

Ivana PAJAČ ŽIVKOVIĆ, Dana ČIRJAK PAVIĆ, Martina PAJAČ BEUS, Božena BARIĆ

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

METODA KONFUZIJE MUŽJAKA KAO ODRŽIVA STRATEGIJA SUZBIJANJA JABUKOVA SAVIJAČA I GROZDOVIH MOLJACA

SAŽETAK

Jabukov savijač te pepeljasti i žuti grozdov moljac najznačajniji su štetnici u nasadima jabuke i vinove loze, čije gusjenice uzrokuju velike gospodarske štete. Dugotrajna primjena insekticida dovela je do razvoja rezistentnosti, negativnih učinaka na korisne organizme i okoliš te istakla potrebu za održivim, nekemijskim strategijama suzbijanja. Jedna je od najučinkovitijih strategija primjena metode konfuzije mužjaka, koja se temelji na primjeni sintetskih spolnih feromona radi odgađanja ili onemogućavanja parenja, čime se postiže smanjenje brojnosti populacije štetnika. U radu je prikazana biološka osnova metode te vrste dispenzora s njihovim načinom djelovanja i rezultati primjene u suzbijanju jabukova savijača i grozdovih moljaca u Hrvatskoj. Posebno su istaknute prednosti metode, poput visoke selektivnosti i potpune kompatibilnosti s integriranom i ekološkom proizvodnjom, ali i ograničenja povezana s troškovima, potreba za velikim homogenim površinama te varijabilnost učinkovitosti pod utjecajem okolišnih čimbenika. Perspektive daljnje primjene u Hrvatskoj uključuju primjenu metode u suzbijanju drugih vrsta savijača u višegodišnjim nasadima te uvođenje već dostupnih višeciljnih formulacija i aerosolnih sustava, što otvara mogućnosti za širu integraciju takve primjene u održive programe zaštite bilja.

Ključne riječi: *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758), *Eupoecilia ambiguella* (Hübner, 1796), *Lobesia botrana* ([Denis & Schiffermüller, 1775]), feromoni, zbunjivanje štetnika, održiva zaštita bilja

UVOD

Jabukov savijač (*Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758)) te žuti (*Eupoecilia ambiguella* (Hübner, 1796)) i pepeljasti grozdov moljac (*Lobesia botrana* ([Denis & Schiffermüller, 1775])) najznačajniji su štetnici iz porodice savijača (Tortricidae) u uzgoju jabuke i vinove loze (Maceljski, 2002.). Gusjenice ovih vrsta hrane se mesom i sjemenkama plodova, uzrokujući tzv. crvljivost. Takvi plodovi gube tržišnu vrijednost i postaju osjetljiviji na sekundarne infekcije biljnim patogenima, što dodatno smanjuje urod i kvalitetu konačnog proizvoda (Maceljski, 2002.). Zbog izrazite štetnosti i gospodarskog značaja upravo na

suzbijanje ovih vrsta otpada najveći udio primjene insekticida u nasadima jabuke i vinove loze (Ioriatti i Lucchi, 2016.; Šubić i sur., 2016.; Pajač Živković i Barić, 2017.). Međutim, dugotrajna i intenzivna primjena kemijskih sredstava u višegodišnjim nasadima dovela je do niza negativnih posljedica: pojave rezistentnosti (Civolani i sur., 2014.; Pajač i sur., 2012.; Pajač Živković i sur., 2019.; Kadoić Balaško i sur., 2020.; Albaz i sur., 2024.), trofobioze, toksičnosti za korisne organizme i ljude putom rezidua u finalnom proizvodu, smanjenja bioraznolikosti agroekosustava te, u pojedinim slučajevima, i fitotoksičnih učinaka (Ciglar, 1998.; Barić i Pajač Živković, 2017., 2020.). Posljedično, sve se više ističe potreba za alternativnim, održivim i ekološki prihvatljivim strategijama zaštite. U okviru integrirane zaštite bilja (IZB) prioritet se stoga daje metodama koje minimiziraju uporabu pesticida i djeluju selektivno, uz očuvanje prirodne ravnoteže ekosustava (Ciglar, 1998.; Ioriatti i sur., 2011.). Poseban naglasak stavlja se na alternativne, nekemijske mjere (Lacey i Shapiro-Illan, 2008.; Witzgall i sur., 2008.), koje su visoko selektivne i u skladu s ciljevima Direktive 2009/128/EZ o održivoj uporabi pesticida (Nicastro i sur., 2024.). Jedna je od najučinkovitijih nekemijskih mjera u suzbijanju savijača metoda konfuzije mužjaka (*mating disruption*), kojom se s pomoću sintetiziranih seksualnih atraktanata – feromona ometa razmnožavanje ciljnih štetnika (Witzgall i sur., 2008.; Lance i sur., 2016.).

Primjena metode konfuzije mužjaka danas je u Europskoj uniji rasprostranjena na gotovo 300 000 ha vinograda, ponajprije u suzbijanju pepeljastog grozdovog moljca (Benelli i sur., 2019.), te na oko 70 000 ha nasada jabuke za suzbijanje jabukova savijača (Damos i sur., 2015.). Na manjim površinama metoda se koristi i protiv drugih štetnih vrsta savijača, primjerice smeđeg šljivina savijača (*Grapholita lobarzewskii* (Nowicki, 1860)), breskvina savijača (*Grapholita molesta* (Busck, 1916)), savijača kože ploda (*Adoxophyes orana* (Fischer von Röslerstamm, 1834)), smeđeg voćnog savijača (*Pandemis heparana* ([Denis & Schiffermüller], 1775)) i crvenog savijača pupova (*Spilonota ocellana* ([Denis & Schiffermüller], 1775)). Osim savijača, komercijalno su dostupne formulacije i za druge važne štetnike višegodišnjih nasada, primjerice granotoča (*Zeuzera pyrina* (Linnaeus, 1761)) i jabučnog staklokrilca (*Synanthedon myopaeformis* (Borkhausen, 1789)) (Damos i sur., 2015.). Posebno je na tržištu zanimljiva pojava višeciljnih formulacija koje kombiniraju feromone različitih vrsta, što omogućuje istodobno suzbijanje više štetnika u nasadu te otvara nove mogućnosti za unaprjeđenje integriranih programa zaštite bilja.

Učinkovitost metode konfuzije mužjaka ovisi o nizu čimbenika, uključujući oblik i veličinu nasada, mikroklimatske uvjete (prije svega temperaturu zraka i brzinu vjetra), prisutnost netretiranih površina u blizini tretiranih nasada te početnu gustoću populacije štetnika (Fernández i sur., 2010.). Najbolji rezultati postižu se na velikim, prostorno povezanim površinama, kada se metoda

provodi kontinuirano tijekom više uzastopnih sezona, osobito u godinama s nižom gustoćom populacije (Carlos i sur., 2014.; Płuciennik, 2013.).

U Hrvatskoj se metoda konfuzije mužjaka još uvijek primjenjuje vrlo ograničeno, iako su prvi terenski pokusi provedeni još 1999. i 2000. godine u suzbijanju jabukova savijača (Ciglar i sur., 2000.). Prepreke široj primjeni uglavnom uključuju veće početne troškove u odnosu na kemijske insekticide, nedostatak iskustva proizvođača, ograničenu dostupnost komercijalnih preparata te nužnost preciznog praćenja populacija radi postizanja optimalne učinkovitosti (Barić i Pajač Živković, 2017.).

Cilj je ovoga rada pregledno prikazati biološku osnovu metode konfuzije mužjaka, njezinu primjenu u suzbijanju jabukova savijača i grozdovih moljaca na području Hrvatske, s posebnim osvrtom na prednosti i ograničenja te na perspektive daljnje primjene i mogućnosti šire implementacije u nacionalne sustave integrirane zaštite bilja.

BIOLOŠKA OSNOVA METODE KONFUZIJE MUŽJAKA

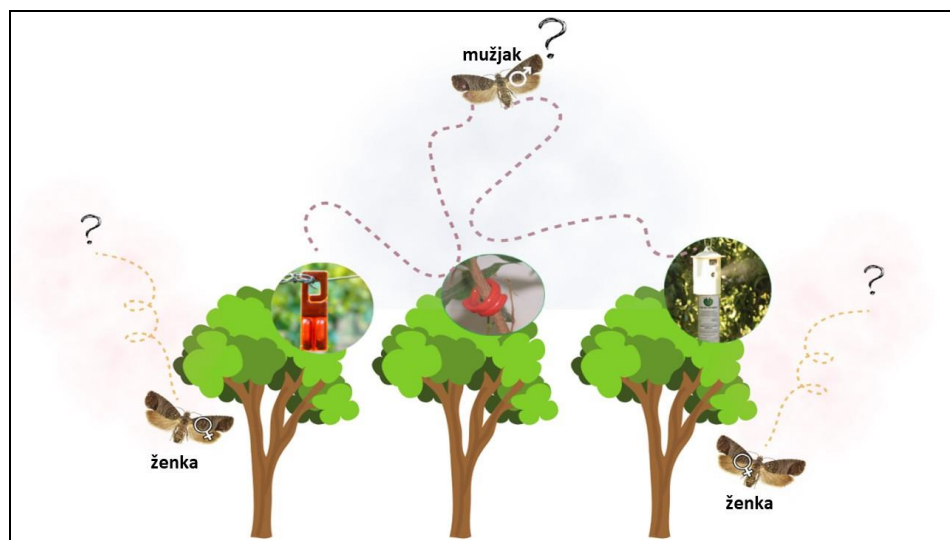
Semiokemikalije imaju ključnu ulogu u životu kukaca jer posreduju u komunikaciji unutar vrsta i među njima omogućujući pronalazak jedinki suprotnog spola, izvora hrane, prikladna staništa ili signaliziranje opasnosti (Igrc Barčić i Maceljski, 2001.; Abd El-Ghany 2019.). Među njima seksualni atraktanti – feromoni – posebno su značajni jer omogućuju mužjacima i ženka međusobno prepoznavanje i uspješno parenje. Prvi feromon, bombykol, izoliran je i kemijski okarakteriziran u ženke dudovca (*Bombyx mori* Linnaeus, 1758) 1959. godine, što je označilo početak moderne kemijske ekologije kukaca (Wang i sur., 2021.). Nakon toga kemijske strukture brojnih feromona razjašnjene su i sintetizirane u laboratoriju, a njihova komercijalizacija otvorila je mogućnost široke primjene u poljoprivredi.

Prva i najraširenija primjena sintetiziranih feromona dogodila se u detekciji i praćenju populacija štetnika s pomoću feromonskih lovki, koje pouzdano pokazuju prisutnost vrste i određuju početak sezone leta, čime se omogućuje pravodobno planiranje mjera zaštite (Damos i sur., 2015.). Upravo na toj biološkoj osnovi razvijena je metoda konfuzije mužjaka (eng. *mating disruption*), u kojoj se u nasad postavljaju dispenzori impregnirani sintetskim feromonima ženki. Oni postupno i kontinuirano otpuštaju miris u okoliš, čime se zrak „zasićuje“ signalima i otežava mužjacima pronalazak ženki (slika 1).

Mehanizam konfuzije temelji se na prezasićenju komunikacijskog kanala: u uvjetima visokih koncentracija feromona mužjaci gube sposobnost razlikovanja stvarnih signala ženki od sintetskih, što dovodi do dezorijentacije, odgađanja ili onemogućavanja parenja (Abd El-Ghany, 2019.). Pritom mužjaci troše više energije i vremena na traženje ženki za parenje, a dio njih uopće ne dolazi do ženki, što rezultira manjim brojem oplodjenih jaja i dugoročnim padom

brojnosti populacije štetnika (Ciglar, 1998.; Witzgall i sur., 2008.).

Takav je pristup ekološki prihvatljiv i visokoselektivna je mjera integrirane zaštite bilja jer je usmjeren na isključivo ciljnu vrstu bez štetna djelovanja na korisne organizme i okoliš (Kutinkova, 2010.; Kadoić Balaško i sur., 2020).



Slika 1. Ilustracija metode konfuzije mužjaka
Figure 1. Illustration of the mating disruption method

Uspješna primjena metode konfuzije temelji se na dispensorima koji kontrolirano otpuštaju feromon tijekom vegetacije. Na tržištu su dostupni različiti tipovi dispensora koji se razlikuju po načinu primjene, trajanju učinka, zahtjevima za radom i troškovima:

- **pasivni dispenzori** (gumene trake, polimeri, ampule, „špagete“) – najčešće korišteni u praksi, oslobađaju aktivnu tvar difuzijom, a njihov učinak traje od dva mjeseca do šest mjeseci
- **mikrokapsulirane formulacije** u obliku sprejeva – apliciraju se traktorskim prskalicama, a njihovo djelovanje traje do tri tjedna i prednost im je brza i jednostavna primjena
- **aerosolni dispenzori** – programabilni uređaji koji otpuštaju feromone u unaprijed zadanim intervalima, usklađenima s razdobljima najveće aktivnosti štetnika (Il'ichev i sur., 2006.; Miller i Gut, 2015.; Ioriatti i Lucchi, 2016.; Benelli i sur., 2019.).

Prednosti i nedostaci različitih tipova dispensora detaljnije su prikazani u tablici 1, iz koje je vidljivo da pasivni dispenzori dominiraju u praksi zbog jednostavne tehnologije i pouzdanosti, dok mikrokapsulirane formulacije i aerosolni sustavi nude veću fleksibilnost i smanjenje radnog opterećenja, ali uz ograničenja u smislu trajanja djelovanja, troškova i održavanja.

Tablica 1. Pregled tipova dispenzora, način djelovanja te njihove prednosti i nedostaci u metodi konfuzije štetnika

Table 1. Overview of dispenser types, their mode of action, and their advantages and disadvantages in the mating disruption method

Tip dispenzora Dispenser type	Način djelovanja Mode of action	Prednosti Advantages	Nedostatci Disadvantages	Literatura References
Pasivni dispenzori (gumene trake, polimeri, ampule, „špagete“)	Feromon je impregniran u materijal i postupno se otpušta difuzijom tijekom 60 do 140 dana.	Dugotrajan učinak; najčešće korišteni; jednostavna tehnologija	Velika količina za hektar (500–2500 kom/ha); radno intenzivno postavljanje; ovisnost o pravilnom rasporedu i visini	Miller i Gut, 2015.; Daane i sur., 2020.; Kutinkova, 2010.
Mikrokapsulirane formulacije (sprejevi)	Feromon zatvoren u mikroskopske kapsule koje se otpuštaju nakon aplikacije prskalicama; učinak 2 do 3 tjedna	Brza primjena standardnom opremom; manji trošak rada; kompatibilnost s pesticidima i gnojivima	Kraći vijek trajanja; potrebna ponovljena aplikacija svake generacije	Il’Ichev i sur., 2006.; Stelinski i sur., 2007.
Aerosolni dispenzori (programabilni uređaji)	Feromon se otpušta u precizno definiranim intervalima, sinkronizirano s aktivnošću štetnika.	Mala gustoća postavljanja (2–5 kom/ha); automatizacija; dugotrajan učinak; mogućnost daljinskog upravljanja	Visoki početni troškovi; potreba za održavanjem i napajanjem; učinkovitost može varirati s vremenom i terenom.	Ioriatti i Lucchi, 2016.; Benelli i sur., 2019.

Posebno vrijedi istaknuti novu generaciju aerosolnih dispenzora s daljinskim upravljanjem, opremljenih senzorima koji prikupljaju meteorološke podatke i informacije o aktivnosti štetnika (npr. iz pametnih lovki). Kombiniranjem tih podataka u stvarnom vremenu uređaji mogu automatski aktivirati raspršivanje feromona u trenucima kada je ciljna vrsta najaktivnija, čime se postiže visoka preciznost i optimizacija primjene (Benelli i sur., 2019.; Semios, 2025.). Ovi sustavi omogućuju i daljinsko praćenje te značajno smanjenje potrebe za fizičkim radom u nasadu, no visoki početni troškovi i potreba za redovitim održavanjem zasad ograničavaju njihovu širu primjenu.

PRIMJENA METODE KONFUZIJE MUŽJAKA U SUZBIJANJU JABUKOVA SAVIJAČA

Početkom 1970-ih otkriće i izolacija feromona ženki jabukova savijača, (8E,10E)-8,10-dodekadien-1-ol (codlemone), omogućili su razvoj feromonskih

lovki za ranu detekciju i praćenje populacija, a poslije i primjenu metode konfuzije mužjaka u svrhu suzbijanja (Roelofs i sur., 1971). Tijekom 1980-ih i 1990-ih u SAD-u i Europi razvijaju se i komercijalno primjenjuju feromonski dispensori, pa se otvara prostor za široku uporabu te metode kao temeljne mjere integrirane zaštite jabuke na velikim površinama (Thomson i sur., 2001.; Ioriatti i Lucchi, 2016.). U Europi je metoda najraširenija u sjevernoj Italiji, osobito u regiji Trentino – Južni Tirol, gdje se primjenjuje na oko 70 % površina pod jabukom, odnosno približno 22 000 ha. Široka primjena rezultat je smanjene učinkovitosti kemijskih insekticida zbog razvoja rezistentnosti, ali i rastućeg otpora javnosti prema prskanju, pri čemu je metoda pridonijela smanjenju populacije jabukova savijača i potrebe za kemijskim tretmanima (Ioriatti i Lucchi, 2016.). U Hrvatskoj su se prva istraživanja učinkovitosti metode konfuzije u suzbijanju jabukova savijača počela provoditi potkraj 1990-ih. Prvi terenski pokusi provedeni su 1999. i 2000. godine uporabom dispensora Rak® 3 (BASF), pri čemu je zabilježeno smanjenje populacije jabukova savijača ispod praga štetnosti (Ciglar i sur., 2000.). Ipak, u uvjetima visokog početnog pritiska, nepovoljnih klimatskih prilika ili u blizini netretiranih površina, učinkovitost metode bila je nešto niža u odnosu na standardnu kemijsku zaštitu. Novijim istraživanjima provedenima u suvremenim nasadima u Međimurju ispitivana je učinkovitost dispensora druge generacije Isomate C TT (ShinEtsu®), karakteriziranih stabilnijim i dugotrajnijim otpuštanjem feromona (Šubić i sur., 2015.). U vegetacijskoj sezoni 2014. godine nije utvrđena značajna razlika u razini napadnutih plodova među dijelovima nasada pod konfuzijom i onih pod standardnom zaštitom, a metoda se posebno pokazala djelotvornom u dijelu voćnjaka pokrivenu protugradnom mrežom. U nastavku istraživanja provedenih 2017. godine u Nedelišću, primjenom istih dispensora, učinkovitost konfuzije iznosila je do 74 %, dok je standardna zaštita ostvarila 93 % (Barić i Pajač Živković, 2017.). S obzirom na postignutu razinu učinkovitosti, metoda konfuzije nije se pokazala ekonomski opravdanom zbog visokih troškova i gubitaka plodova prve klase. Međutim, njezina primjena preporučuje se na većim i kompaktnim površinama te u kombinaciji s jednim do dva ciljano provedena insekticidna tretmana, čime se može postići viša učinkovitost i bolja isplativost u komercijalnoj proizvodnji jabuke.

PRIMJENA METODE KONFUZIJE MUŽJAKA U SUZBIJANJU GROZDOVIH MOLJACA

Nekoliko godina nakon izolacije feromona jabukova savijača, kemijski su okarakterizirane i osnovne komponente feromona grozdovih moljaca (Roelofs i sur., 1973.). Pepeljasti i žuti grozdov moljac posjeduju vrlo sličan feromonski sustav, pri čemu se međusobno razlikuju ponajprije u omjerima pomoćnih spojeva koji osiguravaju njihovu međusobnu specifičnost. Tijekom posljednjih

desetljeća 20. stoljeća razvijeni su prvi komercijalni dispenzori za metodu konfuzije mužjaka, među kojima se ističu Rak® 1+2 (BASF) i Isonet® L (Shin-Etsu®), a poslije su u praksu uvedeni različiti difuzori s postupnim otpuštanjem feromona te aerosolni sustavi (Ioriatti i Lucchi, 2016.). Budući da obje vrste dijele sličan feromonski sustav, komercijalni dispenzori formulirani su tako da istodobno djeluju na pepeljastoga i žutog grozdova moljca, čime se u vinogradarskoj praksi postiže visoka razina učinkovitosti. Kao osnovne aktivne tvari u tim pripravcima koriste se (Z)-9-dodecen-1-il acetat za pepeljastog te (E,Z)-7,9-dodekadien-1-il acetat za žutog grozdova moljca (Becker i sur., 2003.). Danas je metoda konfuzije mužjaka standardna mjera zaštite vinove loze od grozdovih moljaca u mnogim europskim vinogradarskim regijama, uključujući Francusku, Italiju, Španjolsku, Švicarsku, Njemačku, Portugal i Austriju, gdje se primjenjuje na stotinama tisuća hektara (Charmillot i sur., 1995., Ioriatti i sur., 2004.; Ioriatti i Lucchi, 2016.; Gallardo i sur., 2016.; Charmillot i Pasquier, 2006.). U Hrvatskoj su prva istraživanja učinkovitosti metode konfuzije u suzbijanju grozdovih moljaca provedena potkraj 1990-ih godina u Međimurju. Tijekom trogodišnjeg istraživanja, primjenom dispenzora Rak® 1+2 (BASF), utvrđen je manji napad grozdovih moljaca u nasadima pod konfuzijom u usporedbi sa standardnom zaštitom (Ciglar i sur., 2002.). Dobiveni rezultati poslije su potvrđeni tijekom višegodišnjih istraživanja učinkovitosti metode konfuzije u suzbijanju pepeljastog grozdova moljca u istom području (Šubić i sur., 2003.), a u novije vrijeme i primjenom dispenzora Isonet® L (Shin-Etsu®) (Šubić i sur., 2016.). Primjena metode kao strategije suzbijanja na širokom području (*areawide*) pridonijela je smanjenju uporabe insekticida te posljedično poboljšanju kvalitete života proizvođača, potrošača i lokalnih zajednica u blizini vinogradarskih područja. Najbolji rezultati postižu se u većim i kompaktnim nasadima, dok je u manjim vinogradima smještenima uz zapuštene površine učinkovitost smanjena. Stoga se metoda konfuzije danas može smatrati ključnom mjerom zaštite koja ima osobitu važnost u integriranoj, a posebice u ekološkoj proizvodnji vinove loze (Ioriatti i sur., 2011.).

PREDNOSTI I OGRANIČENJA METODE

Učinkovitost metode konfuzije u suzbijanju jabukova savijača i grozdovih moljaca potvrđena je u brojnim istraživanjima u Europi i Hrvatskoj (Damos i sur., 2015.; Ioriatti i Lucchi, 2016.; Benelli i sur., 2019.; Ciglar i sur., 2002.; Šubić i sur., 2003.; Šubić i sur., 2016.; Barić i Pajač Živković, 2017.). Među osnovnim prednostima ističu se visoka selektivnost, značajno smanjenje uporabe insekticida, očuvanje prirodnih neprijatelja i okoliša te potpuna kompatibilnost s integriranom i ekološkom proizvodnjom (Ioriatti i sur., 2011.). Kao osnovna ograničenja navode se slabija učinkovitost pri vrlo jakom populacijskom

.....

pritisku, potreba za velikim i homogenim površinama te činjenica da metoda ne djeluje na druge štetnike vinove loze i jabuke, zbog čega se mora kombinirati s dodatnim mjerama zaštite (Ioriatti i sur., 2011.). Dodatni nedostaci uključuju visoke troškove preparata i rada pri postavljanju dispenzora, kao i ovisnost o okolišnim čimbenicima – više temperature ubrzavaju otpuštanje feromona, dok smjer vjetra, konfiguracija terena i visina stabala mogu ograničiti njihovu ravnomjernu distribuciju (Fernández i sur., 2010.; Ioriatti i sur., 2011.). Kako bi se ublažila ta ograničenja, razvijeni su aerosolni sustavi za primjenu feromona koji omogućuju znatno nižu gustoću postavljanja (2 – 5 kom/ha) i programiranje otpuštanja u određenim vremenskim intervalima kada je ciljna vrsta najaktivnija. Ipak, njihov način djelovanja još uvijek nije potpuno razjašnjen, a postavlja se i pitanje jesu li jednako učinkoviti kao pasivni dispenzori (Benelli i sur., 2019.).

PERSPEKTIVE DALJNJE PRIMJENE METODE U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj je metoda konfuzije do sada primarno istraživana i primjenjivana u vinogradima i nasadima jabuke (Ciglar i sur., 2002.; Šubić i sur., 2003.; Šubić i sur., 2016.; Barić i Pajač Živković, 2017.). Iako je učinkovitost potvrđena, šira primjena bila je ograničena zbog troškova i rada u postavljanju dispenzora. S obzirom na to da su alternativni načini zaštite bilja skuplji od standardne zaštite pesticidima, Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske uvelo je u okviru IAKS mjera ruralnog razvoja financijske potpore kojima se nadoknađuje dio tih troškova, čime je metoda postala dostupnija proizvođačima. Trenutačno je u okviru intervencije 70.01.02 „Metoda konfuzije štetnika u višegodišnjim nasadima“ predviđena potpora od 359,73 €/ha, uz obvezu edukacije, vođenja evidencije i dokumentiranja kupnje feromona.

Specifičnost hrvatske poljoprivrede, s velikim udjelom malih i fragmentiranih posjeda, predstavlja izazov za širu primjenu metode. Najbolje rezultate moguće je očekivati u kompaktnijim područjima intenzivne proizvodnje, gdje bi organizirana provedba na većim površinama omogućila stabilniji učinak. Osim u vinogradima i nasadima jabuke, metoda konfuzije ima potencijal za proširenje i na druge voćne vrste te štetnike višegodišnjih nasada za koje su već razvijene komercijalne formulacije, poput šljive, breskve i drugoga koštičavoga voća, ali i štetnika drveta poput granotoča i jabučnog staklokrilca. Posebnu perspektivu nude višeciljne formulacije koje omogućuju istodobno suzbijanje više vrsta u istom nasadu (Damos i sur., 2015.), čime se otvaraju nove mogućnosti za značajno unapređenje integriranih programa zaštite bilja u Hrvatskoj.

MATING DISRUPTION AS A SUSTAINABLE STRATEGY FOR THE CONTROL OF CODLING MOTH AND GRAPEVINE MOTHS

SUMMARY

The codling moth and the grapevine moths are the most important pests in apple orchards and vineyards, and their larvae cause serious economic damage. The continued use of insecticides has led to the development of resistance, and negative impacts on beneficial organisms and the environment, highlighting the need for sustainable, non-chemical control strategies. One of the most effective approaches is the technique of mating disruption, which relies on the application of synthetic sex pheromones to delay or prevent mating, and thus reduce the population density of pests. This article presents the biological basis of the method, the types of dispensers and their mode of action, as well as the results of their application in the control of codling moth and grapevine moths in Croatia. The advantages of the method, such as high selectivity and full compatibility with integrated and organic farming, are emphasised, but also its limitations, such as costs, the need for large homogeneous areas, and varying effectiveness under different environmental conditions. Future perspectives in Croatia include the application of the method against other tortricid pests in perennial crops and the adoption of already available multi-target formulations and aerosol systems, which open up new possibilities for wider integration into sustainable crop protection programmes.

Keywords: *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758), *Eupoecilia ambiguella* (Hübner, 1796), *Lobesia botrana* ([Denis & Schiffermüller, 1775]), pheromones, mating disruption, sustainable plant protection

LITERATURA

Abd El-Ghany, N.M. (2019). Semiochemicals for controlling insect pests. Journal of Plant Protection Research, 59 (1): 1-11.

Albaz, E., Katsavou, E., Cagatay, N.S., Ioannidis, P., Ilias, A., Mylona, K., Kremi, K., Roditakis, E., Guz, N., Vontas, J.(2024.). Analysis of insecticide resistance and de novo transcriptome assembly of resistance associated genes in the European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Bulletin of Entomological Research, 114 (1): 88-98.

Barić, B., Pajač Živković, I. (2017.). Učinkovitost konfuzije u suzbijanju jabukova savijača u Hrvatskoj s posebnim osvrtom na troškove zaštite. Pomologia Croatica: glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 21(3-4): 125-132.

Barić, B., Pajač Živković, I. (2020). Načela integrirane zaštite bilja. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Becker, C., Rummel, A., Gallinger, J., Gross, J., Reineke, A. (2023). Mating still disrupted: Future elevated CO2 concentrations are likely to not interfere with *Lobesia*

botrana and *Eupoecilia ambiguella* mating disruption in vineyards in the near future. *OENO One*, 57 (1): 1-12.

Benelli, G., Lucchi, A., Thomson, D., Ioriatti, C. (2019.). Sex pheromone aerosol devices for mating disruption: Challenges for a brighter future. *Insects*, 10(10): 308.

Carlos, C., Gonçalves, F., Sousa, S., Nóbrega, M., Manso, J., Salvação, J., Torres, L. (2014.). Success of mating disruption against the European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Den. & Schiff): a whole farm case-study in the Douro Wine Region. *IOBC-WPRS Bulletin*, 105: 93-102.

Charmillot, P.J., Pasquier, D., Scalco, A., Alipaz, N.J. (1995.). Six years of control of the vine and grape moths by mating disruption with a reduced density of dispensers. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*, 27(1): 7-12.

Charmillot, P.J., Pasquier, D. (2006). Neuf ans de lutte par confusion contre les vers de la grappe à Yvorne. *Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture*, 38 (3): 167-173.

Ciglar, I. (1998). Integrirana zaštita voćnjaka i vinograda, Zrinski, Čakovec.

Ciglar, I., Barić, B., Tomšić, T., Šubić, M. (2000.). Control of codling moth (*Cydia pomonella*) by mating disruption technique. *Agronomski glasnik*, 62 (1-2): 85-93.

Ciglar, I., Barić, B., Tomšić, T., Šubić, M. (2002.). Suzbijanje grozdovih moljaca (*Eupoecilia ambiguella* Hb., *Lobesia botrana* Den. & Schiff.; Lepidoptera: Tortricidae) metodom konfuzije. *Fragmenta phytomedica et herbologica*, 27 (1-2): 31 – 37.

Civolani, S., Boselli, M., Butturini, A., Chicca, M., Fano, E.A., Cassanelli, S. (2014.). Assessment of insecticide resistance of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in Emilia-Romagna region. *Journal of Economic Entomology*, 107(3): 1245-1249.

Daane, K.M., Yokota, G.Y., Walton, V.M., Hogg, B.N., Cooper, M.L., Bentley, W.J., Millar, J.G. (2020.). Development of a mating disruption program for a mealybug, *Planococcus ficus*, in vineyards. *Insects*, 11(9): 635.

Damos, P., Colomar, L.A.E., Ioriatti, C. (2015.). Integrated Fruit Production and Pest Management in Europe: The Apple Case Study and How Far We Are From the Original Concept? *Insects*, 6: 626-657.

Fernández, D.E., Cichon, L., Garrido, S., Ribes-Dasi, M., Avilla, J. (2010.). Comparison of lures loaded with codlemone and pear ester for capturing codling moths, *Cydia pomonella*, in apple and pear orchards using mating disruption. *Journal of Insect Science*, 10(1): 139.

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

Il'ichev, A.L., Stelinski, L.L., Williams, D.G., Gut, L.J. (2006.). Sprayable microencapsulated sex pheromone formulation for mating disruption of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Australian peach and pear orchards. *Journal of economic entomology*, 99(6): 2048-2054.

Ioriatti, C., Bagnoli, B., Lucchi, A., Veronelli, V. (2004). Vine moths control by mating disruption in Italy: results and future prospects. *Redia*, 87: 117-128.

Ioriatti, C., Anfora, G., Tasin, M., De Cristofaro, A., Witzgall, P., Lucchi, A. (2011.). Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 104(4): 1125-1137.

Ioriatti, C., Lucchi, A. (2016.). Semiochemical strategies for tortricid moth control in apple orchards and vineyards in Italy. *Journal of Chemical Ecology*, 42: 571-583.

-
- Kadoić Balaško, M., Bažok, R., Mikac, K.M., Lemic, D., Pajač Živković, I. (2020.).** Pest management challenges and control practices in codling moth: A review. *Insects*, 11(1): 38.
- Kutinkova, H. (2010.).** Mating disruption for control of codling moth in apple orchards of Bulgaria. *Journal of Biopesticides*, 3(1): 382-385.
- Lacey, L.A., Shapiro-Ilan, D.I. (2008.).** Microbial control of insect pests in temperate orchard systems: potential for incorporation into IPM. *Annual Review Entomology*, 53: 121-144.
- Lance, D.R., Leonard, D.S., Mastro, V.C., Walters, M.L. (2016.).** Mating disruption as a suppression tactic in programs targeting regulated lepidopteran pests in US. *Journal of Chemical Ecology*, 42: 590-605.
- Maceljski, M. (2002).** Poljoprivredna entomologija. Zrinski, Čakovec.
- Miller, J.R., Gut, L.J. (2015.).** Mating disruption for the 21st century: matching technology with mechanism. *Environmental entomology*, 44(3): 427-453.
- Nicastro, R., Papale, M., Fusco, G.M., Capone, A., Morrone, B., Carillo, P. (2024.).** Legal barriers in sustainable agriculture: Valorization of agri-food waste and pesticide use reduction. *Sustainability*, 16(19): 8677.
- Pajač, I., Barić, B., Mikac, K.M., Pejić, I. (2012)** New insights into the biology and ecology of *Cydia pomonella* from apple orchards in Croatia. *Bulletin of Insectology*, 65 (2): 185-193.
- Pajač Živković, I., Barić, B. (2017)** Rezistentnost jabukova savijača na insekticidne pripravke. *Glasiilo biljne zaštite*, 17 (5): 469-479.
- Pajač Živković, I., Benitez, H.A., Barić, B., Drmić, Z., Kadoić Balaško, M., Lemic, D., Dominguez Davila, J.H., Mikac, K.M., Bažok, R. (2019.).** Codling Moth Wing Morphology Changes Due to Insecticide Resistance. *Insects*, 10 (310): 1-13.
- Pluciennik, Z. (2013.).** The control of codling moth (*Cydia pomonella* L.) population using mating disruption method. *Journal of Horticultural Research*, 21(1): 65-70.
- Roelofs, W.L., Comeau, A., Hill, A., Milicevic, G. (1971.).** Sex attractant of the codling moth: Characterization with electroantennogram technique. *Science*, 174: 297-299.
- Roelofs, W.L., Kochansky, J., Cardé, R., Arn, H., Rauscher, S. (1973.).** Sex attractant of the grapevine moth *Lobesia botrana*. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 46: 72-73.
- Semios (2025.).** dostupno na: Insect Pest Management Solutions - Semios (pristupljeno 11.7.2025.).
- Šubić, M., Ciglar, I., Božena Barić, Tomšić, T. (2003).** Četverogodišnja iskustva suzbijanja grozdovih moljaca metodom konfuzije u Međimurskom vinogorju (1998.2001. godine). *Glasiilo biljne zaštite*, 6: 364-372.
- Šubić, M., Braggio, A., Bassanetti, C., Aljinović, S., Tomšić, A., Tomšić, T. (2015.).** Suzbijanje jabučnog savijača (*Cydia pomonella* L.) metodom konfuzije ShinEtsu®(Isomate C/OFM i Isomate CTT+ OFM rosso FLEX) u Međimurju tijekom 2014. *Glasiilo biljne zaštite*, 15(4): 277-290.
- Šubić, M., Braggio, A., Aljinović, S. (2016.).** Suzbijanje pepeljastog grozdova moljca (*Lobesia botrana*) metodom konfuzije primjenom ShinEtsu® dispenzora (Isonet L Plus i Isonet L+ E) u međimurskom vinogorju tijekom 2014. i 2015. *Glasiilo biljne zaštite*, 16(3): 326-334.
- Thomson, D., Brunner, J., Gut, L., Judd, G., Knight, A. (2001.).** Ten years

implementing codling moth mating disruption in the orchards of Washington and British Columbia: starting right and managing for success! IOBC wprs Bulletin, 24(2): 23-40.

Wang, Q.-H., Gao, X., Yu, H.-S., Zhang, Z., Yu, Q.-Y. (2021). Exploring the Terminal Pathway of Sex Pheromone Biosynthesis and Metabolism in the Silkworm. *Insects*, 12: 1062.

Witzgall, P., Stelinski, L., Gut, L., Thomson, D. (2008.). Codling moth management and chemical ecology. *Annual Review Entomology*, 53(1): 503-522.

pregledni članak