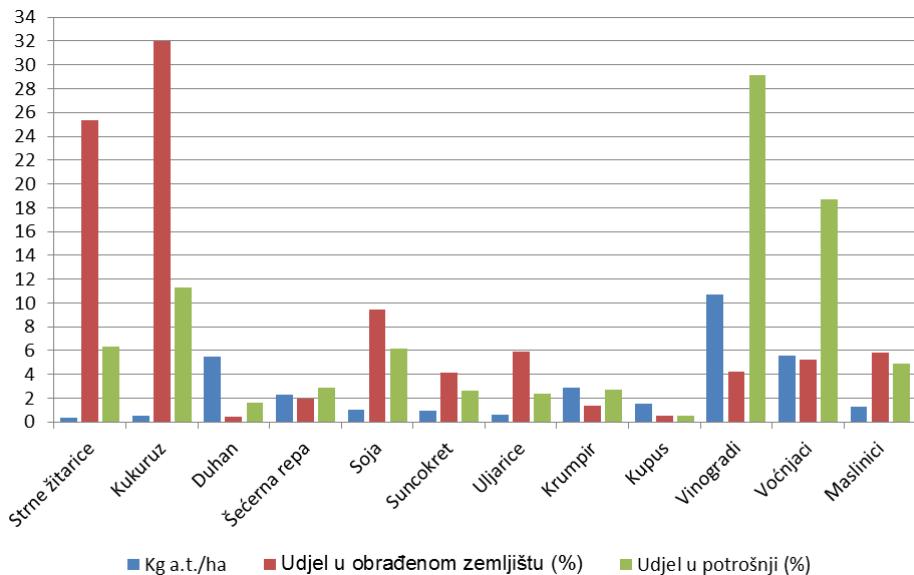
Na temelju podataka navedenih u tablici 1 proizlazi da zoocidi u ukupnoj potrošnji pesticida sudjeluju s vrlo malim udjelom (8 %). Međutim, s gledišta ukupno tretiranih površina (527 939 ha) i zbog relativno niskih doza primjene, udio i značaj ove skupine znatno je veći.

S obzirom na utrošene količine dominira skupina **mineralnih ulja** (50,97 %), **organofosfornih** zoocida (27,72 %), **neonikotinoida** (8,06 %) i skupina **piretroida** (4,38 %). Ove četiri skupine predstavljaju 91,13 % ukupno trošenih zoocida u 2017.

S gledišta ukupno tretiranih površina, situacija je značajno drugačija. Skupina **mineralnih ulja** koja dominira u količini (a koja nije bila analizirana u 2012. godini) zbog izrazito visokih doza primjene (24 l/ha) zapravo je primijenjena na samo 2600 ha, što čini svega **0,454 %** svih tretiranih površina. **Organofosforni insekticidi** primjenjeni su na **12,88 %** površina te je njihov udio u količinama značajno veći od udjela u tretiranoj površini. Razlog je također prosječna veća doza primjene (0,46 kg/ha). Zbog relativno niskih doza (0,02 kg a.t./ha), skupina **piretroida** ima najveći udio (**46,84 %**) u tretiranoj površini. **Neonikotinoidi** predstavljeni s četiri djelatne tvari (acetamiprid, tiakloprid, imidakloprid i tiametoksam) imaju vrlo visoko učešće (**31,01 %**) s obzirom na ukupno tretirane površine. Od 572 940 ha ukupno tretiranih površina, pripravcima iz ove četiri skupine tretirano ih je **91,17 %**.

Potrošnja zoocida, slično kao i fungicida, najveća je (63 %) u vinogradima i voćnjacima. Po potrošnji u vinogradima i voćnjacima ističe se skupina

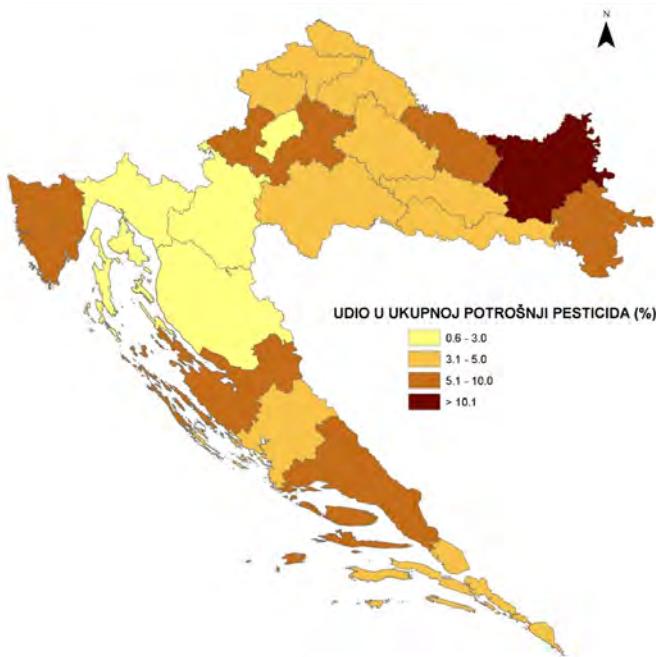
mineralnih ulja koja se primjenjuju upravo u tim nasadima, a čini 51 % svih količina zoocida. Ostali su zoocidi često korišteni u voćnjacima i vinogradima: **piretroidi, organofosforni insekticidi i neonikotinoidi** (tablica 7). Neonikotinoidi su u tablici prikazani u kategoriji Ostali insekticidi. Oko 2 % ukupne potrošnje zoocida odnosi se na ostale namjene (ukrasno bilje, male namjene, hidroponski uzgoj, zaštita robe u skladištima, uzgoj u zaštićenim prostorima, komunalna higijena, okućnice i sl.). Slikom 1 prikazana je prosječna potrošnja pesticida u poljoprivredi (kg a. t./ha), udio kulture u obrađenu zemljištu i udio u ukupnoj potrošnji pesticida.



Slika 1. Prosječna potrošnja pesticida u najvažnijim kulturama u RH-u, udio kulture u obrađenu zemljištu i udio kulture u ukupnoj potrošnji pesticida.

Ukupna potrošnja pesticida u 2017. godini iznosila je 1 511 612 kg a.t. Ako izdvojimo količinu pesticida za ostale namjene (117 774 kg), prosječna doza po ha iznosi **1,43** kg. Iz podataka je moguće vidjeti utjecaj intenziteta primjene pesticida u pojedinoj kulturi. Potrošnja po jedinici površine na većem broju kultura (strne žitarice, kukuruz, soja, suncokret i ostale uljarice) manja je od prosječne potrošnje (1,43 kg/ha), a voćnjaci, vinogradi, krumpir i duhan imaju znatno višu potrošnju po hektaru, pa imaju i visok udio u ukupnoj potrošnji pesticida.

Potrošnja pesticida u uskoj je vezi s načinom korištenja poljoprivrednog zemljišta na određenu prostoru. Udjeli pojedinih županija u ukupnoj potrošnji pesticida slikovito su prikazani na karti 1.



Karta 1. Prikaz županija po udjelu u ukupnoj potrošnji pesticida

S obzirom na ukupno obradive površine, poznato je da se ističu slavonske županije. Osječko-baranjska, Vukovarsko-srijemska i Virovitičko-podravska županija čine 41,2 % ukupno analiziranih površina, a u ukupnoj potrošnji pesticida sudjeluju s 28,03 %. Treba istaknuti da je prosječna potrošnja po jedinici površine u istim županijama ispod prosječne potrošnje (1,43 kg/ha) u Hrvatskoj. Suprotno tomu, Dubrovačko-neretvanska, Šibensko-kninska i Zadarska županija imaju samo 5,12 % udjela u analiziranoj površini, dok im se potrošnja pesticida po hektaru, zbog načina korištenja poljoprivrednog zemljišta, kreće od 4,36 do 6,37 kg/ha, što je 3,0 - 4,5 puta više od prosječne potrošnje po jedinici površine.

S gledišta monitoringa voda, isticanje aktivnih tvari koje se najviše troše važno je jer su one, zbog izrazite potrošnje vode, veći potencijalni rizik u odnosu na ostale aktivne tvari. U tablici 6 prikazano je po pet aktivnih tvari iz pojedine skupine pesticida koje čine glavninu potrošnje (od 67,3 do 83,25 %).

Tablica 6. Potrošnja i udio pet najviše korištenih aktivnih tvari herbicida, fungicida i zoocida

Rang	Herbicidi	Fungicidi	Insekticidi
1	glifosat	sumpor	mineralna ulja
2	S-metolaklor	mankozeb	klorpirifos
3	terbutilazin	bakar (oksiplorid)	dimetoat
4	bentazon	folpet	acetamiprid
5	dikamba	bakar (hidroksid)	tiametoksam
Ukupno kg	449 796	504 635	101 902,5
Udio u količini (%)	67,3	69,6	83,25
Ukupno tretirano ha	366 112	216 015	225 494
Udio u tret. površini (%)	25,5	20,0	39

Treba istaknuti da kod procjene rizika treba uz količine uzeti u obzir fizikalno-kemijska svojstva pesticida u interakciji s reljefnim i pedo-klimatskim uvjetima na mjestu potrošnje. Od fizikalno-kemijskih svojstava pojedine aktivne tvari kod procjene rizika treba uzeti u obzir: sorpciju konstantu, topljivost u vodi, konstantu ionizacije, tlak para (volatilnost), poluvijek raspada (DT_{50}), srednju letalnu dozu (LD_{50}) i sl.

ZAKLJUČAK

Rezultati analize podataka o potrošnji pesticida u Hrvatskoj za razdoblje od 2012. do 2017. te detaljna analiza potrošnje za 2017. upućuju na sljedeće zaključke:

- U Hrvatskoj se u prosjeku troši oko 2 milijuna kg aktivnih tvari pesticida, s iznimkom 2016. i 2017. kad je potrošnja bila niža za 20 – 30 %. Smanjenje se može objasniti povećanjem primjene aktivnih tvari koje se primjenjuju u vrlo niskim dozama (manje od 100 g/ha).

- Prosječna potrošnja pesticida po ha u 2017. iznosi 1,43 kg.

- Kulture u kojima je potrošnja po ha znatno veća od prosječne su: vinova loza (10,7 kg), voćnjaci (5,6 kg), duhan (5,5 kg) i krumpir (2,9 kg).

- Potrošnja pesticida ovisi o veličini kulture i načinu korištenja poljoprivrednog zemljišta (strne žitarice, kukuruz, soja) i intenzitetu tretiranja pojedine kulture (vinova loza i voćnjaci).

- Kod procjene rizika, odnosno kod uspostave monitoringa pesticida, treba voditi brigu o:

- agro-roku primjene i učestalosti primjene (kumulativni učinak) najčešće korištenih pesticida, odnosno znati „kada tražiti“
 - načinu korištenja poljoprivrednog zemljišta nekog područja (mjesta motrenja) te u skladu s registriranim namjenom pesticida pratiti najčešće korištene pesticide, odnosno znati „gdje tražiti“ i „što tražiti“

- fizikalno-kemijskim svojstvima a.t. jer stupanj kontaminacije voda pesticidima ovisi o ponašanju aktivne tvari u okolišu, odnosno o interakciji tih svojstava sa svojstvima tla i vremenskim prilikama (oborine i temperatura)
- reljefnom položaju poljoprivredne parcele jer je na nagnutim terenima izraženije ispiranje pesticida erozijom
- udaljenosti vodnog okoliša od mjesta primjene pesticida.

PESTICIDE CONSUMPTION IN CROATIAN AGRICULTURE IN THE PERIOD FROM 2012 UNTIL 2017

SUMMARY

Within the frame of two studies ("Impact of agriculture on surface and groundwater pollution in the Republic of Croatia" and "Determination of priority groundwater monitoring areas within an intensive agricultural area"), an analysis of pesticide consumption in agriculture in Croatia was conducted. Consumption analysis was carried out with the aim of determining the pressure from agriculture on surface and groundwater. The aim was to determine potentially dangerous active substances of pesticides for water and the environment in general. The analysis has been done on the basis of consumed quantities of active substances and based on the way of agricultural land use. Data on the type, amount consumed and crop treated are necessary for establishing and conducting regular monitoring of waters in Croatia. Collected data enables professionals to develop a strategy to reduce pesticide residues in plant products and in the environment in general. Consumption data are based on available Phytosanitary Information System (FIS) data.

Key words: fungicides, groundwater, herbicides, monitoring of pesticide use, surface water, zoocides

LITERATURA

APPRRR (n.d.). Plaćanje obveza povezanih s poljoprivredom, okolišem i klimatskim promjenama. <https://www.aprrr.hr/mjera-10-poljoprivreda-okolis-i-klimatske-promjene/>(pristupljeno 29. 4. 2019.)

Bažok, R., Cvjetković, B., Sever, Z., Barić, K., Ostojić, Z. (2019). Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2019. godinu. Glasilo biljne zaštite, 1-2.

Carter, A. (2000). How pesticides get into water – and proposed reduction measures. Pesticide Outlook, 149-156. DOI: 10.1039/b006243j

FAO (2011). Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production.

FIS (2019). Fitosanitarni informacijski sustav. Ministarstvo poljoprivrede.

Igrc Barčić, J. (2002). Korištenje sredstava za zaštitu bilja. U: Procjena stanja, uzroka i veličine pritisaka poljoprivrede na vodne resurse i more na području Republike Hrvatske. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet (studija).

Maceljski, M. (1997). Sredstva za zaštitu bilja. U: Hrvatska poljoprivreda na raskrižju. Sastanak na vrhu o prehrani u svijetu-WORLD FOOD SUMMIT, Rim, Italija 13. – 17. studenoga 1996., pp 12-14.

Ostojić, Z., Barić, K., Galzina, N., Ostojić, Ž., Širac, S. (2004). Sustav stalnog motrenja herbicida atrazina u površinskim vodama Republike Hrvatske. Studija za Državnu upravu za vode

Öerke, E. C. (2005). Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science, pp 1-13

Romić, D. i sur. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj.

Ostali korišteni dokumenti:

*** Zakon o održivoj uporabi pesticida, (NN 14/2014)

*** Uredba EZ 1185/2009 o statističkim podacima o pesticidima

*** Ministarstvo poljoprivrede: Nacionalni akcijski plan za postizanje održive uporabe pesticida-NAP

**Renata BAŽOK, Zrinka DRMIĆ, Helena VIRIĆ GAŠPARIĆ, Martina MRGANIĆ,
Darija LEMIĆ, Maja ČAČIJA**

*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
rbazok@agr.hr*

SUZBIJANJE ŠTETNIKA NA VELIKIM POVRŠINAMA

SAŽETAK

Suzbijanje štetnika na velikim površinama (eng. area-wide (AW) pest management)) oblik je integrirane zaštite bilja kojemu je svrha smanjiti brojnost štetnih organizama na određenu području ispod razine koja može prouzročiti štetu. U radu su razjašnjene znanstvene osnove suzbijanja štetnika na velikim površinama i razlike u pristupu prilikom suzbijanja štetnika na velikim površinama (AW) u odnosu na individualno suzbijanje na pojedinačnim poljima. Na nekim primjerima dobre prakse organiziranog suzbijanja crvene palmine pipe, kukuruzne zlatice, repine pipe, jabučnog savijača i mediteranske voćne muhe u raznim zemljama ilustrirane su prednosti i nedostatci ovog pristupa kao i preduvjeti koji moraju biti ispunjeni da bi suzbijanje polučilo uspjeh.

Ključne riječi: integrirana zaštita bilja, suzbijanje na velikim površinama

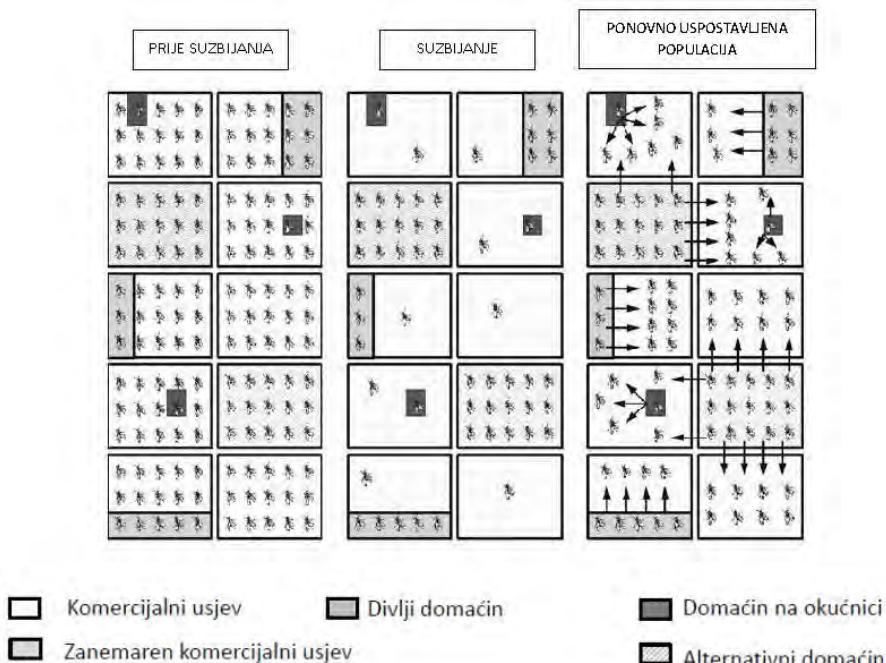
UVOD

Suvremena poljoprivredna proizvodnja sve je više suočena s problemima prekomjerne pojave pojedinih štetnika na većem području i s nemogućnošću njihova suzbijanja folijarnom primjenom insekticida. S druge strane, stroga zakonska regulativa koja rezultira ukidanjem dozvola za primjenu mnogih klasičnih kemijskih insekticida koji uglavnom imaju brzo djelovanje na štetnike nameće nužnost pronalaska novih rješenja koja će omogućiti učinkovito suzbijanje štetnika. Klasična integrirana zaštita bilja (IZB), s ciljem upravljanja štetnim organizmima integriranjem bioloških, kulturnih, fizičkih i kemijskih alata na način koji minimizira ekonomske, zdravstvene i ekološke rizike (National IPM Network, 2001.), i dalje je dominantna paradigma suzbijanja štetnih organizama posljednjih 50 godina (Barclay i sur., 2011.). Suzbijanje štetnika na velikim površinama (eng. area-wide (AW) pest management)) oblik je IZB-a kojemu je svrha smanjiti brojnost štetnih organizama na određenu području ispod razine koja može prouzročiti štetu. Prema Klassen-u (2005.), upravljanje štetnim organizmima na cijelom području podrazumijeva integraciju različitih taktika nadzora nad čitavom populacijom štetnog organizma unutar određenoga geografskog područja. Cilj je ovog programa dugoročno rješenje, za razliku od pojedinačnih suzbijanja štetočina kojima se tek kratkotrajno uklanjuju štete na jednom polju (Vreysen i sur., 2007.a). To je organiziran sustav suzbijanja štetnika u kojemu se proizvođači sličnih ili

identičnih kultura udružuju i djeluju na cijelom području. Pojam područja odnosi se na cijelo područje na kojem štetnik obitava. Ova je vrsta pristupa suzbijanju štetnika proaktivna, jer se akcija poduzima prije nego što populacija štetnika dostigne štetnu razinu, i usmjerena je na zaštitu poljoprivredne proizvodnje i/ili zdravlja ljudi na cijelom području (Vreysen i sur., 2007b.). Površina na kojoj se suzbiha nije ograničena samo na zaštitu glavnih proizvedenih kultura. Iako u povijesti postoje brojni primjeri (Klassen, 2000.; 2005.; Hendrichs i sur., 2007.) masovnog suzbijanja štetnika na velikim površinama, engl. „Area-Wide Pest Management“ (AW), znanstvene temelje postavio je Knipling (1972.; 1979.).

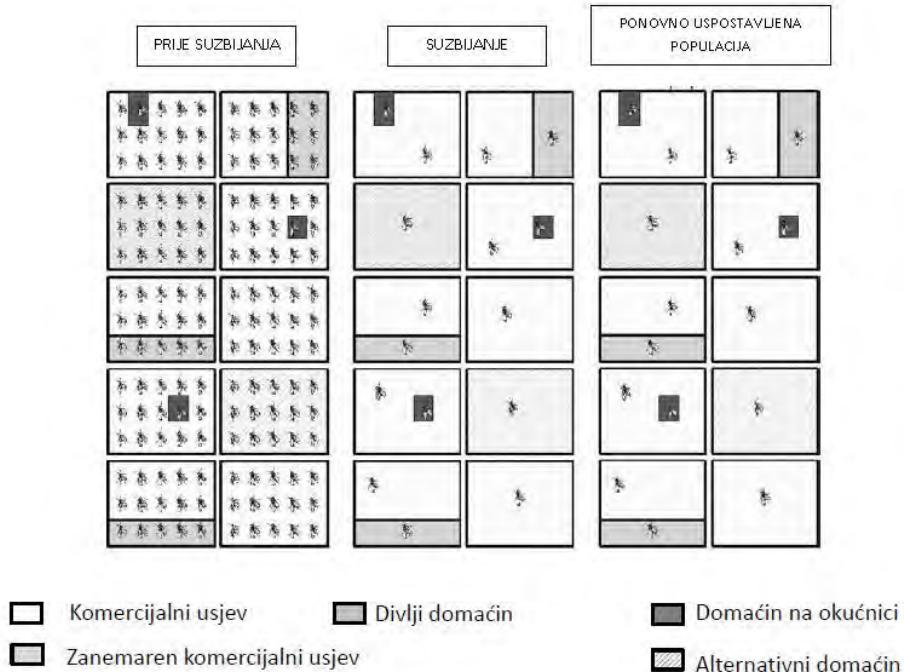
Radom će se razjasniti znanstvene osnove suzbijanja štetnika na velikim površinama i razlike u pristupu prilikom suzbijanja štetnika na velikim površinama (AW) u odnosu na individualno suzbijanje na pojedinačnim poljima te će se na nekim primjerima dobre prakse ilustrirati prednosti i nedostatci ovoga pristupa, kao i preduvjeti koji moraju biti ispunjeni da bi suzbijanje polučilo uspjeh.

TEMELJNE OSNOVE AW PROGRAMA



Slika 1. Grafički prikaz koncepta suzbijanja na pojedinačnim poljima. Populacija štetnika smanjuje se ispod praga odluke na poljima komercijalnog značenja, a ne suzbiha se na zanemarenim usjevima, alternativnim domaćinima, domaćinima na okućnicama i divljim domaćinima. Kao rezultat suzbijanja preostaju značajna područja na kojima se zadržavaju nesuzbijene preostale jedinke štetnika koje su potom izvor njihove obnovljene populacije (Prema Hendrichs i sur. 2007.).

Za razliku od pojedinačnih mjera suzbijanja koje provodimo s ciljem trenutačnog smanjenja štete na određenoj površini, dugoročni je cilj AW programa smanjiti napad štetnika u određenu području ispod brojnosti koja može izazvati štete. Ova metoda u skladu je s načelima IZB-a jer ima svrhu populaciju štetnika svesti ispod praga odluke, a istodobno se suzbijanje najčešće provodi nekom od ekološki prihvatljivih metoda. Pritom se suzbijanje određene štetne vrste ne provodi samo na kulturi koja trpi ekonomski štete, kao kod individualnog pristupa (slika 1), nego se provodi na svim kulturama na kojima se štetnik može hraniti (slika 2).



Slika 2. Grafički prikaz koncepta suzbijanja na velikim površinama. Populacija štetnika smanjuje se ispod praga odluke na svim površinama, uključujući zanemarene usjeve, alternativne domaćine, domaćine na okućnicama i divlje domaćine. Rezultat je suzbijanja izostanak značajnih područja na kojima bi se moglo zadržavati preostale jedinke štetnika koje su izbjegle suzbijanje i koje bi bile izvor obnovljene populacije štetnika (Prema Hendrichs i sur., 2007.).

PRIKLADNE TEHNOLOGIJE SUZBIJANJA ZA AW PROGRAME

Za suzbijanje štetnika u AW programima prikladne su gotovo sve raspoložive tehnologije, kao što su:

- a) **sjetva (sadnja) otpornih i/ili tolerantnih sorata** (uključujući genetički modificirane biljke)
- b) **agrotehničke mjere** (plodored, združeni usjevi, malčiranje, upravljanje navodnjavanjem, odvodnjom i dr.)

- c) **fizikalne i mehaničke mjere**
- d) bio-racionalno suzbijanje zasnovano na **ekološki prihvatljivim i/ili biotehničkim insekticidima** te korištenju **autocidne metode** (ispuštanje sterilnih mužjaka)
- e) **tradicionalno biološko suzbijanje** (jednokratno ili višekratno ispuštanje prirodnih neprijatelja)
- f) **kemijsko suzbijanje** (prednost se daje insekticidima povoljnijeg ekotoksikološkog profila).

Iako se u ovim programima mogu koristiti i klasične metode suzbijanja insekticidima onako kako se koriste u suzbijanju na pojedinačnim poljima, ova metodologija ipak preferira ekološki prihvatljivije načine suzbijanja štetnika, bilo da se koriste pojedinačno ili se više metoda integrira u dobro razrađen sustav suzbijanja. Stoga brojni istraživači smatraju AW oblikom integrirane zaštite bilja, što se doista može prihvatiti.

Koncept suzbijanja štetnika zasniva se na četiri premise.

Područje primjene – polja uključena u program

Suzbijanje štetnika mora se provoditi na svim poljima u određenu području, što uključuje komercijalne usjeve, zapuštene usjeve kulture domaćina, usjeve na okućnicama, komercijalne usjeve alternativnih domaćina i divlje domaćine. Sve spomenute usjeve i površine pod divljim domaćinima prije provedbe programa treba locirati te osigurati suglasnost vlasnika ili njegovo aktivno sudjelovanje.

Organizacija i koordinacija provedbe

Provedba mora biti organizirana i koordinirana od ovlaštene organizacije i ne smije biti prepustena na volju poljoprivrednim proizvođačima, za što je potrebno osigurati kvalitetan pravni okvir te dostatne ljudske resurse koji raspolažu znanjem i finansijskim kapacitetima za provedbu programa.

Eradikacija

Kod karantenskih vrsta AW program može uključivati i eradikaciju. No eradikacija nije obvezna u AW programima.

Obveza vlasnika

Pravni okvir mora osigurati mehanizme kojima se obavezuje vlasnika da sudjeluje u programu. Sudjelovanje vlasnika u programu može biti aktivno (sam provodi određene mjere suzbijanja) ili pasivno (vlasnik dopušta organizatoru AW programa organizirati i provesti mjere suzbijanja).

PRIMJERI DOBRE PRAKSE

Suzbijanje crvene palmine pipe (*Rhyncophorus ferrugineus*)

Crvena palmina pipa značajno ugrožava palme datula u Africi, Aziji i Latinskoj Americi, a u novije vrijeme štetnik se širi i Mediteranom gdje uzrokuje propadanje ukrasnih palma u gradovima. Napada 40 različitih vrsta palma. Prema podatcima FAOSTAT-a (2017.) datule se uzgajaju na oko milijun hektara. Zbog otežana suzbijanja ličinaka koje cijeli svoj život provode u deblu, kamo insekticidi teško prodiru, nastoji se suzbiti odrasle pipe prije nego što počnu s odlaganjem jaja. Mužjaci pipe proizvode agregacijski feromon ferrugineol koji privlači odrasle pipe (Hallet i sur., 1993.). On se primjenjuje sam u klopkama tamnocrvene boje nazubljena ruba (što sprječava izlazak pipa iz klopki) ili klopkama kojima se dodaje insekticid bez mirisa, a ulov pospješuje dodatak hranidbenog atraktanta, datula natopljenih u vodi. Osim dobrih rezultata suzbijanja u pojedinačnim nasadima palma, palmina pipa suzbijana je i u nekoliko organiziranih programa na velikim površinama. Masovni ulov s agregacijskim feronom na velikim površinama proveden je u Saudijskoj Arabiji (Vidyasagar i sur., 2000.; Abraham i sur., 2000.; Al-Shawaf i sur., 2012.; Hoddle i sur., 2013.). Hoddle i sur. (2013.) ističu da je populacija štetnika nakon pet godina provedbe programa smanjena za 80 % te da je uporaba insekticida reducirana za 91 %. Program je financiralo Ministarstvo poljoprivrede jer je prepoznalo važnost problema. Sličan program proveden je i u Ujedinjenim Arapskim Emiratima (El Ezaby i sur., 1998.; Kaakeh i sur., 2001.; Oehlschlager, 2006.), kao i u Omanu i Izraelu (Al-Khatri, 2004.; Soroker i sur., 2013.). Iskustva iz Costa Rike pokazala su da se masovnim ulovom na velikim površinama može smanjiti infekcija s nekim bolestima koje napadaju palmu a prenosi ih pipa (Oehlschlager i sur., 2002.).

Suzbijanje kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera*)

Program Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (USDA) obuhvaćao je suzbijanje odraslih kukuruznih zlatica na pet područja površine od oko 40 km^2 raspoređenih u različitim državama SAD-a (granica Indiane i Illinoisa, Texas, Kansas, Južna Dakota i Iowa) (Chandler, 2003.). Zlatica je suzbijana na svim poljima soje i kukuruza na kojima je njezina brojnost na Pherocon AM mamcima prelazila četiri do sedam zlatica na dan tijekom tri do sedam dana. Suzbijanje je provedeno iz zrakoplova, a korištena je kombinacija hranidbenog atraktanta na osnovi cucurbitacina i insekticida iz skupine karbamata, karbarila, u 10 puta nižoj dozi od preporučene. Cilj programa bio je smanjiti broj ženka prije ovipozicije te posredno smanjiti broj odloženih jaja i populaciju ličinaka u sljedećoj godini. Iako je zabilježen uspjeh u smanjenju populacije, utvrđene su velike razlike koje su bile posljedica različitih klimatskih uvjeta na pojedinim područjima. Također, usprkos činjenici da je ekomska isplativost programa bila barem na razini primjene kemijskih insekticida,

istaknut je problem organizacije programa i uključivanja svih poljoprivrednika u provedbu.

Suzbijanje jabučnog savijača (*Cydia pomonella*)

Dva su primjera suzbijanja jabučnog savijača na velikim površinama, jedan je AW program proveden u SAD-u (Knight i Fisher, 2006.), a drugi u Indiji (Hussain i sur., 2015.). U programu provedenu u SAD-u korištena je metoda suzbijanja konfuzijom mužjaka seksualnim feromonima, a cilj programa bio je otežati kopulaciju i tako smanjiti broj odloženih jaja. U programu provedenu u Indiji seksualni feromoni korišteni su za masovni ulov mužjaka, što je ponovno za posljedicu imalo smanjen broj jaja.

Suzbijanje repine pipe (*Bothynoderes punctiventris*)

Repina pipa štetnik je koji se vrlo teško suzbija insekticidima. Zbog specifične građe i velike proždrljivosti pipe, često se provode višekratna tretiranja (Bažok i sur., 2012.). Zavod za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dvama je projektima proveo istraživanje kojim je utvrđena mogućnost suzbijanja repine pipe agregacijskim feromonima na velikim površinama (Drmić i sur., 2017.). Cilj masovnog ulova bio je spriječiti migraciju odraslih sa starih na nova repišta i spriječiti štete na novim repištima. Feromoni su postavljeni na sva stara repišta na području od 6 km^2 . Istraživanja su provedena tijekom četiri godine, od 2012. do 2015. godine, a istraživano je područje u 2014. godini prošireno za dodatnih $8,8 \text{ km}^2$, na ukupno $14,8 \text{ km}^2$. Svake je godine masovni ulov repine pipe proveden postavljanjem feromonskih mamaca (slika 3) na sva polja na kojima je prethodne godine bila zasijana šećerna repa (stara repišta).



Slika 3. Feromonski mamac za repinu pipu (foto: Drmić)

Rezultati masovnoga suzbijanja pokazali su da je masovni ulov feromonima agregacije proveden na velikom području dobra metoda suzbijanja repine pipe.

Premda je u obilježenu području postignuto smanjenje populacije od 0,73 % do 11,59 %, što se može činiti relativno malim smanjenjem, uporaba insekticida na novozasijanim repištimi znatno je smanjena. Na poljima šećerne repe u području u kojemu je proveden masovni ulov (osim u jednom slučaju) kemijsko je suzbijanje provedeno najviše dva puta. Najčešće je prvo tretiranje obavljeno samo na rubovima, a drugo tretiranje na cijeloj površini. Uočen je odgođen napad pipe, a prva je primjena insekticida obavljena znatno kasnije nego na okolnim parcelama šećerne repe. Nijedno polje u obilježenu području tijekom tri godine provođenja te metode nije trebalo presijavati zbog totalnih šteta. Polja šećerne repe izvan područja na kojemu je proveden masovni ulov tretirana su višekratno (do devet puta), ali uspjeh je vrlo često izostao. Jedan dio polja bio je presijan. Masovni je ulov feromonskim mamacima racionalizirao primjenu insekticida u obilježenu području te ih je sveo na granice dopuštene u IZB-u. Program je bio proveden dvama projektima iz kojih je financirana nabava mamac te je osiguran trošak postavljanja mamac i njihova redovita pražnjenja. Program je proveden po načelima pasivnog sudjelovanja većine proizvođača koji, osim privole da se program provede i na njihovim površinama, nisu sudjelovali vlastitim angažmanom. Samo je nekolicina proizvođača aktivno sudjelovala u programu.

Suzbijanje mediteranske voćne muhe (*Ceratitis capitata*)

Mediterska voćna muha štetnik je koji u brojnim područjima svijeta ugrožava proizvodnju agruma, a i drugih voćnih vrsta. Odrasle muhe odlažu jaja u plodove na početku zriobe. Ličinke se hrane u plodu, zbog čega dolazi do truljenja i propadanja plodova. Njihovo suzbijanje otežava činjenica što ličinke žive u plodu i što je zbog blizine zriobe izbor insekticida ograničen na one kratke karence. Programi suzbijanja ovog štetnika na velikim površinama učestalo se provode u brojnim zemljama, a najčešće se koristi autocidna metoda ispuštanja sterilnih mužjaka (Mumford i sur., 2001.; Kakazu, 2002.; Knight, 2002.), što se poduzima i u Hrvatskoj u dolini Neretve (Bjeliš i sur., 2013.). Nadalje, provodi se još i masovni ulov agregacijskim feromonima, što je korišteno u centralnoj Americi (Hussain i sur., 2007.). Konfuzija je namijenjena samo na ometanje kopulacije i smanjenje broja odloženih jaja dok je masovni ulov još namijenjen i smanjenju populacije. Većinu programa financirale su vlade zemalja u kojima su se programi provodili, no katkada je program financiran kroz različite projekte. Tako je i u Hrvatskoj, gdje je program financiran iz projekta FAO (Bjeliš i sur., 2013.).

BUDUĆNOST AW PROGRAMA

Održiva poljoprivreda zahtijeva nova rješenja i traži nove metode suzbijanja štetnika. AW nije novi koncept, no tijekom prošlosti možda nije dovoljno

istražen jer je primjena insekticida na pojedinačnim poljima bila lakša za provedbu i pristupačnija u smislu novca i angažmana. U okviru politike biljnog zdravstva i okoliša EU-a, zajednički je izazov EU-a manje se oslanjati na kemikalije, poboljšati kvalitetu hrane i povećati potencijal za razvoj više biološki utemeljenih proizvodnih sustava. Stoga je među subjektima na svim razinama potrebno razviti, primijeniti i proširiti nove lance proizvodnje i nove strategije suzbijanja kojima se manje oslanja na insekticide. Suzbijanje štetnika na velikim površinama moglo bi postati adekvatno rješenje, no prije toga nadležno Ministarstvo u sklopu sredstava za mjere zajedničke poljoprivredne politike treba osmisliti programe koji bi bili dostupni onima (organizatori proizvodnje, organizacije proizvođača i sl.) koji bi isto mogli organizirati na većem području. Tako bi se mogao smanjiti pritisak štetnika i osigurati održiva proizvodnja. Iako je AW povezan sa specifičnim problemima koji su opisani u radu (organizacija, cijena, uključenost proizvođača i dr.), potrebna su daljnja istraživanja, ali i organizirana akcija Ministarstva i proizvođača.

SUMMARY

Area-wide (AW) pest management is a form of Integrated Pest Management (IPM) that aims to reduce the number of pests in a particular area below a level that can cause damage. The paper clarifies the scientific basis of AW pest management and the differences in AW pest management relative to individual control in individual fields. Examples of good practices for organized control of red palm weevil, Western corn rootworm, Sugar beet weevil, Codling moth and Mediterranean fruit flies in various countries illustrate the advantages and disadvantages of this approach, as well as the prerequisites that must be met for the programme to succeed.

LITERATURA

Abraham, V.A., Faleiro, J.R., Al-Shuaibi, M.A., Perm Kumar, T. (2000). A strategy to manage red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. On Date Palm Phoenix dactylifera L.– Its successful implementation in Al-Hassa, Kingdom of Saudi Arabia. Pestology, 24, 23-30.

Al- Khatri, S. A. (2004). Date palm pests and their control. Proceedings, Date Palm Regional Workshop on Ecosystem-Based IPM for Date Palm in Gulf Countries, Al-Ain, UAE, 28-30 March 2004., University Al-Ain, Al-Ain, UAE.; 84-88

Al-Shawaf, A.M., Al-Abdan, S., Al-Abbad, A.H., Ben Abdallah, A., Faleiro, J.R. (2012). Validating area-wide management of *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) in date plantation of Al-Hassa. Indian J. Plant Prot., 40, 255-259.

Barclay, H. J., Matlock, R., Gilchrist, S., Suckling, D. M., Reyes, J., Enkerlin, W. R., Vreysen, M. J. (2011). A conceptual model for assessing the minimum size area for an area-wide integrated pest management program. International Journal of Agronomy 2011, Article ID 409328

- Bažok, R., Buketa, M., Lopatko, D., Likar, K.** (2012). Past and present sugar beet pest management practice. Glasilo biljne zaštite 12, 5, 414-428.
- Bjeliš, M., Radunić, D., Bulić, P.** (2013). Pre- and post-release quality of sterile *Ceratitis capitata* males released by an improved automated ground release machine. *Journal of Applied Entomology*, 137, 154-162.
- Chandler, L.D. (2003).** Corn rootworm areawide management program: United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. Pest Manag. Sci., 59(6-7), 605-608.
- Drmić, Z., Tóth, M., Lemić, D., Grubišić, D., Pospišil, M., Bažok, R.** (2017). Area-wide mass trapping by pheromone-based attractants for the control of sugar beet weevil (*Bothynoderes punctiventris* Germar, Coleoptera: Curculionidae). Pest. Manag. Sci., 73, 2174–2183.
- El Ezaby, F. A. A., Khalifa, O., El Assal, A.** (1998). Integrated Pest Management for the Control of Red Palm Weevil in the UAE Eastern Region. Proceedings of First Int. Conf. on Date Palms, Al-Ain, UAE, March, 1998, University, Al-Ain , Al-Ain, UAE, 1998, 269-281.
- FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2017). FAOSTAT Database, dostupno na: <http://faostat3.fao.org/> (pristupljeno: 24.9.2019.)
- Hallet, R.H., Gries, G., Gries, R., Borden, J.H., Czyzewska, E., Oehlschlager, A.C., Pierce, H.D.Jr., Angrelli, N.P.D., Rauf, A.** (1993). Aggregation pheromones of two Asian palm weevils *Rhynchophorus ferrugineus* and *R. vulneratus*. Natirwissenschaften, 80, 328-331.
- Hendrichs, J., Kenmore, P., Robinson, A. S., Vreysen, M. J. B.** (2007). Area-Wide Integrated Pest Management (AW-IPM): Principles, Practice and Prospects. In: Area-Wide Control of Insect Pests, M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson and J. Hendrichs (ur.), Springer Netherlands, 3-33.
- Hoddle, M.S.A., Al-Abbad, H., El-Shafie, H.A.F., Faleiro, J.R., Sallam, A.A., Hoddle, C.D.** (2013). Assessing the impact of pheromone trapping, pesticide applications, and eradication of infested date palms for *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) management in Al Ghwaybah, Saudi Arabia. Crop Prot., 53, 152-160.
- Hussain, B., Ahmad, B., Bilal, S.** (2015) Monitoring and Mass Trapping of the Codling Moth, *Cydia pomonella*, by the Use of Pheromone Baited Traps in Kargil, Ladakh, India. International Journal of Fruit Science, 15, 1-9.
- Kaakeh, W., El-Ezaby, F., Abu Al-Nour, M. M., Khamis, A. A.** (2001). Management of the Red Palm Weevil by a Pheromone/Food-Based Trapping System. Second International Conference. On Date Palms, Al-Ain, UAE, March 25-27 2001, University Al-Ain, Al-Ain, UAE, 325-343.
- Klassen, W.** (2000). Area-wide approaches to insect pest management: history and lessons. In Joint Proceedings of the FAO/IAEA International Conference on Area-Wide Control of Insect Pests pp. 1-5
- Klassen, W.** (2005). Area-wide integrated pest management and the sterile insect technique. In: Sterile Insect Technique- Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management, V.A. Dyck, J. Hendrichs, A.S. Robinson, A.S. (ur.) Springer Netherlands, 39-68.
- Knight, A.L., Fisher, J.** (2006). Increased catch of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in semiochemical-baited orange plastic delta-shaped traps, Environ. Entomol., 35, 1597-1602.

Knippling, E. F. (1972). Entomology and the management of man's environment. Journal of the Australian Entomological Society 11, 153-167.

Knippling, E. F. (1979). The basic principles of insect population suppression and management. Agriculture Handbook Number 512. Science and Education Administration. United States Department of Agriculture. Washington, D.C. pp. 659

Oehlschlager, A. C. (2006). Mass trapping as a strategy for management of Rhynchophorus palm weevils. I Jornada Internacional sobreel Picudo Rojo de las Palmeras, pp. 143-180.

Oehlschlager, A.C., Chinchilla, C., Castillo, G., Gonzalez, L. (2002). Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). Fla. Entomol., 85, 507–513.

Podleckis, E. V. (2007). Systems approaches as phytosanitary measures: techniques and case studies. In Area-wide control of insect pests, Vreysen, M. J. B., Robinson, A. S., Hendrichs, J. (ur.), Springer: Dordrecht, Netherlands, pp. 417-423.

Soroker, V., Suma, P., La Pergola, A., Cohen, Y., Alchanatis, V., Golomb, O., Goldstein, E., Hetzroni, A., Galazan, L., Kontodimas, D., Pontikakos, C., Zorovoc, M., Brandstetter, M. (2013). Early detection and monitoring of red palm weevil: Approaches and challenges. AFPP-Palm Pest Mediterranean Conference, Niece, France. 16-18 January, 2013.

Vidyasagar, P.S.P.V., Hagi, M., Abozuhairah, R.A., Al-Mohanna, O.E., Al-Saihati, A.A. (2000). Impact of mass pheromone trapping on red palm weevil adult population and infestation level in date palm gardens of Saudi Arabia. Planter., 76, 347-355.

Vreysen, M. J. B., Gerardo-Abaya, J., Cayol, J. P. (2007a). Lessons from Area-Wide Integrated Pest Management (AW-IPM) Programmes with an SIT Component: an FAO//IAEA Perspective. U: Area-Wide Control of Insect Pests M. J. B. Vreysen, A. S. Robinson, J. Hendrichs (ur.). Springer Netherlands, 723-744.

Vreysen, M. J. B., Robinson, A. S., Hendrichs, J., Kenmore, P. (2007b). Area-wide integrated pest management (AW-IPM): principles, practice and prospects. U: Area-Wide Control of Insect Pests, M. J. B. Vreysen, A. S. Robinson, J. Hendrichs (ur.) Springer Netherlands, 3-33.

Ivan JURAN, Tanja GOTLIN ČULJAK*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
ijuran@agr.hr*

NEKEMIJSKE MJERE SUZBIJANJA ŠTETNIH ORGANIZAMA

SAŽETAK

Pojava rezistentnosti štetnika kao i gubitak dozvola za korištenje određenih aktivnih tvari onemogućuju poljoprivrednim proizvođačima učinkovitu zaštitu usjeva od štetnih organizama. Zbog toga je potrebno unaprijediti postojeće i/ili razviti nove, alternativne, nekemijske mjere koje će biti dovoljno učinkovite i prikladne za korištenje da bi se spriječio znatan gubitak prinosa poljoprivrednih kultura. U radu su, na primjerima iz prakse, prikazane temeljne značajke „push-pull“ strategije, SIT tehnike i metode masovnog ulova te njihova učinkovitost u suzbijanju štetnika.

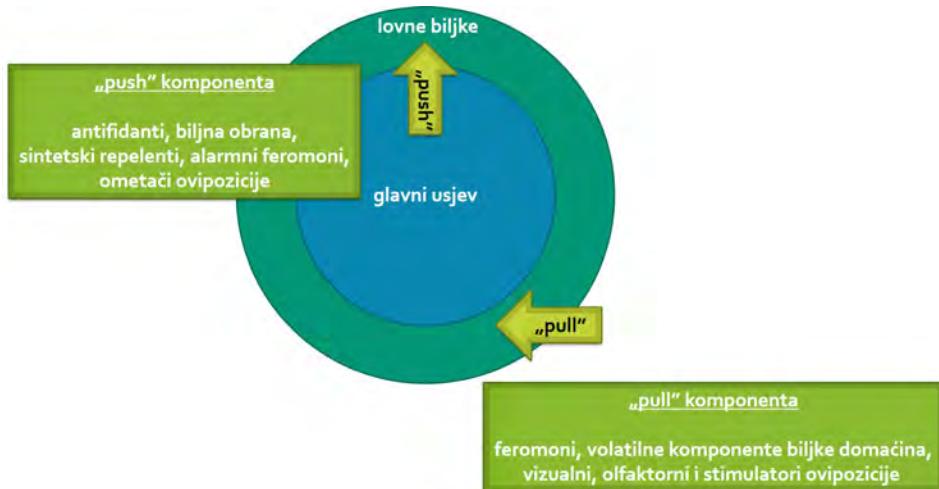
Ključne riječi: nekemijske mjere, „push-pull“ strategija, SIT tehnika, masovni ulov štetnika

UVOD

Štetni kukci glavna su prijetnja globalnoj proizvodnji hrane i očuvanju biološke raznolikosti, a ujedno i najvažniji uzročnik gubitka prinosa poljoprivrednih kultura. Svake godine troše se velike količine sredstava za zaštitu bilja diljem svijeta za suzbijanje štetnika na poljoprivrednim površinama, što je za proizvođače veliko financijsko opterećenje. S obzirom na opasnost od velikih ekonomskih gubitaka, proizvođači često obavljaju veći broj primjena insekticida koristeći pripravke istog mehanizma djelovanja, ponekad i bez utvrđivanja visine populacije štetnika. Zbog toga su pojedini štetni kukci razvili rezistentnost na određene aktivne tvari, pa primjena insekticida više nije učinkovita. S obzirom na razvoj rezistentnosti kod većeg broj ekonomski važnih štetnih organizama te zabranu primjene pojedinih aktivnih tvari, proizvođači imaju sve manje učinkovitih kemijskih rješenja u zaštiti poljoprivrednih kultura. Zbog toga je potrebno razviti nove alternativne, nekemijske mjere koje će biti dovoljno učinkovite u suzbijanju štetnika nakon što visina njihove populacije dostigne prag odluke. Pojedine se mjere već koriste u zaštiti nekih poljoprivrednih kultura od rezistentnih populacija štetnika, međutim, one ne moraju uvijek biti učinkovite, a i njihov uspjeh ovisi o raznim čimbenicima tijekom vegetacijske sezone. Idealna nekemijska mjeru trebala bi biti jednako učinkovita kao i kemijska mjeru te jednostavna za provedbu u praksi. Za razvoj takvih mjera potrebno je mnogo znanja i novih istraživanja u vezi s vremenom pojave određenog razvojnog stadija i ponašanjem štetnika te odnosom štetnika prema čimbenicima ishrane.

„PUSH-PULL“ STRATEGIJA

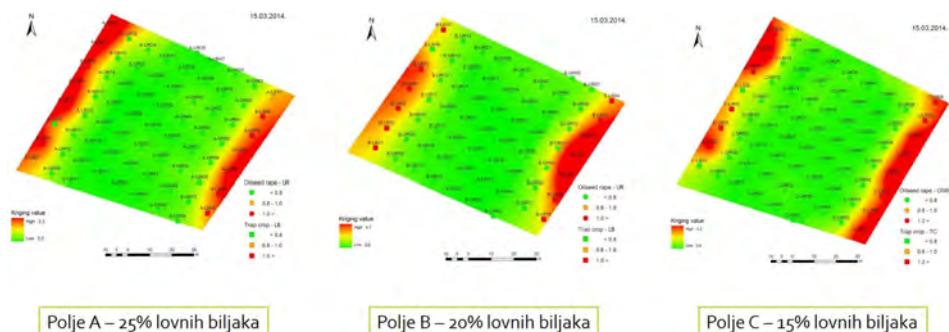
„Push-pull“ strategija kombinacija je stimulansa koji mijenjaju ponašanje štetnika te utječu na prostorni raspored i gustoću njihove populacije. Ova mјera, kao što i naziv sugerira, uključuje dvije komponente – „push“ (gurnuti) koja omogućava odgurnuti štetnika od glavnog usjeva korištenjem različitih repelenata i „pull“ (povuci) komponentu koja istovremeno privlači štetnike na drugo područje (slika 1). „Pull“ komponentu najčešće čine lovne biljke na kojima se štetnici koncentriraju, što omogućuje i olakšava njihovo eventualno suzbijanje. Glavni je cilj ove strategije povećati učinkovitost suzbijanja te istodobno smanjiti negativan utjecaj na okoliš. Kada se govori o „push-pull“ strategiji, često se misli na lovne biljke (eng. *trap cropping*) iako su one samo dio ove strategije, odnosno njezina „pull“ komponenta koja pomaže odmaknuti štetnike od glavnog usjeva, što omogućuje smanjenje unosa insekticida potrebnih za njihovo suzbijanje, a u pojedinim slučajevima primjena insekticida može i potpuno izostati. Lovne biljke učinkovito se koriste u smanjenju populacije štetnika kao što su repičin sjajnik, žičnjak, krumpirove i repine nematode i drugih.



Slika 1. Sastavnice „push-pull“ strategije (prilagođeno prema Cook i sur., 2007.)

Visoka učinkovitost lovnih biljaka u suzbijanju repičina sjajnika utvrđena je u sklopu projekta „Rezistentnost repičina sjajnika na piretroide u Hrvatskoj i novi pristup suzbijanju“ gdje su uspostavljena tri polja uljane repice, veličine jednog hektara. Lovne biljke (ogrštica) zasijane su uz bočne rubove glavnog usjeva, tjedan dana prije sjetve uljane repice, u različitu udjelu u odnosu na glavni usjev. Polje A s 25 % udjela lovnih biljaka (traka lovnih biljaka širine 9,25 m), polje B s 20 % udjela lovnih biljaka (traka lovnih biljaka širine 7 m) i polje C s 15

% udjela lovnih biljaka (traka lovnih biljaka širine 5,25 m). Na svakom polju bili su određene GPS točke gdje je obavljano otresanje cvatova kako bi se utvrdio broj odraslih oblika repičina sjajnika. Vizualizacijom rezultata (slika 2) može se vidjeti kako su lovne biljke ispunile svoju ulogu na sva tri polja (crvena boja na bočnim stranama polja s lovni biljkama) gdje je utvrđena najveća koncentracija odraslih oblika repičina sjajnika. Na biljkama uljane repice prosječan broj repičina sjajnika po terminalnom cvatu nije prelazio kritičan broj (zelena boja na glavnem usjevu), a primjena insekticida izostala je. Već i kod najmanjeg udjela lovnih biljaka (15 %) ispunjena je njihova uloga u privlačenju štetnika.



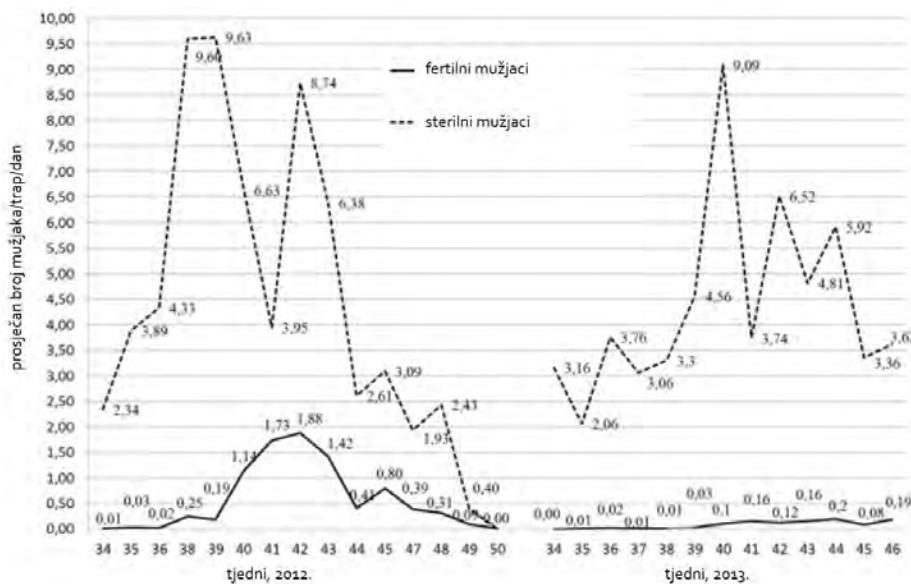
Slika 2. Prosječan broj odraslih oblika repičina sjajnika na lovnim biljkama i na uljanoj repici – crvena boja prikazuje prosječan broj odraslih oblika iznad praga odluke, a zelena boja prikazuje prosječan broj odraslih oblika ispod praga odluke (prema Gotlin Čuljak i sur., 2016.).

SIT TEHNIKA

SIT tehnika podrazumijeva ispuštanje velikog broj sterilnih mužjaka određene vrste na veliko područje uzgoja određene kulture. Velik broj mužjaka prethodno se uzgaja u laboratoriju gdje se prije ispuštanja sterilizira različitim metodama, a najčešće se koriste gama zrake. Nakon ispuštanja takvih mužjaka u nasad dolazi do njihove brojčane nadmoći te konkuriranja prirodnim fertilnim mužjacima i kopuliranja sa ženkama, nakon čega ženka odlaže sterilna jaja iz kojih se ne razvija potomstvo. Ne dolazi do produženja vrste, te se tako sprječavaju štete i smanjuje se brojnost štetnika sljedećih godina. SIT tehnika primjenjuje se za suzbijanje štetnika kod kojih štete čine ličinke, a ne koristi se za štetnike kod kojih je štetan odrasli oblik jer bi se tako povećala brojnost štetnog stadija, a time i štete. Ova se metoda danas koristi za suzbijanje većeg broja štetnih organizama, kao što su mediteranska voćna muha, lukova muha, trešnjina muha i drugih.

Tijekom razdoblja od 2010. do 2013. proveden je pilot-program suzbijanja mediteranske voćne muhe na području doline Neretve te je ukupno pokriveno 4000 ha, većinom nasada mandarina, gdje su ispuštani sterilni mužjaci. Od

sredine travnja do kraja studenoga dopremljeno je 14 milijuna kukuljica na tjedan, a tijekom dvije godine ispušteno je 350 milijuna jedinaka sterilnih mužjaka. Tjednom kontrolom trapova utvrđen je znatno veći broj sterilnih mužjaka u populaciji u odnosu na fertilne mužjake tijekom obje godine istraživanja (slika 3), a rezultati indeksa zaraze pokazali su da se korištenjem tehnologije ispuštanja sterilnih mužjaka indeks zaraze, na plodovima različita voća, smanjio za 75,9 %, a na mandarini za 99,2 %.



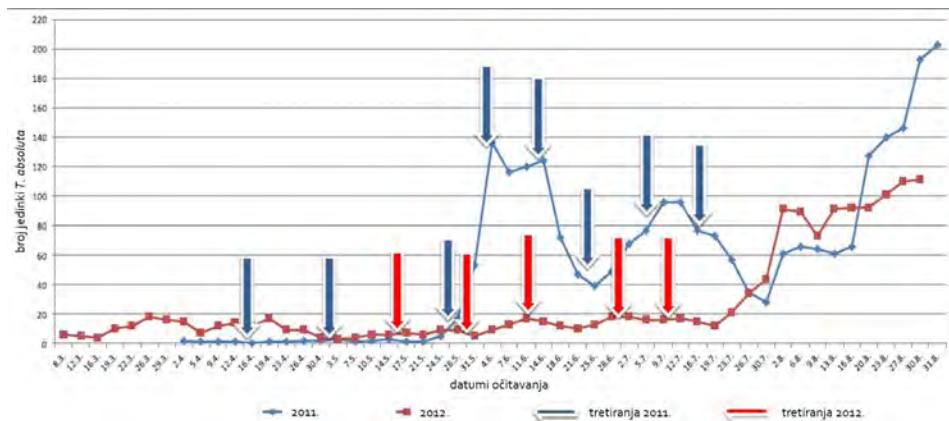
Slika 3. Dinamika i visina populacije fertilnih i sterilnih mužjaka mediteranske voćne muhe (prilagođeno prema Bjeliš i sur., 2016.)

MASOVAN ULOV ŠTETNIH ORGANIZAMA

Metoda masovnog ulova štetnika sastoji se od postavljanja velikog broja trapova s atraktantom u usjev kako bi se uhvatilo što veći broj jedinaka ciljanog štetnika. Cilj je ove metode smanjiti broj jedinaka sljedeće generacije ulovom samo mužjaka ili oba spola na određenu području. Kao sredstvo privlačenja koriste se seksualni feromoni ili feromoni agregacije, hranidbeni atraktanti, a ponekad i boja. Najvažniji je čimbenik uspjeha ove metode gustoća (broj trapova) po jedinici površine i njihova učinkovitost.

Jedan je od primjera masovnog ulova, koji se provodio na području Istre, masovni ulov lisnog minera rajčice (*Tuta absoluta*). Istraživanje je provedeno u zaštićenom prostoru od 3000 m^2 tijekom 2011. i 2012., a za masovni ulov korištene su dvije vrste trapova – tutasan i ferolite, koji su postavljeni u vrijeme sadnje rajčice. Tutasan trap sastoji se od plastične posude koja se puni vodom i

u kombinaciji s feromonom privlači samo mužjake. Ferolite je kombinacija seksualnog atraktanta i svjetlosti određene frekvencije, te privlači oba spola, a radi tijekom posljednja četiri sata u noći. Na slici 4 prikazani su rezultati masovnog ulova tijekom obje godine istraživanja. Vidljivo je značajno smanjenje populacije tijekom 2012. godine (crvena linija) kao i smanjenje broja primjena insekticida (crvene strelice) sa osam, tijekom 2011., na pet tijekom 2012. godine, što je dokaz dugoročne učinkovitosti ove metode. Kod niske populacije ovog štetnika masovni je ulov sam po sebi učinkovit, ali ako se radi o visokoj populaciji štetnika, potrebno je uključiti i kemijske mjere.



Slika 4. Dinamika i visina populacije lisnog minera rajčice tijekom 2011. (plava linija) i 2012. (crvena linija) – plave strelice označavaju datume primjene insekticida tijekom 2011., a crvene tijekom 2012. (izvor: Jurković i sur., 2013.)

Osim u masovnom ulovu lisnog minera rajčice, ova je metoda korištena i u istraživanju mogućnosti suzbijanja repine pipe u usjevu šećerne repe na području Tovarnika. Za suzbijanje repine pipe korišteni su agregacijski feromoni tijekom tri godine na starim repištima, a rezultati su pokazali smanjenje populacije repine pipe za 16 %, kao i smanjenje broja primjena insekticida. Time se smanjio i utrošak aktivne tvari u usporedbi s područjima koja nisu bila uključena u masovni ulov.

ZAKLJUČAK

Opisane nekemijske metode relativno su zahtjevne za provedbu jer traže više znanja, veći utrošak vremena, a neke od njih i „žrtvovanje“ uzgojnih površina za provedbu (lovne biljke). Međutim, iz rezultata je vidljivo da su vrlo učinkovite, a kod pojedinih metoda primjena insekticida može potpuno izostati. Preduvjete za učinkovito korištenje ovih metoda čine prognoza pojave štetnika i signalizacije u pravo vrijeme te pravodobna priprema i primjena. Za provođenje ovih mjeru potrebna je i dodatna edukacija poljoprivrednih proizvođača, ali i

njihova spremnost za korištenje i provođenje tih metoda. Neke od ovih mjera nisu dovoljne ako se primjenjuju samostalno, ali u kombinaciji s kemijskim mjerama postiže se zadovoljavajući uspjeh u zaštiti pojedinih poljoprivrednih kultura od štetnih organizama.

LITERATURA

Bjeliš, M., Popović, L., Kiridžija, M., Ortiz, G., Pereira, R. (2016). Suppression of Mediterranean fruit fly using Sterile Insect Technique in Neretva River Valley of Croatia. Proceedings of the 9th ISFFEI, 29-45.

Cook, S.M., Khan Z.R., Pickett, J.A. (2007). The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management. Annu. Rev. Entomol., 52, 375-400.

Gotlin Čuljak, T., Pernar, R., Juran, I., Ančić, M., Bažok, R. (2016). Impact of oilseed rape crop management systems on the spatial distribution of *Brassicogethes aeneus* (Fabricius 1775): Implications for integrated pest management. Crop Protection, 89, 129-138.

Jurković, A., Gotlin Čuljak, T., Jurković, P. (2013). Masovni ulov lisnog minera rajčice – *Tuta absoluta* Povolny, 1994 (Lepidoptera: Gelechiidae) na području Istarske županije. Glasilo biljne zaštite, 6, 434-441.

*Sandra SKENDŽIĆ¹, Darija LEMIĆ¹, Maja ČAČIJA¹, Martina KADOIĆ BALAŠKO¹,
Zrinka DRMIĆ¹, Renata BAŽOK¹, Marija DVEČKO²*

¹*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju*

²*Ministarstvo poljoprivrede*

sskendzic@agr.hr

OBOJENI MAMCI U SUZBIJANJU ŠTETNIH ORGANIZAMA – PRIMJERI DOBRE PRAKSE

SAŽETAK

U zaštićenim prostorima povrće i ukrasno bilje napadaju štetnici koji sisanjem na lišću, plodovima, stabljici i cvijetu izazivaju fiziološke promjene na biljkama dovodeći do smanjenja prinosa i slabije kakvoće plodova. Prilikom njihova suzbijanja dolazi do problema kao što su: brz razvoj rezistentnosti na insekticide, opasnost da zbog česte uporabe dođe do prekomjernog nagomilavanja nedopuštenih rezidua u plodovima te sužen izbor insekticida. Sve spomenuto, uz pojačane zahtjeve tržišta za proizvodima uzgojenima sukladno načelima integrirane zaštite bilja, problematizira primjenu kemijskih mjera suzbijanja, stoga je nužno rješenja tražiti u nekemijskim mjerama. Obojeni mamci u obliku ljepljivih ploča su za praćenje pojave štetnika radi prognoziranja napada, utvrđivanja potrebe i optimalnog roka suzbijanja, a postavljanjem većeg broja ploča i za reduciranje populacije štetnika te sprječavanje šteta.

Ključne riječi: zaštićeni prostori, štetnici, integrirana zaštita bilja, ljepljive ploče

UVOD

Bitan je čimbenik uspješne proizvodnje bilja sprječavanje gubitaka, odnosno zaštita bilja od štetnih organizama. Suvremena zaštita bilja danas se može provoditi kao integrirana zaštita bilja ili kao zaštita bilja u ekološkoj proizvodnji. Integrirana zaštita bilja podrazumijeva pažljivu uporabu svih raspoloživih mjera zaštite od štetnih organizama uz postupno uvođenje onih mjera koje sprječavaju rast populacije štetnika i održavaju uporabu sredstava za zaštitu bilja i drugih mjera na razini ekonomske opravdanosti te smanjuju rizik od štetnosti za zdravlje čovjeka i okoliša. Integrirana zaštita bilja ističe uzgoj zdravih usjeva sa što manje upletanja u agro-ekosustav i potiče razvoj prirodnih mehanizama suzbijanja štetnika (FAO, 2002). Igrc Barčić i Maceljski (2001.) definiraju ekološki prihvatljive mjere zaštite bilja kao mjere koje uz stručnu primjenu nisu opasne ili štetne za ljude i korisne organizme, koje ne onečišćuju okoliš, koje minimalno narušavaju uspostavljenu ravnotežu organizama i što manje negativno djeluju na biološku raznolikost. Jedna je od takvih mjera i

korištenje obojenih mamaca, koja pripada fizikalnim mjerama zaštite bilja. Ta se mjera najčešće koristi u proizvodnji povrća unutar zaštićenih prostora. U zaštićenim prostorima povrće napada nekoliko štetnika koji sisanjem na lišću, plodovima, stabljicama i cvijetu izazivaju fiziološke promjene na biljkama dovodeći do smanjenja prinosa i slabije kakvoće plodova (Maceljski, 2002.). Prilikom njihova suzbijanja dolazi do problema kao što su: brz razvoj rezistentnosti na insekticide, opasnost da zbog česte uporabe dođe do nagomilavanja nedopuštenih rezidua u plodovima te sužen izbor insekticida. Sve to, uz pojačane zahtjeve tržišta za proizvodima koji su proizvedeni sukladno načelima integrirane zaštite bilja, problematizira primjenu kemijskih mjera suzbijanja, te je nužno rješenja tražiti u nekemijskim mjerama. Obojeni su mamci u obliku ljepljivih ploča alat za praćenje pojave štetnika radi prognoziranja napada, utvrđivanja potrebe i optimalnog roka suzbijanja, a postavljanjem većeg broja ploča i za reduciranje populacije štetnika te sprječavanje šteta.

ŠTETNI KUKCI U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

Tijekom uzgoja povrća i ukrasnog bilja u zaštićenim prostorima posebnu pozornost treba obratiti zaštiti od štetnih kukaca jer uvjeti uzgoja odgovaraju njihovu brzu širenju. Štetnici koji se javljaju u zaštićenim prostorima imaju neke zajedničke odlike koje dovode do problema u njihovu suzbijanju (Bažok, 2010.). Svi štetnici u zaštićenim prostorima razvijaju velik broj generacija godišnje. Te generacije međusobno se isprepleću, pa su u objektu često prisutni razni razvojni stadiji kukaca, što stvara problem prilikom njihova suzbijanja. Insekticidi koji se koriste u njihovu suzbijanju nisu jednako učinkoviti na sve razvojne stadije, te se tretiranja moraju ponavljati. Zbog velikog broja generacija, ali i zbog nekih drugih osobina, štetnici zaštićenih prostora skloni su brzom razvoju rezistentnosti na insekticide. Polifagni su, pa osim brojnih kulturnih biljaka napadaju i korove. Česta je pojava da obilno luče mednu rosu kojom su prekriveni i koja pokriva i biljne organe koje napadaju. Najčešći štetnici povrća u zaštićenim prostorima: cvjetni štitasti moljac (*Trialeurodes vaporariorum* W.), kalifornijski trips (*Frankliniella occidentalis* Perg.), koprivina grinja (*Tetranychus urticae* Koch.), lisne uši (*Aphidoidea*) i muhe mineri (*Liriomyza brassicae* Kalth., *Liriomyza trifolii* Burg., *Phytomyza horticola* Gour.). Odnedavno se sve češće kao štetnik javlja duhanov štitasti moljac (*Bemisia tabaci* Gennadius) (Masten i sur., 2004.) i južnoamerički moljac rajčice (*Tuta absoluta* Povolny) (Gotlin Čuljak i sur., 2010.).

ZAŠTITA POVRĆA OD ŠTETNIH KUKACA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA

Zbog opisanih osobina štetnika u zaštićenim prostorima, zaštiti povrća i ukrasnog bilja potrebno je posvetiti posebnu pažnju. Suzbijanju štetnika može

se pristupiti kemijskim i nekemijskim metodama. Prilikom njihova suzbijanja kemijskim metodama može doći do brojnih problema, kao što su brz razvoj rezistentnosti na insekticide i prekomjerno nagomilavanje neželjenih rezidua insekticida u plodovima. Osim toga, prilikom izbora insekticida za suzbijanje štetnika u zaštićenim prostorima treba posebno paziti na duljinu karence. Budući da su berbe povrća višekratne, za suzbijanje u vrijeme berbe u obzir dolaze samo insekticidi kratke karence, a njihov je izbor vrlo ograničen. Sve spomenuto, uz visoke zahtjeve tržišta za proizvodima uzgojenima sukladno načelima integrirane zaštite bilja, problematizira primjenu kemijskih metoda suzbijanja. Prema tome, alternativa su nekemijske metode suzbijanja štetnika, odnosno zaštita bilja prema načelima integrirane zaštite. Pritom se često koriste fizikalne mjere, a u posljednje vrijeme i biološke. U fizikalnim mjerama suzbijanja koriste se različiti agensi, tropizmi i reakcije štetnika na neke podražaje – reakcije na temperaturu, vlagu, svjetlo, boju, zvuk, primjenu različitih zraka, električnu energiju itd. U zaštićenim prostorima, a katkada i u poljskom uzgoju povrća, može se pojava nekih štetnika vrlo uspješno smanjiti s pomoću vizualnih ili olfaktornih mamaca (atraktanata). Najviše se koriste vizualni mamci u obliku raznobojnih ljepljivih ploča (ili vrpca) koje se vješaju unutar staklenika, plastenika ili na biljke. Najčešće se rabe za prognozu pojave i potrebe suzbijanja ili suzbijanje štetnika (Dvečko, 2011.). Ako se obojeni mamci (ljepljive ploče) koriste za suzbijanje štetnika u zaštićenim prostorima, vrlo je važno pravilno odabrati boju i oblik ploče te znati na koju ih visinu i razmak treba postaviti. U zaštićenim se prostorima najčešće koriste žute i plave ljepljive ploče.

ŽUTE I PLAVE LJEPLJIVE PLOČE

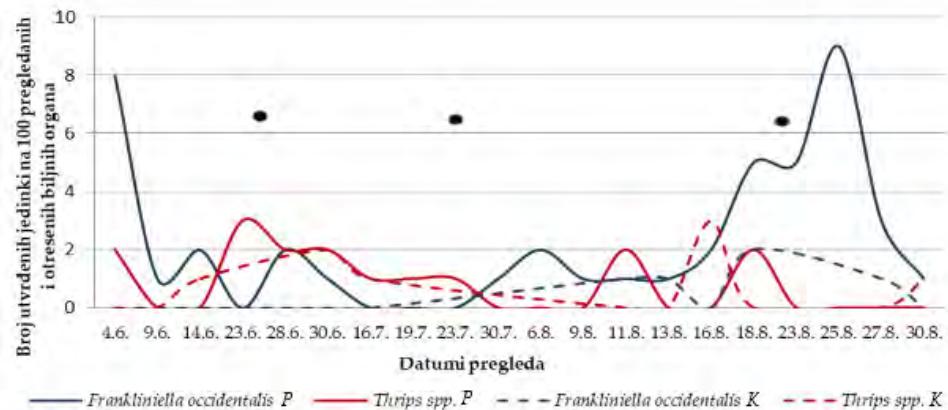
Brojne kukce privlače različite boje, te na njih djeluju kao atraktant. Bažok (2010.) tvrdi da je to najčešće žutozelena boja valne dužine 500 do 600 nm, iako je moguće da pojedini kukci pokazuju i drugačije preferencije. Prema Bažok i sur. (2004.) cvjetni štitasti moljac (*T. vaporariorum*) i duhanski štitasti moljac (*B. tabaci*) prate se pomoću žutih ljepljivih ploča. Lisne se uši, u proizvodnji povrća, mogu pratiti žutim ljepljivim pločama, kao i muhe lisni mineri (*Liriomyza* spp., *Phytomyza* spp.), lisni miner rajčice (*T. absoluta*), kupusna muha (*Delia radicum* L.), mrkvina muha (*Psila rosae* Fabr.), lukova muha (*Delia antiqua* Meig.) i češnjakova muha (*Helomyza lurida* Meig.), dok se kalifornijski trips (*F. occidentalis*) može pratiti, a ponekad i uspješno suzbijati, plavim ljepljivim pločama (slika 1).



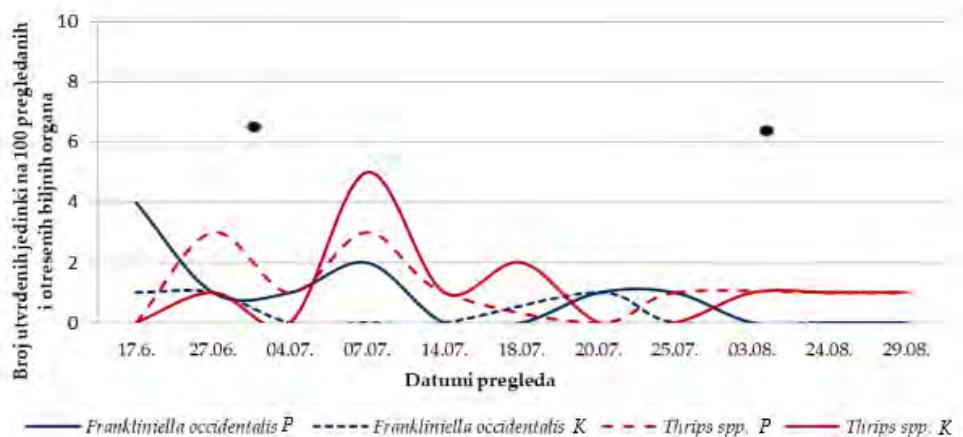
Slika 1. Prikaz plavih i žutih ljepljivih ploča u zaštićenom prostoru (Izvor: pseno.hr)

Maceljski (2002.) ističe da se za praćenje pojave cvjetnog štitastog moljca ploče postavljaju tako da donjim rubom dodiruju vrh biljke. Također kaže da je u zaštićenim prostorima pronašetak jednog moljca na 100 biljaka prag kod kojega treba ići u kemijsko suzbijanje. Osim boje, iznimno važan može biti i oblik obojenih ploča. Tako žute ljepljive ploče ravnih ploha najviše hvataju kalifornijskog tripsa (Vernon i Gillespie, 1995.), a cilindrične ploče više cvjetnog štitastog moljca (Kim i sur., 2001.). Visina postavljanja žutih ploča u svrhu suzbijanja cvjetnog štitastog moljca na rajčici ovisi o visini usjeva. Maceljski (2002.) kaže da ih treba postavljati tako da s donjim rubom dodiruju vršak biljaka i da se visina postavljanja mijenja s rastom biljke. Uporabom velikog broja vizualnih mamaca, postavljanjem na određenu visinu te oponašanjem oblika i boje cvijeta kulture, populacija štetnika u zaštićenim prostorima može se svesti ispod ekonomskog praga štetnosti. Lim i sur. (2009.) ističu kako se postavljanjem velikog broja obojenih ploča u zaštićenom prostoru populacija štetnika može smanjiti za 82 %. Prema rezultatima našeg dvogodišnjeg istraživanja iz 2004. i 2005. godine može se zaključiti da je metoda masovnog ulova postavljanjem žutih i plavih obojenih ploča u količini od jedne ploče na 4 do 5 m^2 rezultirala visokim ulovima štetnika i niskom brojnošću na biljkama, pa su tako spriječene štete. Uspjeh metode bio je istovjetan uspjehu kemijskog suzbijanja štetnika koje je dopunjeno postavljanjem obojenih ploča (Dvečko, 2011.). Grafikon 1 predstavlja rezultate vizualnog pregleda biljaka rajčice u 2004. godini u pokusnom i kontrolnom plasteniku. Tijekom razdoblja od 4. lipnja do 30. kolovoza na biljkama su uočeni štetnici iz reda Thysanoptera, od kojih je determinirana vrsta *F. occidentalis*, a ostatak su vrste roda *Thrips* spp. Brojnost populacija navedenih štetnika tijekom cijele vegetacije na biljkama rajčice bila je vrlo niska, za razliku od brojnosti populacije na ljepljivim pločama na kojima je bila vrlo visoka. Razlike u brojnosti štetnika na biljkama rajčice

između pokusnog i kontrolnog plastenika nisu bile signifikantne pa se prema tome može zaključiti da je učinkovitost suzbijanja tih štetnika ljepljivim obojenim pločama istovjetna kemijskoj metodi suzbijanja koja je dopunjena ljepljivim pločama. Grafikon 2 predstavlja rezultate vizualnog pregleda rajčice u 2005. godini u pokusnom i kontrolnom plasteniku. U razdoblju od 15. lipnja do 31. kolovoza na biljkama su, kao i 2004. godine, uočeni štetnici iz reda Thysanoptera. Njihova brojnost na biljkama rajčice također je bila vrlo niska, dok je brojnost na ljepljivim pločama bila visoka. Kao i 2004. godine, uspjeh metode obojenih mamaca bio je istovjetan uspjehu kemijskog suzbijanja štetnika koje je dopunjeno postavljanjem obojenih ljepljivih ploča.



Grafikon 1. Dinamika populacije štetnika utvrđena vizualnim pregledima biljaka rajčice u 2004. godini u različitim plastenicima (•: termin insekticidnog tretmana; P: pokusni plastenik; K: kontrolni plastenik)



Grafikon 2. Dinamika populacije štetnika utvrđena vizualnim pregledima biljaka rajčice u 2005. godini u različitim plastenicima (•: termin insekticidnog tretmana; P: pokusni plastenik; K: kontrolni plastenik)

Osim ploča postoje i ljepljive trake. Koriste se za hvatanje štetnika na mjestima u objektu gdje ih je izrazito velik broj – na lukovima, otvorima ventilacije i prozorima. Treba ih postavljati dok je usjev niži rastom, odmah nakon sadnje, ili neposredno prije sadnje. Ljepljive ploče i trake važno je mijenjati kada ljepljivo prestane biti efikasno te kada su prekrivene kukcima. Kao negativnu stranu ove metode Jelovčan (2008.) ističe činjenicu da se ona ne može koristiti zajedno s biološkim suzbijanjem jer se ispušteni prirodni neprijatelji u većem broju hvataju na žute ljepljive ploče, čime se smanjuje njihova brojnost.

ZAKLJUČAK

Zbog toksikoloških i ekotoksikoloških nedostataka kemijskih pripravaka, u budućnosti će se sve više poticati primjena nepesticidnih metoda, kako u ekološkoj, tako i u integriranoj proizvodnji povrća. Upotreba obojenih mamaca u obliku obojenih ploča može se preporučiti kao samostalan alat u svrhu smanjenja populacije štetnika, ali i kao nadopuna kemijskoj metodi suzbijanja.

COLORED BAITS IN PEST CONTROL – EXAMPLES OF GOOD PRACTICE

SUMMARY

Vegetables and ornamental plants that are grown in greenhouses host several pests which cause physiological changes by feeding on leaves, fruits, stem and flowers, reducing yield and quality of vegetables. In this case, pest control can rise to problems such as quick development of insecticide resistance, risk of exaggerated accumulation of residual substances due to frequent insecticide use and narrow choice of insecticides. All abovementioned together with increased market demand for the products manufactured according to the principles of integrated pest management questions application of chemical pesticides and seeks for non-chemical pest management solutions. Coloured sticky boards represent a tool for the monitoring of pest prevalence in order to predict attacks, determine need and optimal management period and by hanging more boards – reduction of pest population and plants damage.

Key words: greenhouse, pest, integrated pest management, sticky traps

LITERATURA

Bažok, R. (2010). Zaštita od štetnika u proizvodnji ratarskih kultura. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Bažok, R., Gotlin Čuljak, T., Grubišić, D. (2014). Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. Glasilo biljne zaštite, 5, 357-390.

Dvečko, M. (2011). Učinak vizualnih mamaca na populaciju štetnika rajčice u zaštićenom prostoru. Magistarski rad. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

FAO (2002). International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. Rome, Italy. www.fao.int.

Gotlin Čuljak, T., Ražov, J., Gomboc, S., Grubišić, D., Juran, I. (2010). Prvi nalaz lisnog minera rajčice *Tuta absoluta* Povolny, 1994. (Lepidoptera: Gelechiidae) u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite, 4, 273 – 281.

Igrc Barčić, J., Maceljski, M. (2001). Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. Zrinski, Čakovec.

Jelovčan, S. (2008). Biološko suzbijanje cvjetnog štitastog moljca *Trialeurodes vaporariorum* W. (Homoptera, Aleyrodidae) na rajčici u zaštićenu prostoru. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Kim, J. K., Park, J. J., Park, H., Cho, K. (2001). Unbiased Estimation of Greenhouse Whitefly, *Trialeurodes Vaporariorum*, Mean Density Using Yellow Sticky Trap In Cherry Tomato Greenhouses. Entomologia experimentalis et applicata, 100(2), 235-243.

Lim, U. T., Mainali, B. P. (2009). Optimum Density of Chrysanthemum Flower Model Traps to Reduce Infestation of *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae) on Greenhouse Strawberry. Crop protection, 28(12), 1098-1100.

Maceljski, M. (2002). Poljoprivredna entomologija. II dopunjeno izdanje. Zrinski, Čakovec.

Masten, T., Šimala, M., Budinšćak, Ž. (2004). Rezultati trogodišnjeg monitoringa (2001. – 2003.) duhanovog štitastog moljca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), (Homoptera: Aleyrodoidea) u Hrvatskoj. Poljoprivreda, 10(1), 43-48.

Pseno.hr (2019). Plave i žute ljepljive ploče u zaštićenu prostoru, dostupno na: <https://pseno.hr>. (pristupljeno: 12.9.2019.).

Vernon, R. S., Gillespie, D. B. (1995). Influence of Trap Shape, Size and Background Color on Captures of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in a Cucumber Greenhouse. Journal of Economic Entomology, 88(2), 283-288.

**Martina KADOIĆ BALAŠKO, Maja ČAČIJA, Zrinka DRMIĆ, Majda KOLENC,
Darija LEMIĆ Helena VIRIĆ GAŠPARIĆ, Sandra SKENDŽIĆ, Renata BAŽOK**
Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
mmrganic@agr.hr

ENTOMOPATOGENE NEMATODE U SUZBIJANJU ŠTETNIKA U RATARSTVU

SAŽETAK

Ratarske kulture u Republici Hrvatskoj zauzimaju najveću površinu, pa je i ukupna vrijednost proizvodnje najveća. Iako je poznat velik broj štetnika na ratarskim kulturama, samo njih nekoliko redovito izaziva štete i mora se suzbijati. U radu su prikazane entomopatogene nematode (EPN) koje djeluju na najvažnije štetnike u ratarstvu. Utvrđena je učinkovitost najmanje jedne vrste EPN-a na većinu najvažnijih štetnika u ratarskoj proizvodnji. Učinkovitost nekih vrsta potvrđena je samo u laboratorijskim uvjetima. Na hrvatskom tržištu ima sedam nematoinsekticida, no uglavnom se preporučaju za suzbijanje štetnika u proizvodnji povrća. Istraživanja provedena u Hrvatskoj pokazala su da je vrsta *Heterorhabditis bacteriophora* učinkovita u suzbijanju ličinaka repine pipe te može pridonijeti smanjenju populacije slijedeće godine, i da vrste *S. carpocapsae* i *S. feltiae* učinkovito suzbijaju odrasle krumpirove zlatice u proljeće prije njihova izlaska iz tla. Zbog prednosti nematoinsekticida u odnosu na kemijske insekticide, sve češćih ograničenja i zabrana kemijskih insekticida te sve izraženijeg problema rezistentnosti, EPN ima velik potencijal za korištenje u biološkom suzbijanju ratarskih štetnika u budućnosti.

Ključne riječi: biološko suzbijanje, entomopatogene nematode, krumpirova zlatica, nematoinsekticidi, repina pipa štetnici u ratarstvu,

UVOD

Nematode, osim što su nametnici biljaka, čovjeka i životinja, mogu biti patogene i za kukce, te su poznate pod nazivom entomopatogene nematode (EPN). Oštrec (2001.) navodi da najznačajniji EPN-i pripadaju porodicama Steinernematidae, Heterorhabditidae i Mermithidae. Brojnim su istraživanjima dokazane prednosti korištenja EPN-a u odnosu na kemijske pripravke: djeluju brzo i učinkovito dulje vremensko razdoblje, imaju široku listu domaćina, jednostavno se uzgajaju i primjenjuju, nisu štetne za druge žive organizme i za okoliš, nema opasnosti od rezidua, nije potrebno čekati od primjene do sjetve ili sadnje i prilikom aplikacije nije potrebna zaštitna oprema (Oštrec, 2001.). Kao glavni nedostatak najčešće se navodi viša cijena tih pripravaka (Bažok i sur., 2014.).

Premda ratarske kulture napadaju mnogi štetnici, samo se nekoliko njih redovito mora suzbijati. Njihova pojava, kao i visina šteta koje uzrokuju, ovisi o vremenским uvjetima. Ekonomski isplativost ratarske proizvodnja uglavnom je niža u odnosu na druge kulture (primjerice povrće i voće). Zato se za zaštitu od štetnika uglavnom biraju jeftiniji insekticidi. To su najčešće „stariji“ sintetički insekticidi iz grupe organofosfornih insekticida, karbamata, piretroida i neonikotinoida. Zbog novih i strožih propisa u vezi s primjenom pesticida, te su djelatne tvari proizvođačima sve manje dostupne. Zato je nužno iznaći nove učinkovite metode suzbijanja, među koje se ubraja i primjena EPN-a.

Cilj je rada prikazati sve mogućnosti primjene EPN-a u suzbijanju štetnika u ratarskoj proizvodnji, te primjerima istraživanja ilustrirati učinkovitost, vrijeme i način primjene te potencijalne nedostatke korištenja EPN-a.

ŠTETNICI RATARSKIH KULTURA I MOGUĆNOST SUZBIJANJA ENTOMOPATOGENIM NEMATODAMA

Prikaz ekonomski važnih štetnika ratarskih kultura koji se učestalo suzbijuju vidljiv je u tablici 1. U istoj tablici prikazani su podaci o učinkovitim EPN-ima koji se koriste ili bi se mogli koristiti za suzbijanje štetnika.

Tablica 1. Učinkoviti EPN-i za suzbijanje ekonomski važnih štetnika u ratarstvu

KULTURA	ŠTETNIK hrvatski/latinski naziv	UČINKOVITA ENTOMOPATOGENA NEMATODA	IZVOR
polifagni štetnici podzemnih organa	žičnjaci/ <i>Agriotes spp.</i>	<i>Heterorhabditis bacteriophora,</i> <i>Steinernema carpocapse</i>	Morton i Garcia del Pino, 2017.
	ličinke hrušta/ <i>Melolontha melolontha</i>	<i>H. downesi</i>	Lakatos i Toth, 2006.
	sovice pozemljuše/ (<i>Agrotis ypsilon</i> , <i>A. segetum</i> i <i>E. temera</i>)	<i>H. megidis</i> , <i>H. bacteriophora</i> , <i>H. indica</i> , <i>S. carpocapsae</i> <i>S. riobrave</i> , <i>S. glaseri</i>	Ebbsa i Koppenhofer, 2012.; Goudrazi i sur., 2015.; Radhakrishnan i sur., 2017.
polifagni štetnici nadzemnih organa	lisne uši- <i>Aphidina</i>	<i>S. feltiae</i>	Mikaia, 2017.
	lisne sovice (<i>Autographa gamma</i> , <i>Mamestra brassicae</i> , <i>M. oleracea</i>)	<i>S. carpocapsae</i>	Zhilyaeva i sur., 1973.
kukuruz	kukuruzna zlatica/ <i>Diabrotica virgifera</i> <i>virgifera</i>	<i>H. bacteriophora</i> , <i>H. megidis</i> , <i>S. feltiae</i> , <i>S. carpocapsae</i> , <i>S. glaseri</i>	Journey i Ostlie, 2000.; Riga i sur., 2001.; Toepfer i sur., 2008.;

			Hipold i sur., 2010.
	kukuruzni moljac/ <i>Pyrausta nubilalis</i>	<i>H. bacteriophora</i> , <i>S. feltiae</i> , <i>S. glaseri</i>	Ben-Yakir i sur., 1998.; Riga i sur., 2001.
strne žitarice	žitni balci/ <i>Oulema melanopus</i> , <i>O. lichenis</i>	<i>S. carpocapsae</i>	Laznik i sur., 2012.
šećerna repa	repina pipa/ <i>Bothynoderes punctiventris</i>	<i>H. bacteriophora</i> , <i>S. carpocapsae</i> , <i>S. feltiae</i> , <i>S. weiseri</i>	Bosseli i sur., 1997.; Hassan, 2008.; Susurluk i sur., 2010.; Drmić i sur., 2017.
	repin buhač/ <i>Chaetocnema tibialis</i>	nema podataka za ovu vrstu iako za druge vrste buhača ima podataka	
uljana repica	repičina osa listarica/ <i>Athalia rosae</i>	<i>S. caropcapsae</i>	Saringer i sur., 1996.
	repičin sjajnik/ <i>Brassicogethes aeneus</i>	<i>S. caropcapsae</i>	Hokkanen, 2008.
	proljetne repine pipe/ <i>Ceutorhynchus napi</i> , <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i>	<i>S. caropcapsae</i>	Hokkanen, 2008.
lucerna	lucernina zlatica/ <i>Gonioctena fornicata</i>	nema podataka	
	lucernina lisna pipa/ <i>Hypera postica</i>	<i>H. indica</i> , <i>S. carpocapsae</i> <i>S. thermophilum</i>	Shah i sur., 2011.
crvena djtelina	dvadesetčetritočkasta božja ovčica/ <i>Subcoccinella vigintiquatuorpunctata</i>	nema podataka	
krumpir	krumpirova zlatica/ <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	<i>S. feltiae</i> , <i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i> , <i>H. megidis</i>	Welch, 1958., Trdan i sur., 2009.

Iz tablice je vidljivo da na većinu štetnika u ratarstvu djeluje barem jedna vrsta EPN-a. Nema podataka za repina buhača, lucerninu zlaticu i dvadesetčetiri točkastu božju ovčicu. Učinak EPN-a prikazanih u tablici 1 na različite razvojne stadije ekonomski važnih štetnika u ratarstvu nije uvijek istražen u polju. Neki od literturnih navoda izvještavaju samo o rezultatima laboratorijskih pokusa. Istraživanja koja su citirana kao izvor podataka navode i različite načine primjene EPN-a. Za njihovu uspješnu primjenu neobično je važno razviti metode aplikacije koje možemo izvesti standardnom opremom za primjenu pesticida i koje daju zadovoljavajuće rezultate na određeni razvojni

stadij kukca. Većina EPN-a djeluje na ličinke, a kod kornjaša učinkoviti su uglavnom i na odrasle. Suzbijanje je najčešće usmjereni na razvojni stadij štetnika koji se odvija u tlu. Tako je zbog činjenice što su nematode osjetljive na nedostatak vlage, a bilo koji oblik folijarne primjene podrazumijeva sušenje škropiva na listu. Stoga se EPN-i rjeđe koriste prskanjem nadzemne mase biljaka.

PRIPRAVCI NA OSNOVI ENTOMOPATOGENIH NEMATODA NA TRŽIŠTU U REPUBLICI HRVATSKOJ

U Hrvatskoj je dostupno sedam pripravaka na bazi entomopatogenih nematoda njemačkog proizvođača „E-nema“ (tablica 2). Postoje pripravci na bazi tri vrste nematoda: *Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae* i *Heterorhabditis bacteriophora*. Dvije su tvrtke distributeri entomopatogenih nematoda proizvođača „E-nema“. To su Pro-eco d. o. o. i BioGeist d. o. o. U pojedinu pripravku može biti 5 do 500 milijuna nematoda. Pripravci se biraju na osnovi veličine površine na kojoj se primjenjuju. Za površinu od 10 m² potrebno je 5 milijuna nematoda, a za površine veličine 1000 m² treba 500 milijuna nematoda (Pro-eco, 2019.).

Tablica 2. Nematoinsekticidi dostupni u Republici Hrvatskoj u 2019. godini (Pro-eco, 2019.)

TRGOVAČKI NAZIV	ENTOMOPATOGENA NEMATODA	KUKCI DOMAĆINI
Nemacel®	<i>Steinernema feltiae</i>	<i>Bradysia</i> spp., <i>Lycoriella</i> spp.
Nemaflor®	<i>Steinernema feltiae</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i>
Nemagreen®	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	<i>Popillia japonica</i> , <i>Melolontha melolontha</i> L.
Nemaplus®	<i>Steinernema feltiae</i>	<i>Bradysia</i> spp., <i>Lycoriella</i> spp.
Nemapom®	<i>Steinernema feltiae</i>	<i>Synanthedon myopaeformis</i> , <i>Cydia pomonella</i>
Nemastar®	<i>Steinernema carpocapsae</i>	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> , <i>Agrotis segetum</i> , <i>Agrotis ipsilon</i> , <i>Euxoa temera</i> , <i>Tipula paludosa</i>
Nematop®	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	<i>Otiorhynchus</i> spp.

ISKUSTVA SUZBIJANJA ŠTETNIKA U RATARSTVU ENTOMOPATOGENIM NEMATODAMA

U sklopu tri znanstvena projekta koja je provodio Zavod za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Jačanje suradnje između znanosti, industrije i poljoprivrednih proizvođača: transfer tehnologije za integriranu zaštitu šećerne repe s ciljem povećanja prihoda poljoprivrednih

proizvođača i smanjenja uporabe pesticida (2007/HR/16IPO/001-040511) financiranoga iz Fonda za ulaganje u znanost i inovacije (2007/HR/16IPO/001-040511) kroz *Regional competitiveness operational programme 2007-2013; CCI2007HR161PO003*, projekta Hrvatske zaklade za znanost (09/23): „Unaprjeđenja u tehnologiji proizvodnje šećerne repe sukladno načelima integrirane zaštite od štetnika“; „Unaprjeđenja u tehnologiji proizvodnje šećerne repe sukladno načelima integrirane zaštite od štetnika“ i projekta Hrvatske zaklade za znanost „Monitoring rezistentnosti štetnika: nove metode detekcije i učinkovite strategije upravljanja rezistentnošću MONPERES“ (IP-2016-06-7458)) provedena su istraživanja mogućnosti suzbijanja repine pipe i krumpirove zlatice.

U dvogodišnjim (2014. i 2015.) pokusima utvrđivanja učinkovitosti entomopatogenih nematoda na ličinke repine pipe korišten je pripravak Nematop. Pripravak Nematop sadržava entomopatogenu nematodu *Heterorhabditis bacteriophora*, a namijenjen je suzbijanju pipinih ličinaka. U pokusima su korištene tri doze pripravka Nematop (3, 5 i 7 milijuna nematoda/ 10 m^2) i netretirana kontrola. Poljski pokusi postavljeni su u Tovarniku. Zbog činjenice da pipa za odlaganje jaja bira uzvisine, odabrana je parcela na kojoj ima dovoljno uzvisina. Rok tretiranja određen je na temelju opažanja repine pipe, koja su se provodila u polju svakoga tjedna. Deset dana nakon što je utvrđen početak kopulacije repine pipe određen je datum tretiranja, te je tretiranje provedeno 10. svibnja 2014. i 1. lipnja 2015. Svaka varijanta primijenjena je na 270 m^2 pokušne parcele na koju je bilo zasijano prosječno 3375 biljaka šećerne repe 2014. i prosječno 3000 biljaka šećerne repe 2015. godine. Tretiranje je provedeno vučenom prskalicom Amazone UG 3000 Special, radnog zahvata 18 m (36 redova šećerne repe). Na kontrolnu varijantu aplicirana je čista voda, a na varijante s pripravkom Nematop aplicirano je po 100 l vode u koju je dodana određena količina pripravka. Nakon aplikacije cijela je pokušna parcela još jednom poprskana čistom vodom u količini od 400 l vode/ 1080 m^2 .

Istraživanje učinkovitosti EPN-a na prezimljene krumpirove zlatice provedeno je na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na polju na kojem je prethodne godine uzgajan krumpir. U pokusu su korištена dva pripravka: Nemoplus, koji sadržava vrstu *Steinernema feltiae*, i Nemastar koji sadržava vrstu *Steinernema carpocapsae*. Istraživanje je obuhvačalo ukupno sedam varijanta. Oba pripravka primijenjena su u tri različite doze: 7,5 milijuna/ 10 m^2 , 5,0 milijuna/ 10 m^2 i 2,5 milijuna/ 10 m^2 . Varijanta 7 bila je kontrola u kojoj je korištena samo čista voda. Svaka varijanta primijenjena je na površinu veličine 2 m^2 u tri ponavljanja po slučajnom bloknom rasporedu. Nematode su primijenjene 4. travnja 2018. zalijevanjem tla. Nakon tretiranja tlo je zaliveno s dodatnom 1 l vode/ m^2 . Sa svrhom praćenja broja zlatica koje su

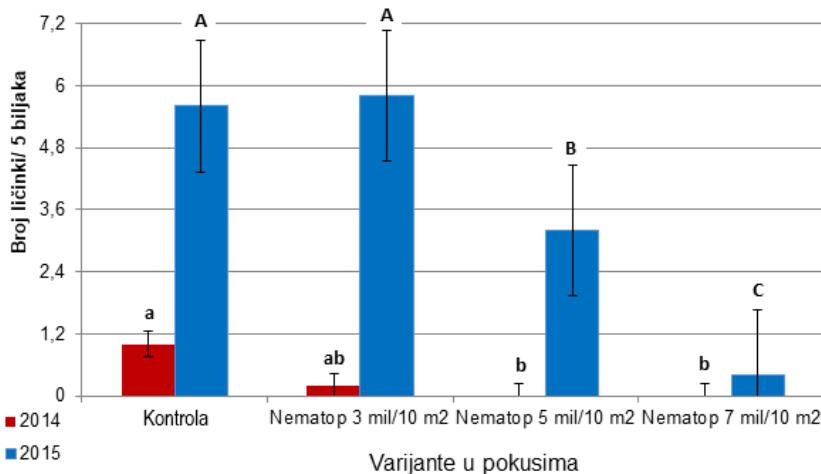
uspješno prezimile, na svaku je parcelu postavljen entomološki kavez (slika 1) u koji su prikupljane krumpirove zlatice.



Slika 1. Postavljeni entomološki kavezi

Snimila: M. Kolenc

Zaraza ličinkama repine pipe u 2014. bila je značajno niža nego u 2015. godini. U uvjetima niske zaraze pripravak Nematop u dozama od 5 i 7 milijuna/10 m² statistički je opravdano smanjio broj ličinaka. i u uvjetima više zaraze, u 2015. godini, zabilježeno je smanjenje broja ličinaka, no učinkovitost srednje doze bila je tek negdje oko 50 %, a najveće je smanjenje zabilježeno kod primjene 7 milijuna/10 m² (slika 2).

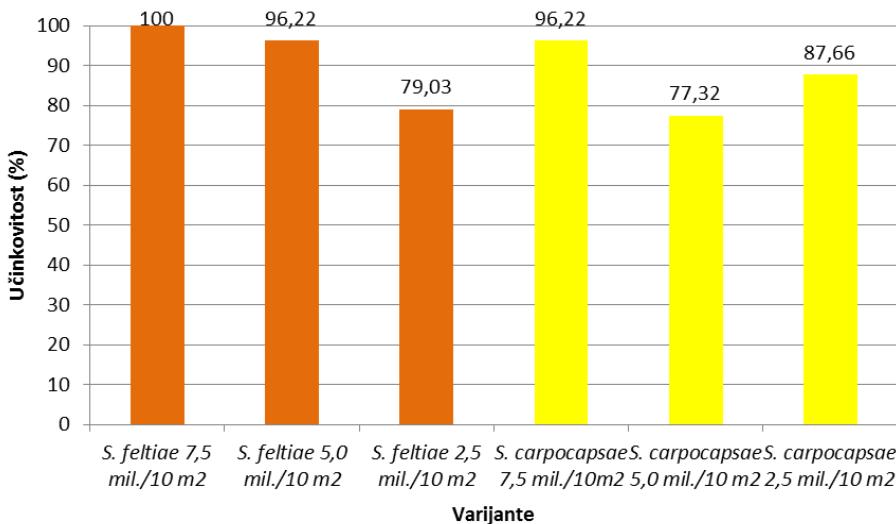


Slika 2. Broj ličinaka repine pipe nakon primjene entomopatogene nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar u dvogodišnjem poljskom pokusu

Primjena EPN-a za suzbijanje repine pipe usmjerena je na suzbijanje ličinaka koje zapravo rijetko čine štetu na korijenu (Maceljski, 2002.). Stoga se ovaj način suzbijanja mora koristiti u organiziranim naporima smanjenja populacije štetnika na nekom većem području. Bažok i sur. (2019.) predlažu primjenu entomopatogenih nematoda kao nadopunu metodi masovnog ulova. To je

mjera koja je usmjerena na potiskivanje populacije odraslih i provodi se na starim repištimi. Za uspješno suzbijanje repine pipe, zbog nedostatka insekticida i slabog djelovanja postojećih, jedino je rješenje provedba dobro razrađene strategije u kojoj bi se s više različitih mjera pristupilo potiskivanju populacije toga štetnika na širem području.

Učinkovitost EPN vrsta *S. feltiae* i *S. carpocapsae* na prezimljene odrasle jedinke krumpirove zlatice utvrđena u poljskom pokusu prikazana je slikom 3.



Slika 3. Učinkovitost nematoda na krumpirovu zlaticu u poljskom pokusu (Maksimir, 2018.)

U cijelom su pokusu obje vrste primjenjenih EPN-a pokazale dobru učinkovitost na odrasle krumpirove zlatice, a između vrsta i različitih doza nisu utvrđene značajne razlike (slika 3).

Iz provedena istraživanja može se zaključiti da su nematode vrsta *Steinernema feltiae* i *Steinernema carpocapsae* učinkovite u suzbijanju prezimljenih krumpirovih zlatica, što se može smatrati vrijednom nadopunom brojnim drugim istraživanjima koja su provedena većinom na stadijima ličinke. Suzbijanje prezimljenih odraslih zlatica važno je jer se smanjivanjem njihove populacije smanjuje brojnost sljedećih generacija, odnosno sprječava se proširenje novih generacija na okolna područja uzgoja krumpira. Istraživane entomopatogene nematode kao biološki insekticidi mogле bi se koristiti kao praktična i ekološki prihvatljiva alternativa klasičnom kemijskom suzbijanju ovog važnog štetnika. Budući da je to istraživanje provedeno samo u jednom dijelu sezone, odnosno u jednom dijelu životnog ciklusa krumpirove zlatice, valjalo bi istražiti učinak ovih nematoda na ličinke, kukuljice i odrasle jedinke ostalih generacija koje se javljaju tijekom vegetacije krumpira te pratiti njihovu

brojnost nakon što se nematode primijene na prezimljene odrasle zlatice. Također, trebalo bi istražiti i učinak ponavljanja tretmana tijekom sezone ili pak kombinacije EPN-a s nekim drugim biološkim ili kemijskim pripravcima.

BUDUĆNOST PRIMJENE NEMATOINSEKTICIDA U RATARSTVU

Lacey i Georgis (2012.) navode neke razloge manje uporabe nematoinsekticida u poljoprivredi:

1. Osjetljivost nematoda u nepovoljnim okolišnim uvjetima za vrijeme primjene (samo optimalna vlaga i temperatura osiguravaju zadovoljavajuću infektivnost i preživljavanje, osjetljive su na UV zračenje, neke pesticide, kemijska svojstva tla, salinitet i kiselost)
2. Ograničen vijek trajanja proizvoda, insektонematoцида и nužnost posebnih uvjeta skladištenja
3. Visoka cijena proizvoda.

Tim razlozima svakako treba dodati još neke, ne manje važne:

4. Iako postižu zadovoljavajuću učinkovitost, insektонематоциди су uglavnom manje učinkoviti od klasičnih kemijskih insekticida.
5. Primjena EPN-a zahtijeva educirana poljoprivrednika koji jako dobro poznaje životni ciklus štetnika jer je za postizanje dobre učinkovitosti ključno insektонематоцид primijeniti u optimalno vrijeme (usklađeno s razvojem štetnika).

Svi navedeni nedostatci posebno su istaknuti u ratarskoj proizvodnji koja se odvija na otvorenom gdje se uglavnom ne može upravljati uvjetima uzgoja (osim ako postoji mogućnost navodnjavanja). Ratarska proizvodnja ne podnosi visoke troškove, pa će korištenje EPN-a biti moguće samo u ekološkoj proizvodnji ili u organiziranim akcijama kojima se smanjuje populacija štetnika na nekom području te se ekonomičnost računa na duži rok i za veći broj proizvođača.

S obzirom na to da su zbog sve većih ograničenja i zabrana primjene kemijskih insekticida štetnici u ratarskoj proizvodnji sve veći problem, a poznati su EPN-i koji suzbijaju većinu najvažnijih štetnika u ratarstvu, diljem svijeta provode se brojna znanstvena istraživanja EPN-a. Ona su usmjerena prema iznalaženju novih ekološki prihvatljivih načina suzbijanja štetnika, uključujući EPN, kao i njegovu kombinaciju s drugim raspoloživim mogućnostima. Zato se može očekivati da će u budućnosti znanstvenici raspolažati inovativnim rješenjima koja će se moći primijeniti u praksi.

THE CONTROL OF INSECT PESTS IN ARABLE CROPS WITH ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES

SUMMARY

Field crops in the Republic of Croatia occupy the largest area, so the total value of production is the largest. Although a large number of crop pests are known, only a few regularly cause damage and must be controlled. The paper presents the entomopathogenic nematodes (EPNs) that act on the most important pests in crop production. The effectiveness of at least one species of EPN on majority of the most important pests in crop production has been established. The efficacy of some species has only been validated under laboratory conditions. There are seven nematoinsecticides on the market of the Republic of Croatia, but they are mainly recommended for the control of pests in the production of vegetables. Research conducted in Croatia has shown that EPN *Heterorhabditis bacteriophora* is effective in controlling sugar beet weevil larvae and may reduce the population for the next year, and that *Steinernema carpocapsae* and *S. feltiae* effectively suppress adults of Colorado potato beetle in the spring before they emerge from the soil. Due to the advantages of nematoinsecticides over chemical insecticides, the increasing restrictions and bans on chemical insecticides, and the growing problem of resistance, EPNs have great potential for use in the biological control of crop pests in the future.

Keywords: biological control, entomopathogenic nematodes, field crop pests, Colorado potato beetle, sugar beet weevil

LITERATURA

- Bažok, R., Gotlin Čuljak, T., Grubišić, D. (2014).** Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. Glasilo biljne zaštite, 14(5), 357-390.
- Bažok, R., Drmić, Z., Gašparić, H.V., Mrganić, M., Lemić, D., Čačija, M. (2019).** Suzbijanje štetnika na velikim površinama (Area-wide pest management), 63. seminar biljne zaštite, 61 – 62.
- Ben-Yakir, D., Efron, D., Chen, M., Glazer, I. (1998).** Evaluation of Entomopathogenic Nematodes for Biocontrol of the European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis*, on Sweet Corn in Israel. *Phytoparasitica*, 26(2), 101-108
- Bosseli, M., Curto, R.M., Taconi, R. (1997).** Field Efficacy of Entomopathogenic Nematodes against the Sugar-beet Weevil *Temnorhinus (=Conorrhynchus) mendicus* Gyll. (Coleoptera:Curculionidae). *Biocontrol Science and Technology*, 7(2), 231-238
- Drmić, Z., Virić Gašparić, H., Čačija, M., Lemić, D., Grubišić, D., Bažok, R. (2017).** Primjena entomopatogene nematode (*H. bacteriophora* Poinar 1976) u suzbijanju repine pipe - nadopuna metodi masovnog ulova. *Glasilo biljne zaštite*, 17(1), 52-52.
- Ebssa, L., Kopennhoffer, A.M. (2012).** Entomopathogenic nematodes for the management of *Agrotis ipsilon*: effect of instar, nematode species and nematode production method. *Pest Man. Sci.*, 68(6), 947-57.

Goudarzi, M., Moosavi, M.R., Asadi, R. (2015). Effects of entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) and *Steinernema carpocapsae* (Weiser), in biological control of *Agrotis segetum*(Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Noctuidae). *Türk. entomol. derg.*, 39(3), 239-250.

Hassan, A. T. (2010). Nematodes as Biocontrol agents, Sustainable Agricultural reviews, 3, 347-378.

Hokkanen, H.M.T. (2008). Biological control methods of pest insects in oilseed rape. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 38(1), 104-109.

Journey, A.M., Oslie, K.R. (2000). Biological Control of the Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Using the Entomopathogenic Nematode *Steinernema carpocapsae*. *Environmental Entomology*, 29(4), 822-831.

Lacey, L.A., Georgis, R. (2012). Entomopathogenic Nematodes for Control of Insect Pests Above and Below Ground with Comments on Commercial Production. *Journal of Nematology*, 44(2), 218-225.

Lakatos, T., Toth, T. (2006). Biological control of european cockchafer larvae (*Melolontha melolontha* L.)— preliminary results. *J. Fruit Ornam. Plant. Res.*, 14 (3), 73-78.

Laznik, Ž., Vucajnk, M., Vidrich, F., Trdan, S. (2012). Is foliar application of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) an effective alternative to thiametoxam in controlling cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* L.) on winter wheat? *Journal of Food Agriculture and Environment*, 10(2), 716-719.

Maceljski, M. (2002). Poljoprivredna entomologija, II. dopunjeno izdanje. Zrinski d.d., Čakovec.

Mikaia, N. (2017). Efficacy of Entomopathogenic Nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora* against theMelon Aphid (*Aphis gossypii* Glow., Hemiptera, Aphididae). *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 11(1), 96-101.

Morton, A., Garcia del Pino, F. (2017). Laboratory and field evaluation of entomopathogenic nematodes for control of *Agriotes obscurus*(L.)(Coleoptera: Elateridae). *Journal of Applied Entomology*, 141, 241–246.

Oštrec, LJ. (2001). Biološko suzbijanje štetnih insekata entomopatogenim nematodama. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66(3), 179-185.

Pro-eco (2019). Pro-eco: Entomopatogene nematode. Dostupno na: <http://www.proeco.hr/kategorija-proizvoda/entomopatogene-nematode/>. Pristupljeno: 20.8.2019.

Radhakrishnan, S., Shanmugam, S., Ramasamy, R. (2017). Bio control Efficacy of Entomopathogenic Nematodes against Black Cutworms, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Noctuidae: Lepidoptera) in Potato. *Chemical Science Review and Letters*, 6(21), 219-224.

Riga, E., Whistelcraft, J., Potter, J. (2001). Potential of controlling insect pests of corn using entomopathogenic nematodes. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(4), 783-787.

Saringer, G., Fodor, A., Nadasy, M., Lucskai, A., Georgis, R. (1996). Possibilities of biological control using entomopathogenic nematodes against *Leptinotarsa decemlineata* L. and *Athalia rosae* L. larvae. *Meded. Fac. Landbouwkd. Toegep. Biol. Wet. Univ. Gent*, 61, 961 – 966.

Shah, N. K., Azmi, M. I., Tyagi, P. K. (2011). Pathogenicity of Rhabditid nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) to the grubs of alfalfa weevil, *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae). Range Management and Agroforestry, 32(1), 64-67.

Susurluk, A. (2008). Potential of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae*, *S. weiseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* for the biological control of the sugar beet weevil *Bothynoderes punctiventris* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of pest science, 81(4), 221-225.

Toepfer, S., Peters, A., Ehlers, R.U., Kuhlmann, U. (2008). Comparative assessment of the efficacy of entomopathogenic nematode species at reducing western corn rootworm larvae and root damage in maize. Journal of Applied Entomology, 132, 337-348.

Trdan, S., Vidrih, M., Andjus, L., Laznik, Ž. (2009). Activity of four entomopathogenic nematode species against different developmental stages of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera, Chrysomelidae). Helmintologia, 46(1), 14-20.

Welch, H. E. (1958). Test of a nematode and its associated bacterium for control of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Annual Report Entomological Society of Ontario, 88, 53-54.

Zhilyaeva, I. N., Ezhev, G. I., Kondratov, E. S. (1973). Raising the entomopathogenic nematode *Neoplectana carpopcapsaeagriotos* (Veremchuk, 1972) in larvae of the cabbage moth (*Barathra brassicae*). Materialy Naushnoi Konferentsii Vsesoyuznogo Obshchestva Gelminologov, 25, 97-102.

Maja ČAČIJA, Martina KADOIĆ BALAŠKO, Darija LEMIĆ, Helena VIRIĆ

GAŠPARIĆ, Sandra SKENDŽIĆ, Renata BAŽOK

*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
mcacija@agr.hr*

PRIMJENA RNAi TEHNOLOGIJE U ZAŠТИTI BILJA

SAŽETAK

Unatoč učestaloj primjeni insekticida, oko 18 % do 20 % ukupne svjetske proizvodnje poljoprivrednih proizvoda gubi se zbog šteta koje čine štetni kukci. Smatra se da je glavni uzrok tome rezistentnost kukaca na najčešće primjenjivane insekticide, zbog čega je presudno važan pronalazak novih rješenja u suzbijanju štetnih organizama. Zanimljivu perspektivu predstavlja RNA interferencija (RNAi), tehnologija koja se temelji na utišavanju gena, a primjenjuje se u brojnim znanstvenim područjima. Primjenjiva je i u suzbijanju štetnika jer utišavanje određenih gena dovodi do zastoja u rastu i razvoju kukca, potom i uginuća. Najvažnija je prednost RNAi tehnologije što djeluje na točno određenu vrstu štetnika, jer cilja specifičan gen, a mijenjajući ciljane gene moguće je potpuno izbjegći pojavu rezistentnosti. Do sada se RNAi pokazao uspješnim u suzbijanju štetnika određenih redova, no postoje još brojni izazovi koje treba svladati kako bi to postala učinkovita i ekonomski isplativa mjera zaštite. Uspjeh primjene ovisi o brojnim čimbenicima, a najvažniji su izbor ciljanog gena i način primjene u praksi. Na temelju dosadašnjih istraživanja, RNAi pokazuje velik potencijal u suzbijanju štetnika, a bolje razumijevanje mehanizama koji utječu na učinkovitost omogućit će razvoj ove tehnologije koja će, smatra se, u budućnosti postati dio integrirane zaštite bilja.

Ključne riječi: integrirana zaštita bilja, RNA interferencija, štetnici, utišavanje gena

UVOD

U poljoprivredi štetni kukci uzrokuju velike ekonomске gubitke, a upotreba različitih mjerza zaštite dodatno povećava troškove proizvodnje. Tradicionalno korištene agrotehničke, mehaničke i biološke mjerze lako su dostupne, praktične za uporabu, ne djeluju štetno na okoliš i kompatibilne su s drugim mjerama. Međutim, uglavnom djeluju sporo, zahtijevaju kvalificirano osoblje i mogu se primijeniti na manjem području u određenu trenutku. Kemijске mjerze djeluju brže i učinkovitije na štetnike, te se godinama koriste kao najvažnije mjerze zaštite. Glavni su nedostatci uporabe kemijskih pesticida relativno visok trošak proizvodnje, negativan učinak na okoliš, korisne organizme i čovjeka

zbog perzistentnosti i akumulacije u okolišu, te pojava rezistentnosti štetnika zbog široke i dugotrajne primjene (Ansari i sur., 2014.). Zbog rezistentnosti štetnika na pojedine insekticide, poljoprivredni proizvođači ne uspijevaju učinkovito zaštititi poljoprivredne kulture te trpe gubitke, ili moraju primjenjivati skuplje insekticide, čime se umanjuje rentabilnost proizvodnje (Bažok i Lemić, 2017.). Novije mjere zaštite, u kojima se koriste genetički modificirani (GMO) usjevi koji proizvode toksine bakterije *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*), imaju brojne prednosti u usporedbi s agrotehničkim, mehaničkim, biološkim i kemijskim mjerama. GMO usjevi kontinuirano proizvode insekticidne tvari koje su visoko specifične u suzbijanju štetnika, pa su zbog postizanja većih priloga poljoprivrednicima isplativi. Međutim, sve se više javlja rezistentnost štetnika i na GMO biljke, pa ni ta mjera zaštite više nije dovoljno učinkovita. S obzirom na to da se mogućnosti uspješne zaštite bilja s vremenom smanjuju, važno je razvijati nove pristupe u suzbijanju štetnika. Jedno od mogućih novijih rješenja svakako je utišavanje gena RNA interferencijom (RNAi).

MEHANIZAM DJELOVANJA

U normalnom procesu u stanicama gen proizvodi glasničku RNA (mRNA) koja se potom prepisuje u protein. Mechanizam djelovanja RNAi-a temelji se na utišavanju gena, zbog čega ne dolazi do stvaranja proteina. Utišavanje gena postiže se unosom kratke dvolančane RNA (dsRNA) u stanice kukca. Nakon ulaska u stanicu, dsRNA veže se na komplementarnu mRNA koju proizvodi gen i razgrađuje ju. Uništenjem mRNA-a više ne dolazi do stvaranja proteina. Budući da dsRNA ometa ili interferira mRNA, proces je nazvan RNA interferencija. Radi se o visokoočuvanu prirodnog procesu kod eukariota, jer se njime reguliraju geni, a služi i kao poseban oblik obrambenog mehanizma protiv virusa i transpozona (Cooper i sur., 2018.). Zbog specifična mehanizma djelovanja kojim se utišava gen, RNAi najviše se koristi u temeljnim istraživanjima funkcije i regulacije gena raznih organizama. Budući da je RNAi prisutan kod kukaca, utišavanje gena uključenih u razne fiziološke procese negativno utječe na rast i razvoj kukaca, što dovodi do smanjenja vitalnosti ili do uginuća kukca. Upravo to svojstvo može se iskoristiti u suzbijanju štetnika (Agrawal i sur., 2003.).

NAČINI UNOSA

Osim odabira ključnoga gena koji se želi utišati, vrlo je važan i način unosa dsRNA-a u stanice kukca. Pokazalo se da RNAi ima različitu učinkovitost s obzirom na način unosa, odnosno jedan način može biti učinkovit za određenu vrstu štetnika, a za neku drugu vrstu nije učinkovit. To je iznimno važno sa stajališta primjene RNAi-a u poljoprivrednoj praksi. Unos dsRNA-a u stanicu

može se provesti mikroinjektiranjem, inkubacijom, oralnom primjenom, tretiranjem biljaka, ishranom na GMO biljkama koje stvaraju dsRNA, razvojem transgenih kukaca i drugim metodama (Yang i sur., 2011.).

Mikroinjektiranjem se dsRNA unosi iglicom izravno u tkivo kukca, i to je jedan od najučinkovitijih načina unosa i utišavanja gena. Međutim, mikroinjektiranje pojedinih jednakih kukaca u svrhu suzbijanja nije izvedivo u poljoprivrednoj praksi, a i oštećeće tijelo kukca. Metoda ima važnost uglavnom u istraživanjima funkcije gena zbog svoje učinkovitosti. **Inkubacija** se izvodi natapanjem tkiva ili stanica u otopini koja sadržava dsRNA. Prikladna je za određene stanice i tkiva te određene stadije kukaca, pa se koristi u temeljnim istraživanjima i nije primjenjiva u praksi.

U usporedbi s prethodne dvije metode, unos dsRNA-a **oralnim putem** (hranom) jednostavan je i lakše primjenjiv na sitnim kukcima ili mlađim razvojnim stadijima. Pokazao se uspješnim u utišavanju gena kod raznih vrsta iz redova Hemiptera, Coleoptera i Lepidoptera. Molekule RNA-a mogu se proizvesti *in vitro*, u kvascu ili u bakterijama te primijeniti miješanjem s hranom ili otopinom. U novije vrijeme istražuje se i „pakiranje“ dsRNA-a u liposome ili nanočestice koje molekulama RNA-a daju veću stabilnost, te se također miješaju s hranom. Međutim, kod nekih se vrsta (*Spodoptera littoralis*), utišavanje gena ne događa kada se dsRNA unese oralno, a mikroinjektiranjem istoga dsRNA-a u stanice postiže se uspjeh (Rajagopal i sur., 2002.). Kod nekih je kukaca (*Glossina morsitans*) oralna primjena učinkovita na gene koji se nalaze u probavilu, ali geni u masnim stanicama nisu utišani zbog nedostatka prijenosa RNA molekula između tkiva (Walshe i sur., 2009.). Ovi primjeri ukazuju na to da nisu svi kukci jednakо osjetljivi na oralnu primjenu dsRNA-a. Uspjeh RNAl-a ovisi i o koncentraciji dsRNA-a unesena hranom, no ne zna se točno koja količina molekula uđe u stanice. Unos ishranom moguće je i putem **GMO biljaka** koje imaju ugrađen gen za stvaranje specifična dsRNA-a. Prednost je takvih modificiranih biljaka što kontinuirano proizvode stabilan dsRNA materijal kojim djeluju na sve štetnike koji se njima hrane. Ovaj način unosa praktičan je za uporabu u praksi.

Osim u biljke, geni koji proizvode dsRNA mogu se unijeti i u kukce (**transgeni kukci**); nastaju sterilne jedinke koje bi se mogle koristiti u SIT tehnici. RNAi može se potaknuti i unosom dsRNA-a putem virusa. Taj se način tek istražuje, no prednost mu je u tome što se virus brzo širi i uzrokuje RNA interferenciju unutar cijele populacije.

Najpraktičniji je i u praksi primjenjiv način unosa dsRNA-a **folijarno tretiranje** biljaka. Isprva se smatralo da će se molekule RNA-a razgraditi na površini biljke, no uspješno provedena suzbijanja potvrdila su da je folijarna primjena moguća. U istraživanju na krumpirovoj zlatici pokazalo se da je dsRNA nakon sušenja bio stabilan, pa je postignuta učinkovita zaštita tijekom 28 dana od primjene (Miguel i Scott, 2016.). Slični rezultati dobiveni su i prilikom suzbijanja

patogenih gljiva i virusa. Izravnim tretiranjem gusjenica vrste *Ostrinia furnalis* postignuta je učinkovitost od 40 % do 100 %. Zbog čvrstog egzoskeleta kukaca, smatra se da dsRNA primijenjen folijarno zapravo ulazi u kukca ishranom ili dišnim putem, a neki smatraju da može proći i kroz kožu. Za razliku od tretiranja biljaka koje zahtijeva veći utrošak RNAi insekticida, postoje ideje i o uporabi kombinacije otopine dsRNA-a s atraktantom, koji bi se mogli postavljati u obliku dispenzora, pa ne bi trebalo tretirati veće površine.

PRIMJERI PRIMJENE

Brojna su istraživanja pokazala učinkovitost RNA interferencije u zaštiti bilja od štetnih kukaca. Prvi uspješan primjer bio je suzbijanje kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera*) na GMO kukuružu koji je proizvodio dsRNA. Ličinke zlatice zaostajale su u razvoju i ugibale, a štete su bile višestruko manje nego na nezaštićenu kukuružu (Baum i sur., 2007.). Zbog uspješne primjene, Europska agencija za okoliš (EPA) registrirala je 2017. godine prvo genski modificirano sjeme na bazi RNAi-a (SMARTSTAX PRO). I drugi kornjaši (Coleoptera) pokazali su osjetljivost na RNAi putem ishrane: *Diabrotica undecimpunctata*, *Leptinotarsa decemlineata*, ličinke *Tribolium* sp. Primjera iz reda Lepidoptera još je više: *Helicoverpa armigera*, *Ostrinia nubilalis*, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera frugiperda*, *Plutella xylostella*, *Bombyx mori*, *Manduca sexta*, *Epiphya postvittana*, *Diatraea saccharalis* i neke druge vrste (Swevers i Smagghe, 2012.). Leptiri pokazuju veću varijabilnost u osjetljivosti na RNAi. Razna istraživanja pokazala su različit uspjeh primjene RNAi-a kod leptira s obzirom na način unosa dsRNA-a u stanice, stadij kukca, količinu primjenjena dsRNA-a, ciljani gen i tkivo u kojem se gen nalazi. Od ostalih štetnika, RNAi tehnologijom uspješno su suzbijene vrste iz reda Hemiptera (*Myzus persicae*, *Acyrthosiphon pisum*, *Bemisia tabaci*, *Nilaparvata lugens*, *Laodelphax striatellus*). Potencijalno se, s pomoću RNAi-a mogu suzbijati i vrste iz redova Orthoptera, Isoptera, Dictyoptera, Hymenoptera i Diptera jer pokazuju osjetljivost na RNAi. Premda ne pripadaju razredu kukaca, RNAi uspješno je proveden i na grinjama *Ixodes scapularis* te, još važnije, na koprivinoj grinji (*Tetranychus urticae*).

ZAKLJUČAK

Iako u početcima razvoja, tehnologija RNA interferencije pokazuje velik potencijal primjene u suzbijanju raznih vrsta štetnika. No, potrebna su još mnoga istraživanja prije nego što primjena RNAi-a u poljskim uvjetima postane učinkovita i ekonomski isplativa mjera zaštite. Genomi mnogih kukaca, uključujući i ekonomski važne štetnike, sekvenciraju se i postaju dostupni za bolje razumijevanje RNAi procesa i identifikaciju novih ciljanih gena. Uspjeh

primjene trenutačno je ograničen različitom učinkovitosti na različite vrste štetnika, i posljedica je nedovoljna poznavanja čimbenika koji na nju utječu. Jedan je od važnijih čimbenika način primjene, odnosno način unosa RNA molekula u stanice kukaca. Bolje poznavanje ciljanih gena, načina primjene, očuvanja i prijenosa RNA molekula unutar organizma nužni su za bolje razumijevanje mehanizama koji utječu na uspjeh primjene RNAi-a. Trenutačna istraživanja usmjerena su na zaštitu bilja od štetnih kukaca, a mnogi smatraju da bi u budućnosti RNAi mogao postati dio integrirane zaštite bilja te se primjenjivati i za suzbijanje korova, nematoda, bakterija i gljiva.

LITERATURA

- Agrawal, N., Dasaradhi, P. V. N., Mohammed, A., Malhotra, P., Bhatnagar, R. K., and Mukherjee, S. K. (2003).** RNA interference: biology, mechanism, and applications. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67, 657-685.
- Ansari, M. S., Moraiet, M. A., and Ahmad, S. (2014).** Insecticides: impact on the environment and human health. U: *Environmental Deterioration and Human Health*. Akhtar, R., Grohmann, E. (ur.). Dordrecht, Springer, 99-123.
- Baum, J. A., Bogaert, T., Clinton, W., Heck, G. R., Feldmann, P., Ilagan, O., Johnson, S., Plaetinck, G., Munyikwa, T., Pleau, M., Vaughn, T., Roberts, J. (2007).** Control of coleopteran insect pests through RNA interference. *Nature Biotechnology*, 25, 1322-1326.
- Bažok, R., Lemić, D. (2017).** Rezistentnost štetnika na insekticide. *Glasilo biljne zaštite*, 17 (5), 429-438.
- Cooper, A. M. W., Silver, K., Zhang, J., Park, Y., Zhu, K. Y. (2018).** Molecular mechanisms influencing efficiency of RNA interference in insects. *Pest Management Science*, 75, 18-28.
- Miguel, S. K., Scott, J. G. (2016).** The next generation of insecticides: dsRNA is stable as a foliar-applied insecticide. *Pest Management Science*, 72, 801-809.
- Rajagopal, R., Sivakumar, S., Agrawal, N., Malhotra, P., Bhatnagar, R. K. (2002).** Silencing of midgut aminopeptidase N of *Spodoptera litura* by double-stranded RNA establishes its role as *Bacillus thuringiensis* toxin receptor. *Journal of Biological Chemistry*, 277 (49), 46 849-46 851.
- Swevers, L., Smagghe, G. (2012).** Use of RNAi for Control of Insect Crop Pests. U: *Arthropod-Plant Interactions*. Smagghe, G., Diaz, I. (ur.). *Progress in Biological Control*, 14, Springer, Dordrecht.
- Walshe, D. P., Lehane, S. M., Lehane, M. J., Haines, L. R. (2009).** Prolonged gene knockdown in the tsetse fly *Glossina* by feeding double stranded RNA. *Insect Molecular Biology*, 18 (1), 11-19.
- Yang, G., You, M., Vasseur, L., Zhao, Y., Liu, C. (2011).** Development of RNAi in Insects and RNAi-Based Pest Control. U: *Pesticides in the Modern World - Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment*. Stoytcheva, M. (ur.). IntechOpen, DOI: 10.5772/17260.

Ema BRIJAČAK, Valentina ŠOŠTARČIĆ, Zvonimir OSTOJIĆ, Maja ŠČEPANOVIĆ
Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za herbologiju
ebrijacak@agr.hr

BIOLOGIJA I EKOLOGIJA SIVOG MUHARA - *Setaria glauca* (L.) P. Beauv.

SAŽETAK

Sivi muhar (*Setaria glauca* L. P. Beauv.) uskolisna je korovna vrsta koja se redovito javlja u svim okopavinskim usjevima Hrvatske. Uspješnost ove vrste ogleda se u brzu plodonošenju, velikoj produkciji i dugovječnosti sjemena. Sivi muhar kozmopolit je u područjima umjerenog pojasa s arealom rasprostranjenosti između 55° sjeverne pa sve do 45° južne geografske širine. Sposoban je prilagoditi se različitim klimatskim uvjetima, pa u toplijim klimatima razvija veći, a u hladnijim klimatima manji biološki minimum (T_b). Za područje kontinentalne Hrvatske (Šašinovec) T_b iznosi 6,6 °C, a biološki vodni potencijal (Ψ_b) iznosi -0,71 MPa. Teže podnosi vodni stres, pa se javlja u godinama i područjima s većom količinom padalina. Sivi muhar niče iz plitkog sloja tla, odnosno iz dubine 1 – 5 cm. Odgovaraju mu različiti tipovi tala s pH vrijednošću od 6,1 do 8,0. Kao korovna vrsta na poljoprivrednim površinama *Setaria glauca* može uspostaviti veliku gustoću po jedinici površine i time uvelike utjecati na prinos poljoprivrednih kultura. Osim direktnih šteta, i indirektno šteti jer se povećavaju troškovi čišćenja uroda, a može biti i alternativni domaćin patogena, uzročnika bolesti usjeva.

Ključne riječi: biološki parametri klijanja, morfologija, okopavinski korov, uskolisna vrsta

UVOD

Setaria glauca L. (SETPU)¹ jednogodišnja je biljna vrsta iz porodice trava (Poaceae). Prema Holmu i sur. (1977.) od 76 najštetnijih korova na svijetu, 36 korova, odnosno 40 % pripada porodici Poaceae. Ova porodica obuhvaća velik broj rodova, među kojima je i rod *Setaria*. Holm i sur. (1977.) opisali su taj rod kao jednu od najštetnijih skupina korova svjetske poljoprivredne proizvodnje.

Naziv roda *Setaria* potječe od latinskih riječi *seta*, što znači bodlja i sufiksa -*aria*, što se odnosi na bodlje koje se nalaze ispod klasića (Hulina, 2011.). Ime vrste *glauca* potječe od grčke riječi *glaucus*, što znači srebrnast sjaj (Zimdhahl, 1989.). Ostala znanstvena imena ove vrste su: *Setaria pumila* (Poir.) Roem i Schultz, *Setaria lutescens* (Stuntz.) F.T. Hubb. i *Setaria flava* (Merr.). U Hrvatskoj je poznata pod nazivom sivi muhar (Behrendt i Hanf, 1979.), sinje

¹ Bayer code

proso (Kovačević, 1976.), sivozeleni muhar (Knežević, 2006.) i crvenkasti muhar (Knežević, 2006.; Hulina, 2011.). Šulek (1879.) u Jugoslavenskom imeniku biljaka navodi narodna nazivlja za vrste iz roda *Setaria*: muhar, muharika, mukar, muar, mohar, mušec. U engleskom govorom području ova vrsta poznata je pod nazivima *yellow foxtail*, *yellow bristlegrass*, *pale pigeongrass* (Behrendt i Hanf, 1979.) i *cat's tail grass* (Dore i McNeill, 1980.).

Sivi muhar potječe iz Euroazije (Rousseau i Cinq-Mars, 1969.). Kozmopolit je u područjima umjerena pojasa (Ohwi, 1965.). Holm i sur. (1977.) navode da se područje rasprostranjenosti sivog muhara kreće između 55° sjeverne pa sve do 45° južne geografske širine. Takva široka rasprostranjenost upućuje na sposobnosti prilagođavanja vrste različitim klimatskim uvjetima (Steel i sur., 1983.). Ta bi se sposobnost mogla objasniti činjenicom da vrsta *Setaria glauca* ima povećan broj kromosoma, tj. poliploidna je vrsta ($2n=72$). Hulina (1998.) ističe da postoji izravna veza između poliploidije i sposobnosti prilagodbe staništima za koja se općenito smatra da su ekološki nepovoljna. Autorica također kaže da poliploidi imaju kolonizatorske sposobnosti, i stoga su dobro zastupljeni na staništima koja su podložna čestim uzinemiravanjima. Sivi muhar čest je korov u okopavinama, vrtovima, vinogradima i voćnjacima, a i na ugarima i ruderalnim staništima (Knežević, 2006.). Ostojić (2011.) je na temelju četrdesetogodišnjih poljskih pokusa na području kontinentalne Hrvatske utvrdio da je vrsta *Setaria glauca* druga uskolisna vrsta po učestalosti u okopavinskim usjevima. Kao korovna vrsta na poljoprivrednim površinama *Setaria glauca* može uspostaviti veliku gustoću po jedinici površine. Godine 1986. na lokaciji Nova Topola (BiH), sivi muhar zauzeo je vodeće mjesto u usjevu kukuruza s brojnošću od 95 jedinaka po m^2 (Šehrić, 2000.). Thomas i Wise (1982.) utvrdili su gustoću od 158 jedinaka sivog muhara po m^2 u usjevu ječma i 68 biljaka po m^2 u pšenici na području kanadske pokrajine Manitoba. U Quebecu je 1980. godine sivi muhar bio najrasprostranjeniji korov u zobi i ječmu (Deschenes i Doyon, 1982.). Tada je prosječna gustoća sivog muhara iznosila 29 biljaka po m^2 u zobi i 54 biljke po m^2 u usjevu ječma. U Hrvatskoj je prisutnost sivog muhara u jarim žitaricama rijetka, izuzevši situacije s kasnim rokovima sjetve. Tako je analizom banke sjemena neposredno pred kasnu sjetvu jare zobi na pokušalištu Agronomskog fakulteta Šašinovec utvrđena velika prisutnost sjemenaka iz roda *Setaria spp.*, i to na dubini od 0 do 15 cm tla s gustoćom od 1324 sjemenke po m^2 , što je rezultiralo i najvećim postotkom nicanja (56,7 %) ove vrste u usjevu jare zobi (Brijačak, 2016.). Iako se radi o usjevima gustoga sklopa, velika zakorovljenošć muharom može utjecati na pad prinosa, konkretno 600 vlati sivog muhara po m^2 može smanjiti prinos pšenice i za 25 % (Morrison i sur., 1981.). Osim što smanjuje prinos, indirektno šteti jer se povećavaju troškovi čišćenja, kao i zbog potrebe provođenja mjera suzbijanja. Alternativni je domaćin i bolestima usjeva, tako da uzročnici bolesti mogu smanjiti prinose usjeva i povećati troškove njihova suzbijanja. Kao i kod

većine korovnih vrsta, u suzbijanju sivog muhara najviše se koriste herbicidi. Zbog toga je u posljednjih 25 godina primijećen sve veći problem pojave rezistentnih biotipova ovoga korova na herbicide. Dekker je još 2003. godine istaknuo pojavu rezistentnosti kod vrsta iz roda *Setaria* kao problem koji traje desetljećima. Prema HRAC-u² utvrđena je rezistentnost sivog muhara na atrazin u usjevu kukuruza u Francuskoj (1981.), Ontariu (1981.), Španjolskoj (1987.) i Marylandu u SAD-u (1984.). Osim na atrazin, u Marylandu je u usjevu kukuruza 1984. utvrđena rezistentnost i na cijanazin i simazin, a 1997. u Minesoti (SAD) je utvrđena rezistentnost sivog muhara u usjevu soje na imazapir.

MORFOLOŠKA OBILJEŽJA SIVOG MUHARA

Setaria glauca jednogodišnja je monokotiledona (uskolisna) biljka. Vlati se koljenasto uzdižu, a duge su 20 do 60 cm (Hulina, 2011.). Strani autori navode visinu do 90 cm (Behnredit i Hanf, 1979.), pa i 130 cm (slika 1) (Steel i sur., 1983.). Vlat je sivog muhara glatka i pri vrhu gruba, i nosi listove koji su naizmjenično raspoređeni. Plojke su svijetlozelene, glatke ili malo dlakave pri osnovi s izraženom bijelom žilom. Duge su 6 do 30 cm, široke 4 do 8 cm (Šarić, 1978.; Behrendt i Hanf, 1979.). Rukavci su goli i spljošteni (Hulina, 2011.). Jezičac je nadomješten vjenčićem finih dlačica, pa je vrste iz roda *Setaria* prema ovoj morfološkoj karakteristici najlakše izdvojiti od ostalih trava (slika 2) (Behrendt i Hanf, 1979.). Primjerice, kod koštana (*Echinochloa crus-galli* L.) koji se u usjevu najčešće javlja istovremeno sa sivim muharom, jezičac i uške izostaju (Hulina, 2011.), pa je na temelju tih karakteristika moguće razlikovati ove vrste u ranim razvojnim stadijima.

Muhari pripadaju skupini prosolikih trava kojima cvat čini prividan klas metličasta ishodišta dug do 7 cm (Behrendt i Hanf, 1979.; Hulina, 2011.). Duge metlice na cvatu štite sjemenke od predatora te pomažu u širenju vrste. (Steel i sur., 1983.) Cvjet je najprije zelen, a poslije crvenkasto-žut (slika 3). Cvjeta od srpnja do listopada (Hulina, 2011.). Sivi muhar samooplodna je vrsta jer se sjeme počinje formirati prije nego što se cvat pojavi iz postranih vlati (Lee, 1979.). Kao i većina trava, sivi muhar ima vlaknast korijenov sustav koji većinu svoje mase razvija u plitku sloju tla (do 30 cm) (Schoner i sur., 1978.).

Sivog muhara moguće je zamijeniti sa zelenim muharom (*Setaria viridis* L.), uskolisnom vrstom istoga roda, koja je također čest korov u okopavinama. Premda su morfološki ove vrste slične, među njima postoje i određene razlike. Zeleni muhar habitusom je niži te doseže visinu od 10 do 60 cm (Knežević, 2006.). Ova vrsta može se razlikovati od sivog muhara i po nedostatku dugačkih uvrnutih dlačica na gornjoj površini plojke u blizini osnove. Za razliku od sivog

² Herbicide resistance action committee

muhara, zeleni muhar ima kratke dlake na vrhu i osnovi plojke (Frankton i Mulligan, 1970.). Očita je razlika između ovih vrsta i u boji klasolikih metlica. Kod sivog muhara metlice su žuto-crvenkaste boje, a kod zelenog muhara zelene (Bouchard i Neron, 1999.). Sivi muhar ima veći broj klasolikih metlica po biljci, ali su one kraće (do 7 cm) od metlica zelenog muhara (do 10 cm) (Hulina, 2011.).



Slika 1. Odrasla biljka sivog muhara

Figure 1. Mature yellow foxtail plant
(snimila: E. Brijačak)



Slika 2. Prijelaz rukavca u plojku okružen vjenčićem finih dlačica

Figure 2. Transfer of sheath to leaf blade with hairy ligules
(snimila: E. Brijačak)



Slika 3. Klasolike metlice sivog muhara

Figure 3. Spike seedhead of yellow foxtail
(snimila: E. Brijačak)

BIOLOGIJA I EKOLOGIJA SIVOG MUHARA

S gledišta načina fotosinteze sivi muhar pripada C-4 skupini biljaka. Takav tip fotosinteze zbog Kranz anatomije lista (izolacija mezofila posebnim slojem stanica) uspješno izbjegava fotorespiraciju i stoga ima učinkovitiju fotosintezu (Vukadinović i sur., 2014.). Prema Raunkiaerovoj klasifikaciji (1905.) sivi muhar pripada skupini terofitnih biljaka (Th), što znači da se radi o jednogodišnjoj biljci koja se od kljanja do plodonošenja razvije u jednom vegetacijskom razdoblju. Nepovoljno razdoblje (zimu ili sušu) preživljava u obliku pšena (sjemenke), koji joj je i jedini način razmnožavanja. Peters i sur. (1961.) proučavajući sjemenke po biljci u Novoj Engleskoj (SAD) utvrđuju 180 sjemenaka po klasu sivog muhara. Također utvrđuju brojnost klasova po biljci od 3 do 47, ovisno o uvjetima u kojima biljka raste. Prema tome, jedna biljka sivog muhara proizvede od 540 do 8460 pšena godišnje. Težina 1000 sjemenaka vrste *Setaria glauca* iznosi oko 3 grama. Dimenzije sjemena (dužina x širina x debljina) iznose 2,9 – 3,3 x 1,8 – 2,2 x 1,4 – 1,6 mm (slika 4) (Kovačević, 1976.). Sjemenke sivog muhara šire se vjetrom, vodom i poljoprivrednim strojevima. Klasoidne metlice sivog muhara lako se pričvrste na životinje i ljude, što dodatno olakšava njihovo širenje (Bor, 1960.).



Slika 4. Sjeme vrste *Setaria glauca*

Figure 4. *Setaria glauca* seed

(snimila: E. Brijačak)

Već tijekom sazrijevanja na majčinskoj biljci, pšena sivog muhara uglavnom su potpuno dormantna (Povilaitis, 1956.). Dormantnost gube ubrzo nakon skladištenja u hladnim i vlažnim uvjetima, a pšena uskladištena na suhim i toplim mjestima znatno sporije gube dormantnost (Steel i sur., 1983.). Peters i Yokum (1961.) utvrdili su klijavost od 5 % nakon što su pšena bila pohranjena na suho mjesto tri do pet mjeseci. Suprotno tome, Povilaitis (1956.) je utvrdio klijavost od 90 % nakon četiri mjeseca skladištenja u suhim uvjetima. Nemogućnost apsorpcije vode kroz perikarp glavni je čimbenik koji prijeći klijanje sjemena odmah nakon dozrijevanja (Steel i sur., 1983.). Kemijska skarifikacija potapanjem sjemena sivog muhara u sumpornu kiselinu na 30 minuta pospješuje klijanje, jednako kao i mehanička skarifikacija perikarpa brusnim papirom (Peters i Yokum, 1961.). Potapanje sjemena u otopinu kalijeva nitrata (1 – 2 %), osobito sjemenaka sivog muhara koje su ranije bile skarificirane, također povećava klijavost (Peters i sur., 1963.). Nedormantno sjeme često razvije sekundarnu dormantnost ako okolišni čimbenici nisu povoljni za klijanje (Dawson i Bruns, 1975.). Na primjer, sjemenke koje su u tlu ostale do sredine lipnja ne klijaju zbog visokih temperatura u ljetnim mjesecima (Povilaitis, 1956.). Sjemenke sivog muhara vijabilnost mogu zadržati više od 10 godina, što ovisi i o položaju sjemenaka u tlu (Dawson i Bruns, 1975.). Tako pšeno sivog muhara koje se nalazi na površini tla gubi vijabilnost prije onoga koje je zakopano u tlu (Banting i sur. 1973.; Thomas i sur., 1986.). Zbog manjka kisika sjeme u dubljim slojevima tla produljuje dormantnost, vijabilnost i dugovječnost (Banting i sur. 1973.). Sjeme sivog muhara niče iz plitkog sloja tla, odnosno iz dubine 1 – 5 cm. Najveći broj sjemenaka niče iz dubina 1,5 – 2,5 cm. S povećanjem dubine smanjuje se broj proklijalih

sjemenaka. Na dubini većoj od 14 cm nije utvrđena klijavost ove vrste (Dawson i Bruns, 1962.). Podatci iz literature ukazuju i na činjenicu da sivi muhar ne klijia s površine tla. Što se tiče tipa tla, sivi muhar preferira pjeskovita do ilovasta tla (Behrendt i Hanf, 1979.) s pH vrijednošću od 6,1 do 8,0 (Dekker, 2003.). Promjenjiv fotoperiod za vrijeme nicanja također ima važan utjecaj na rast i razvoj ove vrste. Sivi muhar zahtijeva određenu količinu svjetlosti, što je utvrđeno u trogodišnjem poljskom istraživanju utjecaja sjene na rast i razvoj ove vrste. U Kanadi su utvrdili manji broj postranih vlati, niži habitus i manju suhu masu kod biljaka koje su rasle u zasjenjenim uvjetima (Bubar i Morrison, 1984.).

Optimalna temperatura za klijanje sivog muhara kreće se između 20 i 25 °C (Banting i sur., 1973; Blackshaw i sur., 1981.). Osim optimalne temperature važno je poznavati biološki minimum, odnosno minimalnu temperaturu iznad koje dolazi do nicanja. Laboratorijskim istraživanjem sjemena sivog muhara uzetoga s lokacije Šašinovec (Zagreb) utvrđena vrijednost biološkog minimuma iznosila je 6,6 °C (Brijačak, 2019.). Vrijednost biološkog minimuma za područje Padove (Italija) nešto je viša od one u kontinentalnoj Hrvatskoj i iznosi 8,3 °C, a na području Pise (Italija) ta je vrijednost još viša i iznosi 10,4 °C (Masin i sur., 2010.). Ti podatci upućuju na činjenicu da vrsta *Setaria glauca* ima tendenciju razvijati biotipove koji se prilagođavaju klimatskim uvjetima staništa, odnosno da u topljem klimatu razvija i veći biološki minimum, i obrnuto. Klijavost sjemena sivog muhara ovisi i o dostupnosti vode koja je nužna za pokretanje enzimskih procesa u embriju i početak klijanja. Biološki vodni potencijal (Ψ_b), odnosno minimalna količina vlage u tlu potrebna za klijanje, varira ovisno o uvjetima tla i specifičnim zahtjevima pojedine vrste. Iako je klijanje sjemena svih korovnih vrsta ograničeno u sušnim uvjetima, ipak postoje razlike među korovnim vrstama (Lemić i sur., 2014.). Vodni potencijal za vrstu *Setaria glauca* u kojemu sjeme klijia utvrdila je tek nekolicina znanstvenika, te se u literaturi navodi vodni potencijal sivog muhara za područje Padove (Italija) od -0,69 MPa (Masin i sur., 2010.). Slični podatci dobiveni su i u laboratorijskom istraživanju provedenu na sjemenu sivog muhara uzetoga s lokacije Šašinovec (Zagreb), gdje utvrđeni vodni potencijal iznosi -0,71 MPa. Najveća klijavost sivog muhara (oko 88 %) utvrđena je u vodnom potencijalu od -0,25 MPa. Pri koncentracijama većima od -0,38 MPa prosječna se klijavost značajno smanjila. Naime, na koncentraciji od -0,80 MPa proklijale su samo tri sjemenke (1,2 %), a na koncentraciji od -1,00 MPa nije proklijala nijedna sjemenka sivog muhara. (Brijačak, 2019.) Da ova vrsta teško podnosi vodni stres, potvrđuju i Manthley i Nalewaya (1978.) istraživanjem provedenim na sjemenu sivog i zelenog muhara sakupljenoga u Fargu, (Sjeverna Dakota, SAD). Utvrdili su da je u kontrolnim uvjetima konstantne temperature od 25 °C i vodnom potencijalu od -0,40 MPa i -0,80 MPa nakon 72 sata niknulo samo 12 % i 1 % sivog muhara, a u istim je uvjetima i u istom razdoblju niknulo čak 70 % i 30 % zelenog muhara.

Autori također navode da se na području Sjeverne Dakote sivi muhar pojavljuje isključivo u godinama i u područjima s većom količinom oborina. U usporedbi s koštanom, sivi muhar ima viši biološki vodni potencijal, -0,97 MPa (Šoštarić, 2015.), što znači da lošije od koštana podnosi vodni stres.

Poznavajući zahtjeve za klijanjem i nicanjem korovnih vrsta, moguće je prognozirati početak i duljinu trajanja njihova nicanja te time utjecati na suzbijanje u pravo vrijeme. Praćenjem dinamike nicanja muhara u usjevu jare zobi kasnog roka sjetve na pokušalištu Agronomskog fakulteta Šašinovec utvrđena je suma toplinskih jedinica (STJ) (eng. *GDD - growing degree days*) potrebnih za ponik. Za početno nicanje vrste *Setaria spp.* bila je potrebna suma od 50 toplinskih jedinica. Međutim, nicanje ove korovne trave nastavilo se i do kraja kritičnog razdoblja zakoravljenosti, za što je bila potrebna suma od 236 toplinskih jedinica (Šćepanović i sur., 2018.). Prema navodima Werle i sur. (2014.) vrsta *Setaria spp.* pripada skupini rano ničućih vrsta jer joj je za ponik potrebna suma toplinskih jedinica manja od 70 C. S gledišta duljine trajanja nicanja isti autor sugerira da vrsta *Setaria spp.* pripada skupini brzo ničućih vrsta budući da joj je za ponik 90 % jednak bila potreban suma manja od 250 toplinskih jedinica. Usporedbe radi, za početno nicanje populacije koštana iz Lowe (SAD) potrebna je suma od 103 toplinske jedinice, dok je za kraj nicanja potrebna suma od 336 toplinskih jedinica (Werle i sur. 2014.). Prema ovim podatcima koštan, s gledišta početka nicanja i trajanja nicanja, pripada skupini srednje ničućih vrsta jer mu je za početno nicanje potrebna suma unutar raspona 70 – 140 STJ, a za kraj nicanja unutar 250 – 500 STJ. Ti podatci upućuju na to da se populacija koštana u usjevu pojavljuje nešto kasnije od populacije sivog muhara na području Šašinovca (Hrvatska), te njegovo nicanje traje dulje.

ZAKLJUČAK

Analizom citiranih literaturnih vrela u radu su prikazani podrijetlo, rasprostranjenost, ekomska važnost, morfološka svojstva te ekologija korovne vrste *Setaria glauca*. Sivi je muhar kozmopolit u područjima umjerena pojasa, a na području Hrvatske druga uskolisna vrsta po učestalosti u okopavinskim usjevima s utvrđenom brojnošću i preko 90 jednakaka po m² u usjevu kukuruza. Analizom banke sjemena pred kasnu sjetvu jare zobi utvrđeno je preko 1324 sjemenaka po m² na dubini tla od 0 – 15 cm. Sjemenke sivog muhara vijabilnost mogu zadržati više od 10 godina, što ovisi i o položaju sjemenaka u tlu, a pšeno na površini tla gubi vijabilnost prije onoga zakopanoga u tlu. Jedna biljka sivog muhara prosječno proizvede od 540 do 8460 pšena godišnje, a težina 1000 sjemenaka iznosi oko tri grama. Optimalna temperatura za klijanje sivog muhara kreće se između 20 i 25 °C, a laboratorijski podatci za minimalnu temperaturu variraju od 6,6 °C (Šašinovec, Zagreb) od 10,4 °C (Pisa, Italija). Minimalna količina vlage u tlu potrebna za

klijanje iznosi -0,71 MPa (Šašinovec), što pokazuje da sivi muhar loše ponosi vodni stres u tlu. Sivi muhar pripada skupini ranoničućih vrsta. Za ponik je potrebna suma toplinskih jedinica manja od 70 C, a s gledišta duljine trajanja nicanja pripada skupini brzo ničućih vrsta jer je za ponik 90 % jedinaka potrebna suma manja od 250 toplinskih jedinica. Poznavanjem ovih parametara moguće je predvidjeti početak i duljinu trajanja nicanja sivog muhara, što olakšava donošenje odluke o vremenu suzbijanja u skladu s integriranim mjerama borbe protiv korova.

THE BIOLOGY AND ECOLOGY OF YELLOW FOXTAIL - *Setaria glauca* (L.) P. Beauv.

SUMMARY

Yellow foxtail (*Setaria glauca* L.) is a narrow-leaved weed species that occurs regularly in all row crops in continental Croatia. The success of this species may be attributed to rapid fruiting, large production of seeds and their longevity. This species is cosmopolitan in temperate zones with an area of distribution ranging from 55 °N to 45 °S latitude. It is able to adapt to different climatic conditions, so in warmer climates it develops higher, while in colder climate lower biological minimum (T_b). For the area of continental Croatia (Šašinovec) estimated T_b is 6.6 ° C, while biological water potential (Ψ_b) is -0.71 MPa. Yellow foxtail hardly tolerates water stress which is why it occurs in years and areas with higher rainfall. This species grows from a shallow layer of soil, ie from a depth of 1 - 5 cm. It grows on different soil types with a pH of 6.1 to 8.0. As a weed species on agricultural land, *Setaria glauca* can establish a high density per unit area and thus greatly reduce the yield of cultivated crops. In addition to direct damage, this species is also responsible for increasing cleaning costs and may be an alternative host to crop diseases.

Key words: biological parameters, morphology, row crop weed, grass weed

LITERATURA

- Banting, J. D., Molberg, E. S., Gebhardt, J. P. (1973).** Seasonal emergence and persistence of green foxtail. Can. J. Plant Sci., 53, 369–376.
- Behrendt, S., Hanf, M. (1979).** Trave - korovi na oranicama. BASF Akiengesellschaft, 124-126.
- Blackshaw, R. E., Stobbe, E. H., Shayewich, C. F., Woodbury, W. (1981).** Influence of soil temperature and soil moisture on green foxtail (*Setaria viridis*) establishment in wheat (*Triticum aestivum*). Weed Science, 29, 179–184.
- Bor, N. L. (1960).** Grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan. International Monograph on Pure and Applied Biology. Volume 1. London: Pergamon Press

- Bouchard, C. J., Néron, R. (1999).** Identification guide to the weeds of Quebec. Conseil des productions végétales due Québec, Sainte-Foy, QC. pp. 253.
- Brijačak, E. (2016).** Prognoza zakorovljenosti jare zobi analizom banke sjemena u tlu. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Brijačak, E. (2019).** Biološki parametri klijanja korovne vrste *Setaria glauca* L. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Bubar, C. J., Morrison, I. N. (1984).** Growth responses of green and yellow foxtail (*Setaria viridis* and *S. lutescens*) to shade. Weed Science, 32, 774 - 780
- Dawson, J.H., Bruns, V.F. (1975).** Longevity of barnyardgrass, green foxtail, and yellow foxtail seeds in soil. Weed Science, 23, 437-440.
- Dawson, J. H., Bruns, V. F. (1962).** Emergence of barnyardgrass, green foxtail and yellow foxtail seedlings from various soil depths. Weeds, 10, 136-139.
- Dekker, J. (2003).** The foxtail (*Setaria*) species-group. Weed Science, 51(5), 641-656.
- Deschenes, J., Doyon, D. (1982).** Importance des mauvaises herbes dans les cultures au Québec. Bull. Soc. Bot. Qué., 3, 25-36.
- Dore, W. G., McNeill, J. (1980).** Grasses of Ontario. Agriculture Canada. Monograph 26. Hull, Que. pp. 566.
- Frankton, C., Mulligan, G. A. (1970).** Weeds of Canada. Canada Dep. Agriculture, Ottawa, Ont. Publ. 948, pp. 211.
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V., Herberger, J. P. (1977).** The world's worst weeds - distribution and biology. Univ. Press of Hawaii, Honolulu. 609 pp. HSU, C. 1975. Taiwan grasses. Taiwan prov. Educ. Assoc., Taipei. pp. 884.
- Hulina, N. (1998).** Korovi. Školska knjiga. Zagreb
- Hulina, N. (2011).** Više biljke stablašice. Golden marketing – tehnička knjiga. 282-283.
- Knežević, M. (2006).** Atlas korovne, ruderale i travnjačke flore. Poljoprivredni fakultet Osijek. Udžbenici Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. 258-260.
- Kovačević, J. (1976).** Korovi u poljoprivredi. Nakladni zavod znanje. 480-481.
- Lee, S. M. (1979).** The distribution and abundance of three species of *Setaria* Beauv. Around London, Canada, with particular reference to the effects of shade. M.Sc. thesis. University of Western Ontario, London, Ont.
- Lemić, M., Šćepanović, M., Barić, K., Svečnjak, Z., Jukić, T. (2014).** Metode prekidanja dormantnog sjemena korovne vrste *Chenopodium album* L. Agronomski glasnik, 1-2, 45-60.
- Manthley, D. R., Nalewaja, N. D. (1987).** Germination of Two Foxtail (*Setaria*) Species. Weed Technology, 1, 302-304.
- Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Zuin, M. C., Macchia, M., Zanin, G. (2010).** Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central-northern Italy. Weed Science, 58, 216-222.
- Morrison, I. N., Maurice, D., Bubar, C. J. (1981).** The relative competitive ability of green and yellow foxtail in wheat and their response to shade. Abstracts, XIII International Botanical Congress. Sydney, Australia.
- Ohwi, J. (1965).** Flora of Japan. Smithsonian Institute, Washington, pp. 1067.
- Ostojić, Z. (2011).** The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices – Croatia. U: Šarić, T.; Ostojić, Z.;

Stefanović, L.; Deneva Milanova, S.; Kazinczi, G.; Tyšer, L. The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices. *Herbologia*, 12, 8-12.

Peters, R. A., Meade, J. A., Santlemann, P. W. (1963). Life history studies as related to weed control in the northeast. 2. Yellow foxtail and giant foxtail. *Agric. Exp' Sta.Univ. of Rhode Island, Kingston*. pp. 18.

Peters, R. A., Yokum, H. C. (1961). Progress report on a study of the germination and growth of yellow foxtail (*Setaria glauca* L. Beauv.) *NEWCC Proc.*, 15, 350-355.

Povilaitis, B. (1956). Dormancy studies with seeds of various weed species. *Proc. Int. Seed Testing Assoc.*, 21, 87-111.

Raunkiaer, C. (1905). Types biologiques pour la géographie botanique. (Kgl. Danskevidenskabeernes sklskabs Forhandt, 5, 347-437). *Bull. Acad. R. Sc. Danemark*, 347-437.

Rousseau, C., Cinq-Mars, L. (1969). Les plantes introduites du Québec. *Jeune Sci.*, 7, 163, 192-195, 219-222.

Schoner, C.A. Jr., Norris, R.F., Chilcote, W. (1978). Yellow foxtail (*Setaria lutescens*) biotype studies: growth and morphological characteristics. *Weed Science*, 26, 632-636.

Steel, M. G., Cavers P. B., Lee, S. M. (1983). The biology of Canadian weeds. 59. *Setaria glauca* (L.) Beauv. and *S. verticillata* (L.) Beauv. *Can. J. Plant Sci.*, 63, 711-725.

Šarić, T. (1978). Atlas korova. IGKRO "SVJETLOST" OOUR Zavod za udžbenike, Sarajevo.

Šćepanović, M., Brijačak, E., Sveticki, N., Šincek, D., Šoštarčić, V. (2018). Metode prognoze zakoravljenosti poljoprivrednih usjeva. *Glasilo biljne zaštite*, 4, 390-398.

Šehrić, A. (2000). Brojnost i učestalost korovnih vrsta u kukuruzu u razdoblju od 1985 – 1999. godine. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

Šoštarčić, V. (2015). Biološki parametri toploljubivih korovnih vrsta: transfer AlertInf modela iz Italije u Hrvatsku. Rektorova nagrada. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Šulek, B. (1879). Jugoslavenski imenik bilja. Tiskom dioničke tiskare. Hrvatsko Sveučilište, 507 – 508.

Thomas, A. G., Banting, J. D., Bowes, G. (1986). Longevity of green foxtail seeds in a Canadian prairie soil. *Can. J. Plant Sci.*, 66, 189–192.

Thomas, A. G., Wise, R. (1982). The 1981 weed survey of cultivated land in Manitoba. *Agric. Canada Publ. No. 82-1. Regina, Sask.* pp. 124.

Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B. (2014). Ekofiziologija bilja. Poljoprivredni fakultet Osijek. 86 – 95.

Werle, R., Sandell, L.D., Buhler, D.D., Hartzler, R.G., Lindquist, J.L. (2014). Predicting Emergence of 23 Summer Annual Weed Species, *Weed Science*, 62, 267–279.

Zimdahl, R. L. (1989). Weeds and words: The etymology of the scientific names of weeds and crops. *Iowa St. Univ. Press, Ames, IA.* pp. 125.

pregledni rad

Darija LEMIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
dlemic@agr.hr

KUKCI U PREHRANI LJUDI

Kukci u nas nisu uobičajena pojava na jelovniku, međutim postoje mjesta na svijetu gdje su posve uobičajena hrana. Činjenica je da su gotovo dvjema milijardama ljudi kukci dio tradicionalne kuhinje. Više od 1900 različitih kukaca, prema izvješću UN-a, koristi se za hranu (van Huis i sur., 2013.).



Prehrambene navike

Prehrana kukcima nekima možda djeluje bizarno, ali milijardama ljudi to je potpuno normalno. Entomofagija, odnosno prehrana kukcima, premda zvuči ekstremno, zapravo je prilično učestala pojava diljem svijeta, i to već tisućljećima. Australski i sjevernoamerički domorodci kukce su jeli tisućama godina, a ni starim Grcima nisu bili strana jela životinjica sa šest nogu. Danas 3000 etničkih skupina širom svijeta jede više od 1900 jestivih vrsta kukaca. Razumljivo, pomisao na prehranu kukcima neke podsjeća na „fear factor“ emisije. Ali donedavno je i nevjerojatna hrana poput *sashimija*, *quinoje* i *kimchija* bila također nešto neuobičajeno na meniju. Često ono što smatramo ili ne smatramo „hranom“ zapravo je samo stanje vlastite percepcije.

Entomofagija u svijetu

U više od stotinu zemalja već se prakticira entomofagija, a stvoreno je i bezbroj kulinarskih specijaliteta nadahnutih kukcima. Sveukupno postoji oko šest do 10 milijuna vrsta kukaca, što je više od 90 % svih oblika životinjskog svijeta na Zemlji. 1900 vrsta jestivih kukaca oduvijek je uključeno u prehranu mnogih kultura, što u zapadnom svijetu većinom izaziva zgražanje i gađenje zbog predrasuda iz neutemeljena razloga, jer kukci imaju iznimnu nutritivnu vrijednost i odlična su okusa. Neutemeljene predrasude razlog su što Zapad smatra entomofagiju odbojnom. Naime, smatra se da je prehrana kukcima u nekim zemljama samo jedan od mehanizama preživljavanja, što apsolutno nije

točno. Budući da nema razlike između kukaca i ostalih izvora proteina, treba ih se pokušati gledati kao "škampe s tla". Naime, upravo su člankonošci i školjkaši bili hrana siromašnih, a sada se ubrajaju u skupe delicije. Osim toga, kukci okusom nisu inferiorni, dapače, ozbiljno konkuriraju ostalim okusima mesa. Ulični štandovi na Tajlandu, na primjer, puni su prženih skakavaca, zrikavaca, škorpiona, pauka i različitih ličinaka. Ukusne su to poslastice pune dobrih proteinova, za razliku od čipsa, na primjer, koji je samo pun ulja (slika 1).



Slika 1. Štand s kukcima na Tajlandu (izvor: thai.lt, 2019.)

Prema podatcima UN-ove Organizacije za hranu i poljoprivredu (FAO) Tajland ima oko 20 000 registriranih farma za uzgoj i proizvodnju jestivih kukaca koje godišnje proizvedu oko 7 000 tona kukaca, a najpopularniji su skakavci i zrikavci. Kompanija „Thailand Unique“ vodeći je izvoznik jestivih kukaca i različitih proizvoda od njih, a mnogo se izvozi u Veliku Britaniju, druge države Europske unije i SAD. U Velikoj Britaniji i Nizozemskoj također postoje farme na kojima se uzgajaju razne vrste jestivih kukaca namijenjenih ljudskoj prehrani. Kukci se uzgajaju posljednjih godina i u SAD-u i u Kanadi, a služe najviše za proizvodnju brašna od kojega se rade različiti prehrambeni proizvodi, uključujući i bezglutenske, a često se koriste i kao sastojak u energetskim ili proteinskim pločicama (van Huis i sur., 2013.). Ni Hrvatska ne zaostaje za svjetskim trendovima. Gosp. Daniel Plikl osnovao je prvu hrvatsku farmu kukaca i proizvodi proteine od zrikavaca, kao i brašno na njegovoj bazi, a zadao si je cilj proizvodnje od pet tona brašna godišnje, za koje je tržište EU-a već osigurano. Europski stručnjaci predviđaju da bi industrijska proizvodnja jestivih kukaca u sljedećih 15 godina mogla dosegnuti vrijednost od 230 milijuna britanskih funta. U Engleskoj su već otvoreni restorani u kojima se serviraju kukci i specijaliteti od kukaca. Belgija je prva zemlja koja je legalizirala konzumiranje kukaca proglašivši 10 vrsta kukaca jestivima. Istodobno su istraživanja u Europi pokazala da Ijudi na Zapadu baš i nisu skloni ovoj vrsti hrane, ali bi mnogi prihvatali kukce u svojem jelovniku kao sastojak ili sastojke u određenim prehrambenim proizvodima ili prerađene.

Trebamo biti svjesni, da svi jedemo kukce, da to i ne znamo. Zakonodavstvo propisuje regulative koje određuju koliko se odraslih kukaca ili ličinaka smije naći u pakiranju neke hrane. Tu se uglavnom radi o kukcima – skladišnim štetnicima koji se u prehrambenim proizvodima nalaze tijekom njihova čuvanja. Ljudi svake godine nesvjesno pojedu i do kilograma kukaca.

Top 10 prednosti konzumiranja kukaca

1. Kukci imaju 20 puta više vitamina B12 od govedine.
 2. Sadrže više kalcija nego mlijeko.
 3. Imaju više željeza od špinata.
 4. Imaju pet puta više magnezija od govedine.
 5. Sadrže visok udio vlakana koja su dobra za crijeva.
 6. 40 % težine kukaca čine proteini i malo zasićenih masti.
 7. Imaju visok udio hitina za koji je dokazan pozitivan učinak protiv virusa, tumora i alergija.
 8. Sadrže svih devet esencijalnih aminokiselina za izgradnju i oporavak mišića.
 9. Kukci ne sadrže šećere, pesticide i nisu GMO.
 10. Ne prenose zootomske bolesti.

Problem brojnosti stanovništva

Do 2050. godine svjetsku bi ljudsku populaciju trebalo činiti 9,6 milijarda ljudi. Budući da nedostaje hrane i slatke vode, kukci bi mogli biti superhrana koju svi čekamo. Da bismo svi imali dovoljno hrane, trebamo proširiti vidike, ne samo o tome što smatramo hranom nego i o tome što podrazumijevamo pod uzgojem. Uzgoj životinja na farmama zauzima oko 60 do 70 % svjetskog poljoprivrednog zemljišta i poznat je po emitiranju velikih količina stakleničkog plina metana. Također, prilikom uzgoja krava, svinja ili ovaca kao održivog proteina gubi se golema količina potencijalnih kalorija prehranom životinja. Povrh toga, zemljišta koja se koriste kao izvor biljne hrane za životinje ne mogu se koristiti za drugu namjenu. Jednostavnije rečeno, uzgoj stoke loš je za planet. Količina vode (litre) potrebna za stvaranje kilograma „uobičajena“ životinjskog proteina iznosi 17 481 litara. Uzgoj kukaca zahtijeva manje resursa i prihvatljiviji je za okoliš (van Huis i sur., 2013.).

Uzgoj zrikavaca, primjerice, ne zahtijeva toliko prostora, vode ili hrane kao uzgoj goveđih tradicionalnih proteina, a zrikavci istovremeno stvaraju mnogo manji postotak stakleničkih plinova (radi se o 90 % manje metana i 99,7 % manje dušičnog dioksida od goveda). Budući da je globalna mesna industrija odgovorna za 18 % emisija stakleničkih plinova godišnje, 4 % više od emisija u prometu, uzgoj zrikavaca zapravo je malo rješenje velikog problema.

Top šest razloga za uvođenje zrikavaca u prehranu

Iz mnogo razloga zrikavci su alternativa životinjskim proteinima.

1. Zrikavci su daleko učinkovitiji u pretvaranju hrane u bjelančevine od kokoši, svinja i krava.
2. Zrikavci se mogu uzgajati u zatvorenu prostoru, tijekom cijele godine, i u urbanim prostorima.
3. U zemljama u razvoju u kojima radnici skupljaju zrikavce ručno, usjevi se ujedno štite od kukaca, a zrikavci postaju izvor prihoda.
4. Uz nadopunu u ljudskoj prehrani, zrikavci čine i izvrsnu hranu za stoku, dodatno smanjujući utjecaj uzgoja stoke na okoliš.
5. Zrikavci se razmnožavaju impresivnom brzinom (ženke mogu odložiti 1200 jaja).
6. Zrikavci se mogu hraniti ostatcima prehrambenih proizvoda smanjujući tako količinu hrane koja se baca.

Internet vrvi informacijama o prehrani kukcima, pa se tako na nekim specijaliziranim stranicama mogu naći i podatci o nutricionističkoj vrijednosti kukaca. Mnogi kukci bogati su proteinima i sadrže manje masnoće od govedine, svinjetine ili drugih tradicionalnih mesnih obroka. Kukci su također prepuni kalcija, željeza i cinka, te imaju manje ugljikohidrata od većine uobičajenih izvora proteina. Tu treba dodati i neke zdrave minerale i znatnu dozu vlakana, tako da su kukci, nutricionistički gledano, odličan izvor hranjivih tvari. Na jednoj od tih stranica može se doznati da sto grama zrikavaca sadrži 121 kaloriju i tek 5,5 grama masti te 12,9 grama proteina. Za razliku od zrikavaca, sto grama govedine ima više proteina – 23,5 grama – ali i više kalorija (288,2) te četiri puta više masti. Gusjenice imaju 50 % više proteina od piletine, kukci sadrže jedan do dva puta više proteina od crvenog mesa, pčele i mravi imaju dvostruku količinu bjelančevina od jaja, palmin žižak dvostruko veću količinu proteina od svinjetine, a cvrčak 20 % više od govedine. Tablica 1 prikazuje usporedbu 100 grama mesa kokoši, svinje i goveda sa 100 g brašna od zrikavaca (van Huis i sur., 2013.).

Tablica 1. Usporedba nutritivnog sastava 100 grama životinjskog mesa i 100 grama mljevenih zrikavaca (izvor: entomology.ca.uky.edu, 2019.)

				
Protein (g)	59	23	30	19
Masti/zasićene (g)	24/8	1/0	6/2	13/5
Kolesterol (mg)	228	58	94	62
Ugljikohidrati (g)	8	0	0	0
Natrij (mg)	0,3	65	65	68
B12 (mg)	24	6	0,3	0,8
Vitamin C (%)	14	0	2	0
Željezo (%)	110	0,1	8	11
Kalcij (%)	110	0	1	1

Slijedeći svjetske trendove, Zavod za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu te Entomološka grupa (izvannastavna aktivnost) potkraj lipnja 2019. organizirali su znanstveno-stručni skup „**Kukci na tanjuru**“ (slika 2) da bi upoznali ljudе s ovom vrstom hrane, rušenjem predrasuda prema kukcima u prehrani te promocijom takvih jela.

Na znanstvenom dijelu skupa prezentirane su sljedeće teme:

Renata Bažok (Agronomski fakultet Zagreb): „Entomofagija – doprinos održivoj poljoprivredi“

Katarina Mikac (Sveučilište Wollongong, AUS): „Kukci – hrana iz prirode“

Suzana Rimac Brnčić (Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb): „Nutritivni sastav kukaca i stav potrošača prema njihovoj konzumaciji“

Daniel Pikl: Cricky.eu – prva hrvatska farma kukaca

Brojni posjetitelji doznali su ono najvažnije o entomofagiji, njezinu veliku utjecaju na svjetsku poljoprivredu, o iskustvima takve „egzotične“ prehrane u svijetu, nutritivnim vrijednostima prehrane kukcima, ali i o samom iskustvu uzgoja kukaca u Hrvatskoj, kao i o izazovima (prije svega zakonodavnima) koji su pred nama.

Nakon znanstvenog dijela skupa slijedio je stručni (degustacijski) dio gdje je poznati kuhar Ivan Pažanin za sve sudionike i posjetitelje pripremio jela od kukaca (slika 3 i 4). Koliko je to bilo uspješno, govori i velika medijska posvećenost ovome skupu, kao i buduće aktivnosti promocije kukaca u prehrani koje su dogovorene i također se organiziraju pod vodstvom djelatnika Zavoda za poljoprivrednu zoologiju.

Tako će se u sklopu Europskog projekta „Noć istraživača“ na Europskom trgu u Zagrebu (27. rujna) prezentirati kukci u prehrani ljudi te će se degustirati neki novi specijaliteti šefa Pažanina, a u planu je i predstavljanje delicija s kukcima na sajmu CROAGRO koji se održava u prosincu (5. - 8. prosinca) na Velesajmu u Zagrebu.

Svi su pozvani!



Slika 2. Organizatori i predavači znanstveno-stručnog skupa „Kukci na tanjuru“ (snimila M. Biondić Pavlić)



Slika 3 i 4. Jela s kukcima koja je pripremio kuhar Ivan Pažanin za sudionike skupa (snimila D. Lemić)

Zaključno!

Entomofagija ne znači odricanje od hrane koju poznajemo i volimo; radi se o proširenju naših kulinarskih horizonta i shvaćanju da je možda odgovor na budući nestašicu hrane cijelo vrijeme oko nas.

LITERATURA

Entomology at the University of Kentucky (2019). Insect Snacks From Around the World, dostupno na: <https://entomology.ca.uky.edu/content/insect-snacks-around-world>. Pristupljeno: 20.9.2019.

Thai.it (2019). Thailand Insect Food: Eating Fried Insects in Thailand, dostupno na: <https://www.thai.lt/thai-food/thai-food-blog/231-a-guide-to-thai-taste-eating-insects-in-thailand>. Pristupljeno: 20.9.2019.

van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the United Nations, Rim, Italija.

SKUPOVI

MEĐUNARODNI SKUP O PATOLOGIJI BESKRALJEŽNJAKA I MIKROBIOLOŠKOM SUZBIJANJU

Društvo za patologiju beskralježnjaka (*The Society for Invertebrate Pathology* – SIP) i Međunarodna organizacija za biološku i integriranu zaštitu bilja (*International Organisation for Biological and Integrated Control* – IOBC/WPRS) organizirali su 52. godišnji skup Društva za patologiju beskralježnjaka i 17. skup radne skupine IOBC/WPRS „Microbial and Nematode Control of Invertebrate Pests“. Prvi su put ova dva društva organizirala zajednički skup, koji je održan od 28. srpnja do 1. kolovoza 2019. u Valenciji u Španjolskoj. Skupu su prisustvovale mnogobrojne delegacije znanstvenika i stručnjaka s oko 500 sudionika iz brojnih europskih, ali i američkih i azijskih zemalja, kao i znanstvenici iz Australije i Novog Zelanda. Znanstveni program skupa obuhvatio je 295 usmenih izlaganja i 172 prikazana postera u sedam sekcija: Bakterije; Virusi; Nematode; Puževi; Gljive; Bolesti korisnih beskralježnjaka i Mikrobiološko suzbijanje. U izlaganjima su sudjelovali i brojni studenti, njih 110, kroz usmena izlaganja i prezentacije postera. Na skupu su održana i četiri plenarna predavanja. Sudionici su također imali priliku sudjelovati na nekoliko radionica, kao što su „Znanstvena komunikacija“ i „Determinacija puževa i njihovih parazita“.

Svoje radeve tijekom skupa predstavili su i sudionici iz Hrvatske s dva posteru i jednim usmenim izlaganjem. Predstavljen je poster naslova *Management of Colorado potato beetle overwintering adults with entomopathogenic nematodes*, autora M. Čaćija; M. Mrganić; M. Kolenc; D. Lemić; Z. Drmić; H. Virić Gašparić; R. Bažok, s Agronomskog fakulteta u Zagrebu te poster naslova *First report of entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* from Croatia and its virulence against *Lasioptera rubi**, autora I. Majić; A. Sarajli; T. Lakatos; T. Tótha; E. Raspudić; Ž. Laznika, s Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Prezentaciju naslova *Effectiveness of entomopathogenic *Beauveria pseudobassiana* on *Corythucha arcuata* in laboratory conditions* izložila je Marta Matek, mag. ing. silv. s Hrvatskog šumarskog instituta.

Uz znanstveni dio organiziran je izlet u Grad umjetnosti i znanosti i Oceanografiju, a nakon izleta prisutni su imali priliku uživati na domjenku u „Jardines de la Hacienda“. Sudionici su mogli pokazati i svoje sportske vještine u utrci „5K“ koja je bila organizirana kroz vrtove Turie.

Vrlo kvalitetni radovi prezentirani na skupu potaknuli su zanimljive rasprave iz kojih su proizšle nove ideje i iskustva, a zanimljiva društvena događanja bila su savršena za sklapanje novih suradnja.

Martina Kadoić Balaško, mag. ing. agr.

11. IOBC KONFERENCIJA

„Integrirana zaštita uskladištenih proizvoda“



Na Sveučilištu u Pisi (Italija) od 3. do 6. rujna 2019. održana je 12. IOBC-WPRS konferencija radne grupe „Integrated Protection of Stored Product“ na kojoj je sudjelovalo 150 znanstvenika iz cijelog svijeta.

Radna skupina promiče uporabu održivih, ekološki sigurnih, ekonomski i društveno prihvatljivih metoda suzbijanja štetnika i bolesti uskladištenih proizvoda i prehrambene industrije. Opći su ciljevi radne skupine priopćavanje rezultata istraživanja i promicanje metoda integrirane zaštite uskladištene robe koje pomažu smanjenju uporabe pesticida i izbjegavanju rizika za korisnike – potrošače, te koje su sigurne za okoliš.

Znanstveni program konferencije obuhvatio je 67 usmenih izlaganja i 52 prikazana postera u osam sekcija: Fizikalne, kemijske i druge tehnologije za suzbijanje skladišnih štetnika; Zaštita od štetnika u industriji hrane; Prevencija infekcija mikroflorom te razvoj mikotoksina; Karantena i zakonodavstvo; Biološka zaštita štetnika uskladištenih proizvoda; Metode prevencije zaraze tijekom procesa skladištenja, transporta i manipulacije uskladištene robe; Prirodni proizvodi; Štetnici drva, urbanih sredina i muzeja.

Svoje radove tijekom skupa predstavili su i sudionici iz Hrvatske s jednim posterom i dva usmena izlaganja. Predstavljen je poster naslova *Ozone efficiency in insect suppression*, autora D. Lemić; D. Jembreka; L. Jantolek; K. Šimunović, M. Gende i M. A. Galešić, s Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Usmeno izlaganje *Regulations realted to storing of agricultural products and other goods* izložila je dr. sc. Darka Hamel iz Hrvatskog centra za poljoprivredu, hranu i selo Zavoda za zaštitu bilja, te je izloženo i usmeno izlaganje *Effectiveness of new developed natural and safe insecticide formulations against stored product insects* skupine autora: Z. Korunić, A. Liška, D. Hamel, P. Lucić i V. Rozman s Fakulteta agrobiotehničkih znanosti iz Osijeka.

Uz znanstveni dio organizirana je stručna ekskurzija u skladišne pogone tvrtke Bartalini S. p. a. (San Vincenzo), nakon čega je uslijedila šetnja po Livornu i zajednička večera.

Radovi prezentirani na kongresu bili su vrlo kvalitetni i popraćeni zanimljivim raspravama iz kojih su proizišle nove suradnje i razmjene iskustava i znanja.

doc. dr. sc. Darija Lemić

10. CASEE KONFERENCIJA

“The role of life science universities in redirecting land use from threat to guardian of ecosystem”

Na Sveučilištu u Sarajevu, na Poljoprivredno-prehrambenom fakultetu (UNSA) (Sarajevo, Bosna i Hercegovina) od 12. do 15. lipnja 2019. održana je 10. CASEE konferencija. Sudjelovalo je 70 sudionika iz zemalja centralne i jugoistočne Europe. Glavna tema konferencije ukazala je na važnost zemljišta te da tlo nije isključivo povezano s poljoprivredom i proizvodnjom hrane. Danas je zemljište ključni element bioekonomije. To zahtijeva nove pristupe koji traže održivo upravljanje prirodnim resursima i suočavanje s izazovom klimatskih promjena. Zemljište više nije puki faktor proizvodnje, nego svojevrsno zrcalo koje nam pokazuje svijet koji oblikujemo, sa svim našim nadama i problemima.

Znanstveni program obuhvatio je 37 usmenih izlaganja i 33 postera u šest znanstvenih sekcija koje su se bavile suvremenom poljoprivredom i ruralnim razvojem, obnovljivim izvorima energije – mogućnostima i ograničenjima, održivim sustavima hrane i njegine kvalitete, sigurnosti okoliša i klimatskih promjena, novim izazovima u veterinarskoj medicini i posebna sekcija bavila se iskustvima s eksperimentalnih farma. Sudionici iz Hrvatske bili su zastupljeni s tri usmena izlaganja i predstavili su tri postera. Unutar sekcije „suvremena poljoprivreda i ruralni razvoj“ izv. prof. dr. sc. M. Vinceković održao je predavanje *Alginate microparticles loaded with biofertilizers and macro or micronutrients for agroecological production*. U sekciji „sigurnost okoliša i klimatske promjene“ održana su dva usmena izlaganja, *Land management effects on soil erosion and degradation in Croatian vineyard obtained by rainfall simulation*, koje je izložio L. Telak, mag. ing. agr., a doc. dr. sc. I. Bogunović izložio je prezentaciju *Land use in Zagreb altered soil quality properties*.

Poster naslova *New and modern tools for investigating pest resistance* predstavila je M. Mrganić u ime skupine autora: R. Bažok, K. M. Mikac, H. A. Beníteza, D. Lemić. Predstavljeni su još posteri

Application of alginate microparticles simultaneously loaded with Trichoderma viride and calcium or copper cations on tomato cultivation, autora M. Viskića, M. Vincekovića, S. Jurića, L. Maslov Bandić, E. Đermić, I. Žutić, S. Fabek, S. Topolovec-Pintarić i poster naslova *Influence of different tillage methods to mitigate climate change*, autora L. Brezinčaka i I. Kisića.

Prikazani radovi bili su zanimljivi i popraćeni konstruktivnim kritikama i raspravama, a uz znanstveni dio, za sudionike je organiziran posjet Botaničkom vrtu i izlet u Mostar.

Martina Kadoić Balaško, mag. ing. agr.

NOVI DOKTORI ZNANOSTI**Ivan Lukić**

Doktorski rad, **Redefiniranje značaja gubara (*Lymantria dispar* L.) kao šumskoga štetnika u Republici Hrvatskoj** (eng. Redefining the significance of gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) as a forest pest in Republic of Croatia), izrađen pod mentorstvom prof. dr. sc. Borisa Hrašovca, obranio je 09. studenog 2018.

Sažetak Gubar (*Lymantria dispar*) je jedan od najvažnijih šumskih štetnika na području Hrvatske. Globalni značaj ovog šumskog štetnika porastao je s njegovim unosom na područje Sjeverne Amerike 1869.

godine, gdje je klasificiran kao invazivni šumski štetnik. Redefiniranje značaja gubara kao šumskog štetnika potrebno je zbog novootkrivenih segmenata, ali i dosad neistraženih bioloških segmenata za područje Hrvatske. Pomicanje šumskih štetnika prema sjeveru uočljiv je znak klimatskih promjena. Pojavom novih znanstvenih metoda (molekularno genetička analiza) utvrđeno je da gubar na području Hrvatske ima dvije populacije (kontinentalna i mediteranska). Dvije populacije se razlikuju i po učestalosti gradacije (kontinentalna: 10 – 11 godina ; mediteranska: češće i nepravilnije). Migracijske sposobnosti omogućuju gubaru da se proširi na nova područja, a klimatske promjene i pomicanje šumskih štetnika prema sjeveru, postavljaju pitanje prilagodbe mediteranske populacija gubara na hrast lužnjak (*Quercus robur*). Dosadašnja istraživanja kompleksa tanina, pokazuju pozitivne, negativne i neutralne učinke te se postavlja pitanje, koja je njihova uloga u prilagodbi ličinki gubara na lišće hrasta lužnjaka. Sastojine hrasta lužnjaka su tijekom 20. stoljeća imale vidljive promjene unutarnje strukture (nestanak nizinskog briješta – *Ulmus minor*), a kritični brojevi jajnih legala gubara nisu korišteni do pretposljednje gradacije (2003. – 2005.), nego je umjesto njih korišten postotak zaraze podijeljen u 5 klasa. Za precizniji izračun kritičnih brojeva jajnih legala gubara, potrebno je poznavati prosječnu masu lišća koju konzumira 1 ličinka gubara. Dosad korišteni podatak od 12 g nema opisa metode utvrđivanja i vrste drveća. Gubitak na debljinskom prirastu uslijed defolijacije istražen je na hrastu lužnjaku (28 – 30 %), dok za običnu bukvu (*Fagus sylvatica*) nisu provedena istraživanja. Laboratorijski pokusi prehrane postavljeni su u 2016. i 2017. godini. Prvi pokus je proveden sa smjesom fino usitnjenog lišća, s ciljem utvrđivanje prilagodbe mediteranske populacije gubara na lišće hrasta lužnjaka. Uz pokus napravljena je i biokemijska analiza kompleksa tanina u korištenim vrstama lišća. Molekularno genetička analiza napravljena je s ciljem potvrde pripadnosti korištenih ličinki gubara mediteranskoj populaciji. Drugi pokus je proveden korištenjem svježe

sakupljenog lišća, s ciljem utvrđivanja prosječne mase lišća (hrast lužnjak i obična bukva) koju konzumira 1 ličinka gubara kontinentalne populacije. Dendroentomološka analiza na stablima obične bukve napravljena je korištenjem standardne metode uzorkovanja (izvrtci). Rezultati prvog laboratorijskog pokusa pokazali su uspješnu prilagodbu ličinki mediteranske populacije gubara na lišće hrasta lužnjaka. Potrebno je naglasiti da su za prilagodbu i preživljjenje ključni početni larvalni stadiji. Biokemijska analiza kompleksa tanina u ovom istraživanju, ukazuje da kondenzirani tanini predstavljaju inhibirajući čimbenik za ličinke gubara na lišću hrasta lužnjaka. Molekularno genetička analiza utvrdila je pripadnost korištenih ličinki gubara mediteranskim haplotipovima u prvom laboratorijskom pokusu. Drugi laboratorijski pokus prehrane utvrdio je prosječnu masu lišća koju konzumira 1 ličinka gubara kontinentalne populacije. Rezultati drugog laboratorijskog pokusa prehrane utvrdili su da 1 ličinka gubara kontinentalne populacije konzumira prosječno manje lišća u odnosu na dosad korišteni podatak od 12 g (hrast lužnjak 2, $91 \pm 0,09$ g/suha tvar, 9, $37 \pm 0,30$ g/svježa tvar ; obična bukva 2, $65 \pm 0,13$ g/suha tvar ; 7, $86 \pm 0,38$ g/svježa tvar). Izračun kritičnih brojeva jajnih legala gubara za sastojine hrasta lužnjaka pokazao je povećanje kritičnih brojeva jajnih legala gubara u odnosu na dosad korištene, a za sastojine obične bukve kritični brojevi jajnih legala predstavljaju potpuno novi podatak za predviđanje štete. Dendroentomološka analiza utvrdila je da defolijacija gubara na stablima obične bukve utječe na smanjenje širine goda prosječno (-65 %) na području gdje je zabilježena gradacija i potpuna defolijacija. Provedeno istraživanje pokazalo je kako šumski štetnici na području Hrvatske nisu detaljno istraženi. Mogućnost migracije mediteranske populacije gubara prema sjeveru, ali i vidljiva prilagodba na hrast lužnjak pokazuju nam da je monitoring šumskih štetnika važan izvor informacija pri odlučivanju o poduzimanju mjera zaštite. Važnost monitoringa šumskih štetnika pogotovo dolazi do izražaja u trenutku odluke o korištenju aktivnih mjera zaštite (koristiti ili ne koristiti). Pogotovo je to bitno u smislu ranog uočavanja pojave šumskih štetnika u područjima gdje dosad nije zabilježen. Kompleks tanina i njegov utjecaj na gubara u ovom istraživanju predstavljaju prve podatke za područje Hrvatske. Postavlja se pitanje njegovog utjecaja na populacijsku dinamiku drugih šumskih štetnika u Hrvatskoj. Izračun prosječne mase lišća koju konzumira 1 ličinka gubara predstavlja osnovu za izračun kritičnih brojeva jajnih legala gubara. Kritični brojevi jajnih legala gubara prikazani u ovom istraživanju zahtijevaju provjeru točnosti na terenu, ali i izmjeru mase lišća u krošnji stabala. Također, buduća istraživanja bi trebala koristiti metode daljinskih istraživanja kako bi se cijeli postupak pojednostavio. Sve navedeno trebalo bi donijeti dodatne uštede prilikom odluke o tretiranju šumskih sastojina gdje se gubar nalazi u gradaciji. Dendroentomološke analize koje su dosad provedene (hrast lužnjak i obična bukva) utvrđile su da golobrst gubara ima negativan utjecaj na gubitak

debljinskog prirasta. Dodatna dendroentomološka istraživanja, povezana s defolijacijom ostalih šumskih štetnika dodatno bi razjasnila i unaprijedila saznanja ovog važnog segmenta integrirane zaštite šuma.

Ključne riječi: defolijator, polifagna vrsta, populacija, kritični brojevi, dendroentomologija, tanin, kondenzirani tanin

ISPRAVAK POGREŠKE IZ PROŠLOG BROJA ČASOPISA

U Glasilu biljne zaštite broj 4, na stranicama 459 do 468, u članku autora Aleksandra Mešića, Borisa Duralije, Tihomira Miličevića i Ivane Pajač Živković, naslova: **Novi zahtjevi velikih distributera voća i povrća**, nenamjerno je napravljen propust u pripremi članka i tisku. Pod naslovom „Tablica 4. Primjer izračuna za 70 % MDK-a za svaku aktivnu tvar pojedinačno“ tiskana je tablica 5 koja prikazuje „Primjer kumulativnog izračuna za 70 % MDK-a“, a tablica 5 sa svojim sadržajem nije ni tiskana. U nastavku slijedi ispravan poredak tablica s popratim tekstom iz originalnog članka.

Još jednom se ispričavamo autorima i čitateljima na ovoj pogrešci!

Aleksandar MEŠIĆ, Boris DURALIJA, Tihomir MILIČEVić, Ivana PAJAČ ŽIVKOVIĆ

NOVI ZAHTJEVI VELIKIH DISTRIBUTERA VOĆA I POVRĆA

Ograničenje dopuštene razine rezidua pesticida na 70 % zakonski propisanog MDK-om za svaku aktivnu tvar pojedinačno u praksi nije teško postići jer se pravilnom primjenom pesticida količina rezidua vrlo rijetko približava vrijednosti MDK-a, a često je i ispod granice detekcije. U tablici 4 prikazan je primjer različitih pesticida i hipotetske vrijednosti MDK-a i laboratorijski utvrđene razine rezidua pesticida za svaku aktivnu tvar pojedinačno.

Tablica 4. Primjer izračuna za 70 % MDK-a za svaku aktivnu tvar pojedinačno

Pesticid	Količina rezidua	MDK	70% MDK	Obveza
A	0,05	0,10	0,070	✓
B	0,01	0,05	0,035	✓
C	0,12	0,20	0,140	✓
D	0,08	0,10	0,070	✓
E	0,05	0,15	0,105	✓
F	0,02	0,10	0,070	✓

Ako bi se u primjeru iz tablice 5 provodilo ograničenje broja aktivnih tvari na najviše 4 ili 5, tada taj uzorak svježeg voća ili povrća ne bi ispunjavao ugovorenu obvezu koju je preuzeo proizvođač.

Znatno je teže postići ograničenje maksimalno dopuštene razine MDK -a pri kumulativnom izračunu (tablica 5). Pri takvom izračunu zbrajaju se udjeli rezidua svake utvrđene aktivne tvari u odnosu na njezin MDK, nakon čega se uspoređuje zbroj njihovih udjela s ugovorenim iznosom.

Tablica 5. Primjer kumulativnog izračuna za 70 % MDK-a

Pesticid	Količina rezidua	MDK	% MDK	Kumulativno
A	0,01	0,10	10 %	10 %
B	0,01	0,05	20 %	30 %
C	0,12	0,20	60 %	90 %
D	0,08	0,10		
E	0,05	0,15		
F	0,02	0,10		

U primjeru prikazanu u tablici 5 već je kod trećeg pesticida postignut kumulativni iznos (zbroj) veći od ugovorenih 70 %. Iako se ovaj hipotetski uzorak ne može smatrati zdravstveno neispravnom hranom jer nije utvrđeno prekoračenje MDK-a ni za jedan pronađeni pesticid i ne znači rizik za zdravlje konzumenata, svejedno bi bio prekršen ugovor između proizvođača i kupca (velikog trgovačkog lanca).

PRIPREMA RUKOPISA ZA ČASOPIS GLASILO BILJNE ZAŠTITE UPUTE AUTORIMA

Glasilo biljne zaštite objavljuje stručne radove iz biljnoga zdravstva (fitomedicine) u poljoprivredi, šumarstvu, u zaštiti ukrasnoga bilja i srodnim područjima. U Glasilu biljne zaštite tiskaju se znanstveni radovi (a2), pregledni radovi, kratka priopćenja i stručni radovi. U posebnim rubrikama Glasilo biljne zaštite donosi zanimljivosti, izvješća sa skupova, društvene vijesti, prikaze novih izdanja i slično.

Rad treba biti napisan u fontu Calibri, veličina slova 11, s razmakom linija 1,5 uz obostrano poravnanje (Justify). Stranice treba označiti rednim brojem. Članak ne smije imati više od 14 stranica, uključujući tablice, slike i popis literature. Naslov rada osobito je važan dio članka jer je njegov najuočljiviji i najčitaniji dio i zato mora sa što manje riječi točno prikazati sadržaj. **NASLOV** se piše velikim slovima, font 12, boldano i centrirano. Podnaslovi prvog reda (npr. **UVOD, REZULTATI**) pišu se velikim slovima, font 11, boldano i centrirano. Podnaslovi drugog reda (npr. **Lokacija istraživanja, Prikupljanje kukaca...**) pišu se pisanim slovima, veličina slova 11, boldano i centrirano.

Iznad naslova navesti: puno ime i prezime autora bez titula (veličina slova 12, bold, italic), naziv organizacije (ustanove) svakog autora i elektronsku poštu autora za dopisivanje (veličina slova 11).

Primjer:

Ime PREZIME¹, Ime PREZIME²

¹ puni naziv matične ustanove ili radne organizacije

(npr. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku)

² puni naziv ustanove ili radne organizacije

(npr. Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zavod za zaštitu bilja, Zagreb

e-mail adresa autora

PRVI NALAZ CRNE ŠTITASTE UŠI ARAUKARIJE

Radovi koji se zasnivaju na vlastitim istraživanjima u pravilu trebaju imati ova poglavlja: **SAŽETAK, UVOD, MATERIJAL I METODE, REZULTATI, RASPRAVA I ZAKLJUČAK, NASLOV NA ENGLESKOM, SUMMARY, LITERATURA** (sve pisati velikim slovima, boldano i centrirano). Navesti treba najviše 6 ključnih riječi, uključujući i latinske nazive štetnih organizama. Sažetak smije imati naviše 2000 znakova s razmacima. Stručni radovi, kratka priopćenja, stručni prilozi ne moraju obvezatno imati navedena poglavlja već mogu imati drugačiji slijed izlaganja (npr. **SAŽETAK, UVOD, SIMPTOMI, ŽIVOTNI CIKLUS, EKOLOGIJA, PROGNOZA I SUZBIJANJE, LITERATURA**, ako je potrebna).

SAŽETAK bi trebao prikazati sadržaj članka napisan ukratko tako da i bez čitanja preostalog dijela teksta čitatelj može doznati što članak donosi pa na temelju toga odlučiti da li će ga dalje čitati. To je dio članka koji se objavljuje u sekundarnim publikacijama. **UVOD** članka treba imati dostatno obavijesti da bi čitatelj mogao razumjeti i procijeniti autorove zamisli, postupke i očekivane rezultate. Iz uvoda mora biti jasan motiv takva istraživanja. **LITERATURA**, ako se navodi, treba biti napisana u fontu Calibri, veličina slova 10, s razmakom linija 1,5 uz obostrano poravnanje (Justify), citira se po „Harwardskome sustavu“, a upisuje se abecednim redom. U tekstu članka literaturni navodi upisuju se kronološki od starijeg prema novijem datumu, te se odvajaju korištenjem znaka ; (npr. Dufour i sur., 2010.; Miles i sur., 2012.; Šubić, 2015.).

Primjer:

Radovi u časopisu:

1. Maceljski, M. (1967.). Pojava rezistentnosti krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) u Jugoslaviji. Agronomski Glasnik, 10, 891–900.

Autor se u tekstu članka navodi na sljedeći način: (Maceljski, 2010.).

2. Dunley, J. E., Welter, S. C. (2000.). Correlated insecticide crossresistance in azinphosmethyl resistant codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of economic entomology, 93 (3), 955-962.

Autori se u tekstu članka navode na sljedeći način: (Dunley i Welter, 2010.).

3. Jiang, W., Wang, Z., Xiong, M., Lu, W., Liu, P., Guo, W., Li, G. (2010.). Insecticide Resistance Status of Colorado Potato Beetle (Coleoptera:

Chrysomelidae) Adults in Northern Xinjiang Uygur Autonomous Region. Journal of Economic Entomology, 103, 1365-1371.

Autori se u tekstu članka navode na sljedeći način: (Jiang i sur., 2010.).

Knjiga:

4. Ciglar, I. (1998.). Integrirana zaštita voćaka i vinove loze. Čakovec, Zrinski d.d., 88-87.

Poglavlje knjige ili Zbornika:

5. Collins, P. J. (1998.). Resistance to grain protectants and fumigants in insect pests of stored products in Australia. U: Stored Grain in Australia. Banks, H. J., Wright, E. J., Damcevski, K. A. (ur.). Proceedings of the Australian Post-harvest Technical Conference. Canberra, Australia, 55–57.

Citiranje s WEB izvora:

Prezime(na), inicijali imena autora (ako je/su poznata), (godina), naslov dokumenta, datum nastanka (ako se razlikuje od datuma pristupa izvoru), ftp adresa zajedno s potpunom stazom pristupa direktoriju na kojem se nalazi dokument i datum pristupa.

Primjeri:

6. Mazomenos, B. E., Stefanou, D., Mazomenos-Pantazi, A., Carapati, K. (1997.). Mating disruption field trials to control the olive moth, *Prays oleae* Bern: a four-year study. Technology Transfer in Mating

Disruption, IOBC wprs Bulletin 20 (1), dostupno na:

<http://phero.net/iobc/montpellier/mazomenos.html> (pristupljeno: 27.3.2012.)

Autori se u tekstu članka navode na sljedeći način: (Mazomenos i sur., 1997.)

7. CDC (2010.). Centre for Disease Control and Prevention, dostupno na:
<http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol4no4/brogdon.htm> (pristupljeno: 14.03.2010.)

Citiranje u tekstu članka navodi na sljedeći način: (CDC, 2010.)

Za točnost navedene literature odgovara autor.

Prilozi tekstu:

Tablice moraju imati redni broj i naslov. Naslovi tablica navode se iznad tijela tablice. U radovima koji imaju Summary poželjno je da i tablice uz hrvatski tekst imaju i prijevod na engleski jezik. Treba ih unijeti na odgovarajuće mjesto u tekstu članka (npr.: Tablica 1 prikazuje...). Poželjne su originalne slike u boji, spremljene u tiff. ili jpg. formatu i minimalno 300 dpi te se šalju uz rad kao zaseban dokument. U tekstu članka potrebno je uputiti na mjesto gdje se umeće slika. Primaju se najviše 4 slike uz pojedini članak. Slike ili crteže treba označiti rednim brojem (broj navesti u tekstu članka: npr. Slika 1), navesti autora slike i kratki opis: Slika 1. Imago cigaraša (snimio M. Perić); Slika 2. *Lamium purpureum* (snimio P. Perić). Znanstvene (latinske) nazive štetnih organizama i biljaka domaćina treba pisati *italicom*. Uz preuzete slike iz relevantne literature te preoblikovane ili preuzete s WEB stranica, treba stajati izvor: Slika 3. Shematski prikaz razvoja rezistentnih populacija kukaca,

prilagođeno prema Igrc Barčić i Maceljski (2001.). Slika 4. Monitoring rezistentnih populacija repičina sjajnika u 13 europskih zemaljama (2014.) (Izvor: IRAC, 2017.). Izvori slika citiraju se prema istim pravilima kao i citiranja teksta te se navode u popisu literature.

Autori odgovaraju za sadržaj rada odnosno priloga – slika.

Treba rabiti mjerne jedinice u skladu s Međunarodnim sustavom (SI). Radovi se recenziraju i lektoriraju.

Tekst članaka šalje se na E-mail adresu glavne urednice (rbazok@agr.hr) i tehničke urednice (dlemitic@agr.hr)

Rukopisi koji nisu napisani prema uputama bit će vraćeni autoru na doradu.

**Glavna urednica
prof. dr. sc. Renata Bažok**

POLJOCENTAR
KRIŽEVCI
Obrtnička 12 • 048/682-848

MALOPRODAJA I VELEPRODAJA
N. Tesle 4 • Križevci
Tel.: 048/711 400, 048/712 008
Fax.: 048/ 712 401
E-mail: poljocentar@poljocentar.hr
www.poljocentar.hr