

ISTRAŽIVANJA JABUKINA SAVIJAČA U HRVATSKOJ

Martina Kadoić Balaško, Darija Lemić, Renata Bažok, Ivana Pajač Živković
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Odsjek za fitomedicinu, Zavod za
poljoprivredu zoologiju, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb
E-mail: mbalasko@agr.hr

Sažetak

Jabukin savijač najvažniji je štetnik u proizvodnji jabuka diljem svijeta. Štetnik je razvio otpornost na nekoliko kemijskih skupina insekticida, što znatno otežava njegovo suzbijanje. Upravo zato posebna se pozornost pridaje ekološki povoljnijim mjerama zaštite, a također se istražuju i inovativne metode praćenja ovog važnog štetnika. U ovom radu napravljen je presjek istraživanja jabukina savijača u Hrvatskoj. Prikazani su rezultati istraživanja alternativnih načina suzbijanja te metode praćenja i ranog otkrivanja rezistentnih odnosno otpornih populacija. Redovito praćenje populacija nužno je za rano otkrivanje rezistentnosti te omogućuje pravovremenu primjenu antirezistentnih strategija i uspješno suzbijanje ovog važnog štetnika.

Ključne riječi: *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758); biologija i ekologija; genetska struktura; geometrijska morfometrija, rezistentne populacije; antirezistentne strategije

UVOD

Jabukin savijač (*Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758)) ekonomski je štetnik jabuke diljem svijeta. Pripada razredu Insecta (kukci), redu Lepidoptera (leptiri), porodici Tortricidae (savijači) i rodu *Cydia* (Maceljski, 2002). Ovaj štetnik, osim jabuke, napada i druge jezgričave i koštičave voćke iz roda *Prunus* te uzrokuje ekonomske gubitke u proizvodnji (Ciglar, 1998). U Hrvatskoj je, prema Kovačeviću (1952), jabukin savijač prisutan od početka uzgoja jabuka. Štetnik se prilagodio različitim klimatskim uvjetima i prisutan je u gotovo svim područjima u kojima se uzgaja jabuka (Thaler i sar., 2008).

Odrasle jedinke jabukina savijača su vrlo male (~10 mm duljine). Od ostalih vrsta iz porodice Tortricidae razlikuju se po tamnosmeđim vrhovima krila na kojima su sjajne, bakrenaste oznake (Maceljski, 2002). Prezimljuje odrasla gusjenica unu-

tar guste, svilene čahure koja se može pronaći ispod ljuskica kore i u tlu ili u biljnim ostacima oko drveća (Alford, 1984). Ličinke se kukulje unutar čahure u rano proljeće kada temperature pređu 10 °C. Ovisno o temperaturi okoline, kukuljica se razvija između 7 i 30 dana. Za razvoj odraslih jedinki potrebna je suma efektivnih temperatura od 100 °C mjereno od 1. siječnja (Wildbolz, 1962); ta se vrijednost obično postiže krajem travnja (vegetacijsko razdoblje na sjevernoj hemisferi). Za razvoj jedne cijele generacije potrebna je suma efektivnih temperatura od 610 °C za potpuni razvoj kukca, odnosno od jaja do pojave odraslih savijača (Wildbolz, 1962). Druga generacija savijača javlja se nakon desetak dana, a njen let i polaganje jaja traje od sredine srpnja do sredine kolovoza. Prezimljuju gusjenice, kukulje se i odrasle jedinke izlaze sljedećeg proljeća (Higbee i sar., 2001).

Jabukin savijač je tehnološki štetnik čije gusjenice prodiru u plod i buše jezgru, ostavljajući hodnike u plodu koji su ispunjeni štetnikovim izmetinama (slika 1) (Maceljčki, 2002). Ako se tijekom proizvodnje ne provodi suzbijanje, savijač može uzrokovati značajno smanjenje uroda jabuke.



Slika 1. Gusjenica jabukina savijača i štete na plodu jabuke
(Foto: Pajač Živković, I.)

U nasadima jabuke velika većina insekticidnih tretmana usmjerena je na suzbijanje samo ovog štetnika (Franck i sar., 2007), zato ne čudi podatak da je on razvio rezistentnost na 22 različite aktivne tvari te su zabilježena 193 slučaja rezistentnosti (APRD, 2022). Prva pojava rezistentnosti jabukina savijača u Europi zabilježena

je u Italiji i jugoistočnoj Francuskoj tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća na diflubenzuron (Ioriatti i sar., 2000; Sauphanor i sar., 2000). Od tada se spektar rezistentnosti sustavno povećava te danas obuhvaća karbamate, regulatore rasta i razvoja, djelatne tvari iz skupine benzoilurea, neonikotinoidea, organofosfornih insekticida i piretroida (Reyes i sar., 2009; APRD, 2022).

U svakoj populaciji štetnika postoje prirodno otporne jedinke na insekticidne tretmane. Kada se to svojstvo očuva kontinuiranom primjenom istog insekticida dolazi do razvoja rezistentnosti koja će se prenijeti na potomstvo sa svim genetskim promjenama i povećati brojnost rezistentnih jedinki u populaciji. Zato je za učinkovito suzbijanje štetnika potrebno poznavati njegovu biologiju, ekologiju, ali i genetsku varijabilnost.

U ovom radu je prikazan pregled istraživanja jabukina savijača u Hrvatskoj; alternativne strategije suzbijanja, novi podaci o biologiji štetnika i utjecaju temperatura na njegov razvoj, istraživanja genetske varijabilnosti populacija, te geometrijska morfometrija kao inovativna metoda praćenja rezistentnih populacija na određenom području.

ISTRAŽIVANJA BIOLOGIJE, EKOLOGIJE I GENETIKE

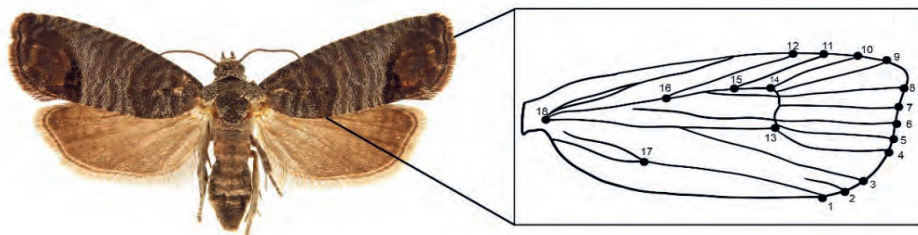
Recentno istraživanje biologije i ekologije jabukina savijača provedeno je tijekom 2008., 2009. i 2010. godine u voćnjacima jabuke na području Sjeverozapadne Hrvatskoj (Pajač i sar., 2012). U dva voćnjaka suzbijanje savijača je provedeno prema načelima integrirane zaštite (korištenjem insekticidnih tretmana), a u jednom voćnjaku nije bilo suzbijanja insekticidnim tretmanima. Praćena je pojava svih razvojnih stadija jabukina savijača (jaja, gusjenica, kukuljica i odraslih). Prateći dinamiku i brojnost odraslih jedinki jabukina savijača Pajač i sar. (2012) uočili su značajne razlike u dinamici ulova štetnika. Navedenim istraživanjem utvrđeno je ranije pojavljivanje odraslih jedinki u vegetacijskoj sezoni, duže razdoblje leta štetnika te pojačan ulov mužjaka pomoću feromonskih lovki. S obzirom da se posljednjih desetljeća u Hrvatskoj bilježe više srednje dnevne i godišnje temperature zraka uočene promjene vjerojatno su rezultat globalnih klimatskih promjena. Promjene u biologiji štetnika uočene su između netretirane populacije i tretiranih populacija. Kod netretirane populacije opažena je kasnija pojava mužjaka štetnika u proljeće, kasnije odlaganje jaja ženki te kasnija pojava gusjenica u usporedbi s tretiranim populacijama. Također kod netretirane populacije utvrđene su dvije generacije štetnika, a u tretiranih populacija utvrđene su tri generacije (Pajač i sar., 2012). Rezultati istraživanja biologije i ekologije savijača u Hrvatskoj pokazali su da se u određenim dijelovima Hrvatske može razviti i treća generacija štetnika ukoliko je suma efektivnih temperatura veća od prosjeka, te ukoliko se provode intenzivne mjere suzbijanja štetnika insekticidima (Pajač i sar., 2012).

Prva istraživanja genetske varijabilnosti populacija jabukina savijača u Hrvatskoj proveli su Pajač i sar., (2011) uporabom mikrosatelitnih markera. Cilj istraživanja bio je utvrditi postoje li razlike između tretiranih i netretirane populacije jabukina savijača a genotipizacija štetnika provedena je na 10 mikrosatelitnih markera odabranih na temelju polimorfnosti. Mikrosatelitni markeri su markeri koji se najviše upotrebljavaju u istraživanju populacijske genetike kukaca (Hoy, 2003). Predstavljaju kratke ponavljajuće nukleotidne sekvence ravnomjerno razdijeljene po genomu u nekodirajućim regijama između gena ili unutar gena. Glavne prednosti mikrosatelitnih markera su u tome što su specifični za određeni lokus (mjesto na kromosomu), visoko su polimorfni, ravnomjerno su raspoređeni po genomu što omogućava dobivanje većeg broja informacija i kodominantni su što omogućava razlikovanje heterozigota od homozigota. Ipak, u slučaju da odgovarajući sljedovi početnica za vrstu od interesa nisu dostupni, potrebno je uložiti značajna financijska sredstva za razvoj novih što je jedan od najvećih nedostataka ove metode (Zafar i Paterson, 2009). Rezultati analiza genetske strukture tretiranih i netretirane populacije savijača iz Hrvatske pokazali su nisku genetsku varijabilnost populacija štetnika. Ipak, netretirana populacija jabukina savijača imala je veći prosječni broj alela i veći broj jedinstvenih alela u usporedbi s tretiranim populacijama. Takav rezultat upućuje na moguće snižavanje bogatstva alela štetnika zbog učestale primjene insekticidnih tretmana (Pajač i sar., 2011).

Tijekom 2017. i 2018. godine u Hrvatskoj su provedene dodatne analize genetske strukture populacija jabukina savijača iz integriranih i ekoloških voćnjaka uporabom SNP metode (Kadoić Balaško i sar., 2022). Polimorfizam pojedinačnog nukleotida (engl. Single Nucleotide Polymorphism, SNP) novija je metoda analize cijeloga genoma. SNP-ovi su brojniji od mikrosatelita i jednako su raspršeni po genomu što im je velika prednost, ali su manje informativni od mikrosatelita jer su samo bialelni. Stoga je potreban znatno veći broj SNP markera da bi se postigao informacijski sadržaj sličan onome kod mikrosatelita. Ipak, s obzirom na ogroman broj SNP-ova (od tisuće do milijuna) koji se lako generiraju u jednom slijedu, nadmašili su mikrosatelite u izboru istraživačkog alata kada je u pitanju utvrđivanje populacijske genetike neke vrste. Kroz genotipizaciju pomoću SNP metode moguće je analizirati genetsku strukturu, diferencijaciju, protok gena, rasprostranjenost i sposobnost prilagodbe štetnika (Brumfield i sar., 2003). Rezultati analiza genetske strukture populacija štetnika iz integriranih i ekoloških sustava uzgoja jabuke iz Hrvatske također su pokazali nisku genetsku varijabilnost istraživanih populacija kao i kod mikrosatelita. Ipak istraživanjem je utvrđeno da se populacije iz ekološkog i integriranog uzgoja značajno razlikuju u odnosu na populaciju uzgojenu u laboratoriju a koja nikada nije bila izložena utjecaju insekticida (Kadoić Balaško i sar., 2022).

GEOMETRIJSKO MORFOMETRIJSKA ISTRAŽIVANJA

Geometrijska morfometrija je skup metoda koje omogućuju statističku analizu oblika i veličine morfoloških cjelina organizma. Pomoću tehnika geometrijske morfometrije mogu se analizirati morfološke karakteristike oblika kukca koje su pod direktnim utjecajem promjene genotipa (npr. krila). Morfološke osobine, kao što su veličina i oblik krila kukaca, prvi su fizički pokazatelji promjena jer su pod utjecajem okolišnih i genetskih čimbenika, što ih čini idealnim za otkrivanje i praćenje rezistentnih populacija štetnika. Metoda geometrijske morfometrije ima veliku „statističku osjetljivost“, pa se njezinom primjenom mogu otkriti male promjene u obliku morfoloških cjelina (krila) zaduženih za širenje populacija (Klingenberg, 2011). Metode geometrijske morfometrije daju nam informacije o obliku kroz različite pozicije homolognih specifičnih točaka (markera) (slika 2). Uporabom geometrijske morfometrije proveden je veliki broj istraživanja na krilima različitih kukaca s ciljem utvrđivanja različitih bioloških promjena: varijabilnost populacija, prilagodbe na agroekološke uvjete, rezistentnost (Lemic i sar., 2016; Benítez i sar., 2018; Pajač Živković i sar., 2018; Lemic i sar., 2020; Lemic i sar., 2021).



Slika 2. Pozicija specifičnih markera (točaka) na prednjem krilu jabukina savijača (preuzeto iz: Kadoić Balaško i sar., 2022)

Geometrijsko morfometrijska istraživanja populacija jabukina savijača u Hrvatskoj su proveli Pajač Živković i sar. (2019) te Kadoić Balaško i sar. (2022). Analizirali su mužjake jabukina savijača iz integriranih i ekoloških voćnjaka diljem kontinentalne Hrvatske kao i laboratorijski uzgojene „čiste“ populacije štetnika. Rezultati istraživanja pokazali su da se populacije štetnika iz ekološkog i integriranog uzgoja značajno razlikuju u morfologiji krila u odnosu na laboratorijsku populaciju, a varijacije su primijećene na žilama koje se nalaze na gornjem i donjem rubu prednjeg krila.

Kao posljedica ovih varijacija populacije štetnika iz integriranog i ekološkog uzgoja imaju izduženija i proširenija krila u odnosu na laboratorijski uzgojenu

populaciju koja je imala ovalni oblik krila, a značajne razlike primijećene su i u morfologiji krila populacija iz integriranog u odnosu na ekološki uzgoj. Rezultati istraživanja pokazali su da su jedinke iz ekoloških voćnjaka po obliku krila bolji letači, što im omogućuje brže širenje populacija (migraciju) (Kadoić Balaško i sar., 2022). Iako je istraživanje pokazalo da su potencijalno rezistentne jedinke manje sposobne za duge letove, one ipak predstavljaju izvor novih gena, te karakteristike populacije (rezistentnost) mogu prenijeti na svoje potomke.

Primjenom morfometrijskih metoda moguće je otkrivanje promjena u populacijama štetnika koje su povezane s različitim tipovima uzgoja kulture te se oni mogu koristiti kao alternativni biološki markeri umjesto skupljih i specijaliziranih genetskih markera u istraživanju rezistentnosti jabukina savijača (Pajač Živković i sar., 2019). Rano otkrivanje i intenzivno praćenje rezistentnih populacija štetnika u voćnjacima prvi je korak prema primjeni antirezistentnih strategija i održivoj uporabi pesticida u proizvodnim sustavima.

ISTRAŽIVANJA ALTERNATIVNIH STRATEGIJA SUZBIJANJA

Zbog razvoja rezistentnosti populacija jabukina savijača na više različitih kemijskih skupina insekticida, te nedostatka aktivnih tvari insekticida za suzbijanje štetnika na tržištu, javlja se potreba za alternativnim metodama suzbijanja. Antirezistentne strategije u suzbijanju jabukina savijača prvenstveno podrazumijevaju redovito praćenje populacije štetnika. Cilj praćenja je utvrditi kritične brojeve štetnika te temeljem praćenja klimatskih podataka organizirati pravovremeno suzbijanje kombinacijom različitih ekološki prihvatljivijih mjera suzbijanja (mehaničkih, biotehničkih i bioloških).

Primjena mehaničkog tipa zaštite korištenjem zaštitnih mreža protiv kukaca jedna je od obećavajućih nekemijskih metoda suzbijanja jabukina savijača, a u Hrvatskoj je istraživana u voćnjaku jabuke na području Krapine (Pajač Živković i sar., 2016). Rezultati istraživanja pokazali su da je postotak oštećenih plodova od jabukina savijača bio znatno niži u redovima zaštićenim mrežom protiv kukaca u usporedbi s nepokrivenom kontrolnom varijantom. No, primijećeno je da se ispod mreža zbog pojačane vlage više razvijaju biljne bolesti, a sustav mreža bi uz štetnike potencijalno mogao spriječiti i ulazak korisnih organizama što bi smanjilo biološku raznolikost proizvodnog sustava.

Metoda ometanja parenja odnosno metoda konfuzije jabukina savijača primjenom seksualnih feromona najzastupljenija je metoda suzbijanja ovog štetnika jer je u potpunosti ekološki prihvatljiva. Prednost ove metode je što feromoni djeluju točno na određenu vrstu, ne uzrokuju negativne posljedice na neželjene organizme, okoliš ili zdravlje ljudi. Barić i Pajač Živković (2017) proveli su istraživanje učinkovitosti konfuzije u zaštiti jabuke od jabukina savijača u Međimurju a rezultati

istraživanja pokazali su da bi se konfuzija trebala kombinirati s primjenom dva insekticidna tretmana kako bi se povećala njezina učinkovitost i rentabilnost proizvodnje jabuke (Barić i Pajač Živković, 2017).

Entomopatogene nematode (EPN) danas imaju važnu ulogu u integriranoj zaštiti bilja. Potpuno su bezopasne za okoliš i zdravlje ljudi te ne ostavljaju rezidue u plodovima. Na taj način odlično se uklapaju uz druge mjere zaštite i doprinose smanjenju kemijskih tretmana. Barić i Pajač Živković (2020) proveli su istraživanje učinkovitosti biološkog preparata na bazi entomopatogene nematode *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) u suzbijanju prezimljujuće populacije jabukina savijača voćnjacima jabuke na području sjeverozapadne Hrvatske tijekom jeseni 2018. godine. Rezultati istraživanja pokazali su da je ulov leptira u voćnjaku u kojem je provedena standardna zaštita bio veći za gotovo 40 % u odnosu na dio tretiran nematodama te nematode mogu pomoći u smanjenju brojnosti populacije štetnika.

ZAKLJUČAK

Jabukin savijač najštetnija je vrsta iz porodice Tortricidae koji uzrokuje ekonomsku štetu u proizvodnji jabuke diljem svijeta. Suzbijanje ovog štetnika u prošlosti je bilo bazirano na intenzivnoj primjeni insekticida što je dovelo do razvoja rezistentnosti i uzrokovalo smanjenje populacije korisnih vrsta člankonožaca koje su nekad bile jedini prirodni regulatori populacije štetnika u uzgoju jabuke. Jedan od osnovnih ciljeva integrirane proizvodnje je uzgoj kvalitetnih i zdravih plodova koji sadrže minimalne ostatke pesticida; takva je proizvodnja sigurnija za ljudsko zdravlje i okoliš. Kako bi se postigao ovaj cilj, moraju se uspostaviti ekološki prihvatljive strategije suzbijanja. To uključuje korištenje feromona (metoda konfuzije) koji su u kombinaciji s korištenjem prirodnih mikrobioloških neprijatelja (uglavnom virusa i nematoda) dobra alternativa kemikalijama. Također, nedavni napredak u korištenju mehaničkih zaštitnih mjera (mreža protiv kukaca) pokazao je vrlo obećavajuće rezultate. Uz sve dostupne mjere zaštite koje je potrebno kombinirati potrebne su i učinkovite metode praćenja rezistentnih populacija. Naša istraživanja pokazala su da je geometrijska morfometrija pouzdana i pristupačna tehnika za otkrivanje takvih razlika. Rano otkrivanje rezistentnosti štetnika omogućuje razvoj i pravovremenu implementaciju antirezistentnih strategija.

Zahvala

Rezultati istraživanja proizašli su iz projekta Hrvatske zaklade za znanost (IP-2016-06-7458): “Monitoring rezistentnosti štetnika: nove metode detekcije i učinkovite strategije upravljanja rezistentnošću (MONPERES)”.

LITERATURA

- Alford, D.V. (1984): *A Color Atlas of Fruit Pests Their Recognition, Biology, and Control*; Wolfe Publishing: Prescott, AZ, USA.
- Arthropod Pesticide Resistance Database (APRD). *Cydia pomonella*-Shown Resistance to Active Ingredient(s). Dostupno na: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=407> (pristupljeno 25.10.2022).
- 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): Suzbijanje prezimljujuće populacije jabukova savijača primjenom entomopatogenih nematoda. *Fragmenta phytomedica*, 34(5), 23-31.
- Benítez, H. A., Lemic, D., Püschel, T. A., Gašparić, H. V., Kos, T., Barić, B., Bažok, R., Živković, I. P. (2018): Fluctuating asymmetry indicates levels of disturbance between agricultural productions: An example in Croatian population of *Pterostichus melas melas* (Coleoptera: Carabidae). *Zoologischer Anzeiger*, 276, 42-49.
- Brumfield, R.T., Beerli, P., Nickerson, D.A., Edwards, S.V. (2003): The utility of single nucleotide polymorphisms in inferences of population history. *Trends in Ecology & Evolution*, 18, 249-256.
- Ciglar, I. (1998): *Integrirana Zaštita Voćaka i Vinove Loze*, 1st ed.; Zrinski: Čakovec, Croatia, pp. 82–87.
- Franck, P., Reyes, M., Olivares, J., Sauphanor, B. (2007): Genetic architecture in codling moth populations: comparison between microsatellite and insecticide resistance markers. *Molecular Ecology*, 16(17), 3554-3564.
- Higbee, B. S., Calkins, C. O., Temple, C. A. (2001): Overwintering of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in apple harvest bins and subsequent moth emergence. *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1511-1517.
- Hoy, M.A. (2003): *Insect Molecular Genetics, An Introduction to Principles and Applications*, Second Edition, Academic Press, Elsevier Science, USA: 75-530
- Ioriatti, C., Saphanor, B., Cainelli, R., Rizzi, C., Tasin, M. (2000): *Cydia pomonella* L.: Primo caso di resistenza a diflubenzuron in Trentino. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 319-325.
- Kadoić Balaško, M., Bažok, R., Mikac, K. M., Benítez, H. A., Suazo, M. J., Viana, J. P. G., Lemić, D., Pajač Živković, I. (2022): Population Genetic Structure and Geometric Morphology of Codling Moth Populations from Different Management Systems. *Agronomy*, 12(6), 1278.
- Klingenberg, C. P. (2011): MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11(2), 353–357.
- Kovačević, Ž. (1952): *Applied Entomology*, 2nd ed.; University of Zagreb: Zagreb, Croatia, pp. 312–319.

- Lemic, D., Benítez, H. A., Püschel, T. A., Gašparić, H. V., Šatvar, M., Bažok, R. (2016): Ecological morphology of the sugar beet weevil Croatian populations: Evaluating the role of environmental conditions on body shape. *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology*, 260, 25-32.
- Lemic, D., Benítez, H. A., Bjeliš, M., Órdenes-Claveria, R., Ninčević, P., Mikac, K. M., Živković, I. P. (2020): Agroecological effect and sexual shape dimorphism in medfly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) an example in Croatian populations. *Zoologischer Anzeiger*, 288, 118-124.
- Lemic, D., Bjeliš, M., Ninčević, P., Živković, I. P., Popović, L., Gašparić, H. V., Benitez, H. A. (2021): Medfly phenotypic plasticity as a prerequisite for invasiveness and adaptation. *Sustainability*, 13(22), 12510.
- Maceljiski, M. (2002): Jabučni savijač (*Cydia/Laspeyresia*, *Carpocapsa*, *Grapholita/pomonella* L.). In *Poljoprivredna Entomologija*, 2nd ed.; Zrinski: Čakovec, Croatia, pp. 302–309.
- Pajač, I., Barić, B., Šimon, S., Mikac, M. K., Pejić, I. (2011): An initial examination of the population genetic structure of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in Croatian apple orchards. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(3-4), 459-464.
- Pajač, I., Barić, B., Mikac, M. K., Pejić, I. (2012): New insights into the biology and ecology of *Cydia pomonella* from apple orchards in Croatia. *Bulletin of Insectology*, 65(2), 185-1-193.
- Pajač Živković, I., Jemrić, T., Fruk, M., Buhin, J., Barić, B. (2016): Influence of different netting structures on codling moth and apple fruit damages in northwest Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 81(2), 99-102.
- Pajač Živković, I., Lemic, D., Mešić, A., Barić, B., Órdenes, R., Benítez, H. A. (2018): Effect of fruit host on wing morphology in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A first view using geometric morphometrics. *Entomological research*, 48(4), 262-268.
- 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(10), 310.
- Reyes, M., Franck, P., Olivares, J., Margaritopoulos, J., Knight, A., Sauphanor, B. (2009): Worldwide variability of insecticide resistance mechanisms in the codling moth, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*, 99, 359-369.
- Sauphanor, B., Brosse, V., Bouvier, J. C., Speich, P., Micoud, A., Martinet, C. (2000): Monitoring resistance to diflubenzuron and deltamethrin in French codling moth populations (*Cydia pomonella*). *Pest Management Science*, 56, 74-82.
- Wildbolz, T. (1962): Über Möglichkeiten der Prognose und Befallsüberwachung und Über Toleranzgrenzen bei der Integrierten Schädlingsbekämpfung im Obstbau. *Entomophaga*, 7, 273–283.
- Zafar, Y., Paterson, A. H. (2009): Gossypium DNA markers: types, numbers, and uses. In *Genetics and genomics of cotton* (pp. 101-139). Springer, New York, NY.

Abstract

CODLING MOTH RESEARCH IN CROATIA

Martina Kadoić Balaško, Darija Lemic, Renata Bažok, Ivana Pajač Živković

University of Zagreb Faculty of Agriculture, Division of Phytomedicine,
Department of Agricultural Zoology, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb
e-mail: mbalasko@agr.hr

Codling moth is the most important pest in apple production worldwide. The pest has developed resistance to several chemical groups of insecticides, which makes its control much more difficult. Therefore, special attention is being paid to environmentally friendly protective measures, and research is also being conducted on innovative methods to monitor this important pest. In this review, a cross-section of research on codling moth in Croatia was made. The results of research on alternative control methods are presented, as well as methods for monitoring and early detection of resistant populations. Regular monitoring of resistant populations is necessary for early detection of resistant populations and allows timely application of resistance control strategies and successful control of this important pest.

Key words: *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758); biology and ecology; genetic structure; geometric morphometry; resistant populations; resistance control strategies