

.....  
**Ivana PAJAČ ŽIVKOVIĆ, Božena BARIĆ**

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

## REZISTENTNOST JABUKOVA SAVIJAČA NA INSEKTICIDNE PRIPRAVKE

### SAŽETAK

U suvremenoj voćarskoj proizvodnji, jabukov savijač ekonomski je štetnik jabuke i kruške koji se redovito suzbija primjenom insekticidnih pripravaka. Dugogodišnja primjena insekticida iz istih kemijskih podskupina u prevelikim dozacijama uzrokovala je razvoj rezistentnosti pojedinih populacija štetnika u Europi i SAD-u. U radu se opisuju mehanizmi rezistentnosti jabukova savijača te se daje pregled dosadašnjih istraživanja rezistentnih populacija štetnika u Europi i svijetu. Također je dan pregled grupa insekticida koji su imali dozvolu i koristili se u suzbijanju jabukova savijača u Hrvatskoj u šest desetljeća.

**Ključne riječi:** *Cydia pomonella* L., insekticidni tretmani, mehanizmi rezistentnosti

### UVOD

Jabukov savijač (*Cydia pomonella* L.) najvažniji je štetnik jabuke i kruške u Hrvatskoj i svijetu, no razvija se i na orahu, dunji, marelici, šljivi te na nekim drugim vrstama voćaka iz roda *Prunus* (Ciglar, 1998). Štetnik je podrijetlom iz Euroazije, no tijekom posljednja dva stoljeća širenjem uzgoja jabuke i kruške proširio se širom svijeta te se stoga pretpostavlja da su ljudske migracije i seobe promicale njegovo širenje (Wearing i sur., 2001). Jabukov savijač ima velik potencijal razmnožavanja te je vrlo prilagodljiv različitim klimatskim uvjetima, što ga čini jednom od najuspješnijih poznatih vrsta kukaca rasprostranjenih na svim naseljenim kontinentima svijeta. Štete čini gusjenica koja se ubušuje u plod te se hrani mesom ploda. Hraneći se stvara spiralni hodnik koji vodi do sjemenjače ploda, a napadnuti plod prepoznaje se po ulaznom otvoru na kojem se nalazi izmet gusjenice. Gusjenica se hrani sjemenkama te buši hodnik na suprotnu stranu od ulaznog otvora i napušta plod. Plodovi oštećeni rano u sezoni brže dozrijevaju te prerano otpadaju sa stabla, a kasnije napadnuti plodovi ostaju na stablu, ali je njihova unutrašnjost oštećena, tj. "crvljiva" (Kovačević, 1952; Ciglar, 1998). Ovisno o klimatskim uvjetima područja u kojemu se uzgaja voće, štetnik razvija dvije do četiri generacije godišnje.

Suzbijanje jabukova savijača temelji se na primjeni insekticidnih pripravaka, kao što su različiti neuroaktivni proizvodi (organofosfati, karbamati, sintetički piretroidi i neonikotinoidi) te regulatori rasta (inhibitori sinteze hitina, imitatori juvenilnih hormona i agonisti receptora ekdisona) (Reyes i sur., 2009).

U suvremenoj voćarskoj proizvodnji tolerira se napad do 1 % plodova, iako proizvođači mjerama zaštite pokušavaju smanjiti udio napadnutih plodova ispod 1 % (Kovačević, 1952; Ciglar, 1998). U suvremenoj proizvodnji jabuka više od 70 % ukupnih insekticidnih tretmana koristi se za suzbijanje jabukova savijača (Franck i sur., 2007), a s obzirom da je štetnik aktivan tijekom cijele vegetacijske sezone (od ranog proljeća pa sve do berbe plodova u jesen), zaštita se prosječno obavlja 10-15 puta godišnje. U prošlosti se suzbijanje često nije provodilo na temelju procjene populacije štetnika te računanja kritičnih brojeva savijača pa se stoga zaštita većinom temeljila na prečestoj upotrebi insekticidnih pripravaka iz istih kemijskih podskupina u prevelikim dozacijama. Zbog čestih i obilnih korištenja tih proizvoda štetnik je razvio otpornost na različite kemijske podskupine insekticida u SAD-u i Europi (Franck i sur., 2007; Reyes i sur., 2009).

### **RAZVOJ REZISTENTNOSTI NA INSEKTICIDE**

Prvi slučaj rezistentnosti savijača zabilježen je 1928. godine na arsenate u SAD-u (Hough, 1928 cit. Reyes, 2007). Od tada se u gotovo svim glavnim regijama uzgoja jabuke prijavljuju novi slučajevi rezistentnosti. U Europi se rezistentnost štetnika na insekticide javila tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća, s pojavom rezistentnih populacija u Italiji i jugoistočnoj Francuskoj na diflubenzuron (Ioriatti i sur., 2000; Sauphanor i sur., 2000). Nadalje, neuspjesi u primjeni insekticidnih pripravaka u zaštiti, primijećeni su u švicarskih i španjolskih populacija štetnika (Charmillot i sur., 1999 i Sauphanor i sur., 1998 cit. Reyes i sur., 2007). Trenutačno se spektar rezistentnosti nekih navedenih populacija dramatično povećao te obuhvaća avermektine, benzoiluree, benzoilhidrazine, neonicotinoide, organofosfate, makrocikličke laktone i piretroide (Reyes i sur., 2007; 2009). Dodatni problem pojavio se razvojem unakrsne rezistentnosti zbog koje je štetnik istovremeno stekao rezistentnost na nekoliko kemijskih podskupina insekticida (Sauphanor i sur., 1998; Dunley i sur., 2000).

### **MEHANIZMI REZISTENTNOSTI JABUKOVA SAVIJAČA**

Mehanizmi rezistentnosti mnogobrojni su, no njihovi samostalni ili zbirni učinci u pojedinoj populaciji još nisu potpuno razjašnjeni (Reyes i sur., 2007).

Smanjena učinkovitost insekticida na jabukova savijača povezana je s nespecifičnim mehanizmima poput povećane enzimatske metabolizacije i/ili modifikacije specifičnog molekularnog cilja jedne grupe insekticida (Reyes i sur., 2007). Rezistentnost je uglavnom povezana sa sustavima za detoksikaciju mješovitih funkcionalnih oksidaza (MFO), glutation-S-transferaza (GST) i esteraza (EST) (Sauphanor i sur., 1997; Reyes i sur., 2007). Nadalje, kdr

.....

mutacija koja odgovara zamjeni L1014F u naponu ovisnom o proteinu natrijevih kanala uključena je u rezistentnost na piretroide (deltametrin), a zamjena F290V u acetilkolinesterazu (AChE) uključena je u rezistentnost na azinfos-metil i karbaril (Brun-Barale i sur., 2005; Cassanelli i sur., 2006). U svijetu je trenutačno poznato pet mehanizama rezistentnosti savijača (tj. EST, GST, MFO, kdr i modificirani AChE) koji se primjenom različitih enzimatskih i molekularnih metoda istražuju u pojedinim populacijama štetnika (Reyes i sur., 2009).

## GENETSKA ISTRAŽIVANJA POPULACIJA JABUKOVA SAVIJAČA

Unatoč ekonomskoj važnosti, malo se zna o genetskoj diferencijaciji i protoku gena jabukova savijača (Franck i sur., 2007). Prema nekim teorijama, pojedine populacije jabukova savijača zbog klimatskih su se promjena i čestih tretiranja insekticidima diferencirale na ekotipove različitih bioloških i fizioloških zahtjeva za razvoj (Thaler i sur., 2008.). Genetska istraživanja populacija jabukova savijača s pomoću mikrosatelita na uzorcima iz različitih zemalja pokazala su da su populacije jabukova savijača strukturirane prema geografskoj udaljenosti na nadnacionalnoj razini (Franck i sur., 2007). Međutim, analize tretiranih i netretiranih populacija u Europi i Južnoj Americi (Francuska i Čile) nisu potvrdile značajnu genetsku diferencijaciju proučavanih populacija na nacionalnoj razini, no primijećen je marginalni utjecaj insekticidnih tretmana na bogatstvo alela štetnika (Franck i sur., 2007; Fuentes-Contreras i sur., 2008). Analiza genetske strukture tretiranih i neretiranih populacija savijača primjenom mikrosatelitnih markera nedavno je učinjena i u Hrvatskoj (Pajač i sur., 2011). Unatoč činjenici da razlike u genetskoj strukturiranosti populacija nisu bile statistički značajne, netretirana populacija jabukova savijača imala je najveći prosječni broj alela te najveći broj jedinstvenih alela u usporedbi s tretiranim populacijama, što upućuje na moguće snižavanje bogatstva alela štetnika zbog učestale primjene insekticidnih tretmana. Rezultati genetskih istraživanja populacija savijača u Hrvatskoj upućuju na određene promjene u genetskoj strukturi tretiranih populacija koje su mogle utjecati na povećanje reproduktivne sposobnosti štetnika, a samim time i na promjene u biologiji štetnika (Pajač i sur., 2011). Promjene u biologiji štetnika uočene su između netretirane populacije i tretiranih populacija. U netretirane populacije opažena je kasnija pojava leptira štetnika u proljeće, kasnije odlaganje jaja te kasnija pojava gusjenica u usporedbi s tretiranim populacijama. U netretirane populacije utvrđene su dvije generacije štetnika tijekom vegetacijske sezone, a u tretiranih populacija utvrđena je i treća generacija štetnika. Rezultati istraživanja biologije, ekologije i genetike savijača u Hrvatskoj pokazali su da je u našoj zemlji moguć razvoj i treće generacije štetnika u godinama u kojima je suma efektivnih temperatura zbog klimatskih promjena veća od prosjeka, te u

voćnjacima u kojima se provode intenzivne mjere suzbijanja štetnika primjenom insekticidnih tretmana (Pajač i sur., 2012).

## ISTRAŽIVANJA REZISTENTNOSTI U EUROPI I SVIJETU

Širenje rezistentnosti u populaciji štetnika ovisi o višestrukim čimbenicima, a među najvažnije se ubrajaju intenzitet primjene insekticidnih pripravaka te migracijska sposobnost štetnika (May i Dobson, 1986 cit. Reyes, 2009). Iako su mehanizmi rezistentnosti istraženi u samo nekoliko proizvodnih područja uzgoja jabuke u Europi (Francuska, Švicarska, Španjolska, Portugal i Italija), različiti mehanizmi mogu izazvati otpornost na pojedini spoj. Rezistentnost na diflubenzuron povezana je s povećanom aktivnošću MFO-a u francuskim, švicarskim, španjolskim i portugalskim populacijama savijača, ali ne i u talijanskih populacija (Sauphanor i sur., 1998). U SAD-u je predložena teorija o tome da modificirana esteraza (EST) s nižim afinitetom za nespecifične supstrate, ali s povećanim afinitetom za organo-fosforne insekticide, objašnjava rezistentnost na parathion (Bush i sur., 1009 cit. Reyes, 2007). Smanjena ne-specifična aktivnost EST-a također je zabilježena u rezistentnih populacija savijača u jugoistočnoj Francuskoj, a povećana aktivnost EST-a bila je povezana s rezistentnošću na organo-fosforne insekticide u španjolskim i argentinskim populacijama jabukova savijača. Međutim, takva rezistentnost može biti posljedica pretjerane ekspresije ili kvalitativnih promjena u specifičnim izoenzima koji hidroliziraju ili inhibiraju insekticide. Međutim, različiti mehanizmi mogu biti uključeni u rezistentnost na kemikalije iz iste skupine insekticida (Reyes i sur., 2007; 2009). Za jabukov savijač, takvi mehanizmi obično su izraženi unutar jedne populacije, a njihovi pojedinačni i povezani učinci na toksične proizvode još nisu dovoljno istraženi. Specifične analize pokazuju da se mehanizmi rezistentnosti mogu razlikovati u pojedinim zemljopisnim područjima, ali sadašnje saznanje o tim mehanizmima ne omogućava predviđanje spektra rezistentnosti određene populacije ili raspon insekticida koji bi mogli ostati učinkoviti u zaštiti bilja. Stoga je potrebno standardizirati prikladne metode koje bi služile za rutinsko praćenje rezistentnosti tog štetnika (Reyes i sur., 2007). Jedna od tih metoda jest tretiranje gusjenica u dijapauzi dijagnostičkim koncentracijama insekticida. Mlade gusjenice, koje su tek izašle iz jaja, glavna su "meta" insekticida, no one se inicijano moraju uzgojiti u laboratoriju prije postavljanja bio testova jer se ne mogu prikupiti na terenu. S druge strane, prednost analiza na gusjenicama u dijapauzi jest u tome da se one mogu relativno lagano prikupiti i otpremati/razmjenjivati poštom. Stoga se upotrebom gusjenica u dijapauzi može zaobići dugotrajni proces uzgoja mladih gusjenica, koje su tek izašle iz jaja, i tako provesti istraživanja na velikom broju uzoraka kukaca u istom razvojnem stadiju. Metoda tretiranja gusjenica u dijapauzi korištena je za

analiziranje međusobnih odnosa između spektra rezistentnosti i mehanizama rezistentnosti i njihove varijabilnosti u južnim europskim populacijama savijača. Učinkovitost 10 insekticida (azinfos-metil, klorpirifos-etil, deltametrin, diflubenzuron, emamektin, fenoksikarb, fosalon, spinosad, tebufenozid i tiaklopid) istraživana je u pet zemalja (Francuska, Švicarska, Italija, Armenija i Španjolska) (Reyes i sur., 2007). Sve populacije pokazale su smanjenu osjetljivost na barem jedan insekticid u usporedbi s osjetljivim laboratorijskim varijetetima. Unakrsna rezistentnost opažena je između azinfos-metila ili fosadona i novijih spojeva, poput spinosada i tiakloprida. Rezistentnosti na azinfos-metil, diflubenzuron, spinosad, tebufenozid i tiaklopid bile su značajno povezane s aktivnošću mješovite funkcionalne oksidaze (MFO), a povećana aktivnost glutation-S-transferaze i smanjena aktivnost nespecifične esteraze bila je povezana s rezistentnošću na azinfos-metil i emamektin. Nasuprot tome, rezistentnost na azinfos-metil, tebufenozid i tiaklopid nije bila povezana s povećanom aktivnošću esteraze. Niti jedan od promatranih mehanizama nije objasnio gubitak osjetljivosti populacija na klorpirifos-etil i nije bilo značajne povezanosti između rezistentnosti na deltametrin i prisutnosti kdr mutacija (Reyes i sur., 2007).

Nadalje, analiza potencijalne varijabilnosti svih poznatih mehanizama rezistentnosti (tj. EST, GST, MFO, kdr i modificirani AChE) proučavana je na svjetskoj razini između populacija jabukova savijača prikupljenih na svim važnijim zemljopisnim regijama svijeta (Novi Zeland, Južna Afrika, Bugarska, Francuska, Grčka, Španjolska, Češka, Čile, Argentina, Urugvaj i SAD), (Reyes i sur., 2009). Populacije su bile klasificirane na tretirane i netretirane insekticidima, a osjetljivi varijetet jabukova savijača koji je služio kao kontrolna populacija uzgajan je u laboratorijskim uvjetima više od 20 godina. Rezultati istraživanja pokazali su da je aktivnost triju enzimskih sustava (GST, MFO i EST) između populacija jako varirala. Populacije iz Grčke, Argentine i Urugvaja imale su značajne postotke uzoraka savijača s povišenim aktivnostima GST-a i MFO-a. U konvencionalnim voćnjacima iz Češke i Francuske zabilježena je pojava savijača koji izražavaju povišenu aktivnost MFO-a i smanjenu aktivnost EST-a istovremeno. Čile je bila jedina zemlja u kojoj populacije iz tretiranih voćnjaka nisu uključivale značajan udio jedinki s poboljšanom enzimskom aktivnošću. Značajna razina kdr mutacija pronađena je u deset populacija iz pet zemalja, uključujući sve francuske i argentinske populacije. Mutacija u AChE otkrivena je samo u španjolskoj populaciji (Reyes i sur., 2009).

Navedenim istraživanjem utvrđeno je da postoji široka varijacija u enzimskim aktivnostima i prisutnosti genetskih mutacija povezanih s insekticidnom rezistentnošću jabukova savijača na svjetskoj razini. Povišene razine MFO i pojava kdr mutacije bili su najučestaliji mehanizmi rezistentnosti, ali također su često uočene povišene vrijednosti GST-a i snižene nespecifične vrijednosti EST-a. Insekticidna rezistentnost vjerojatno je pod utjecajem lokalnih uvjeta koji

utječu na selekcijski pritisak, prostorne distribucije tretiranih i netretiranih domaćina te na kretanja populacija između staništa (Reyes i sur, 2009).

Međutim, u svim zemljopisnim područjima, razvijanje učinkovitih anti-rezistentnih strategija zaštite zahtijeva stalno praćenje mehanizama rezistentnosti na terenu te provedbu učinkovitih mjera upravljanja rezistentnošću koje provode proizvođači, ali i industrije insekticida (Reyes i sur, 2009).

### **SMJERNICE ANTIREZISTENTNOG PROGRAMA**

S obzirom na to da su pojedine populacije jabukova savijača stekle istovremenu rezistentnost na nekoliko kemijskih podskupina insekticida, provedba programa rotacije različitih aktivnih tvari insekticida da bi se odgodio razvoj rezistentnosti, u praksi će se vrlo teško provoditi (Sauphanor i sur., 1998a), pogotovo i zato što danas u Hrvatskoj ima malo aktivnih tvari insekticida koji imaju dozvolu za suzbijanje jabukova savijača, a djeluju na iste ili slične metaboličke procese kukca, što omogućuje pojavu rezistentnosti. To zahtijeva poboljšavanje alternativnih metoda suzbijanja štetnika, kao što su primjena mikrobioloških insekticida ili poremećaji parenja (npr. metoda zbunjivanja štetnika ili metoda privuci i ubij). Smjernice za proizvodnju visokokvalitetnog voća koje ne narušavaju zdravlje ljudi te ne štete okolišu i dalje se oslanjaju na integrirani sustav proizvodnje u kojem se promišlja o zdravoj proizvodnji hrane, a insekticidni tretmani primjenjuju se odgovorno te samo onda kada su prijeko potrebni.

### **PREGLED PROGRAMA SUZBIJANJA JABUKOVA SAVIJAČA U HRVATSKOJ**

Tijekom šest desteljeća programi suzbijanja jabukova savijača u Hrvatskoj mijenjali su se s obzirom na razvoj kemijskih pripravaka. Razvoj je tekao od kloriranih ugljikovodika prema ekološki prihvatljivijim pripravcima, kao što su sintetski piretroidi, inhibitori razvoja i naturaliti.

U tablici 1. prikazane su grupe insekticida koje su se koristile u suzbijanju jabukova savijača od 1960. do 2010. godine. Podatci iz literature navode da je savijač 60- tih godina prošlog stoljeća u Hrvatskoj imao dvije generacije koje su se suzbijale s ukupno 5 tretmana insekticidima (Arčanin, 1961). U to vrijeme koristili su se klorirani insekticidi, organo-fosfori insekticidi te ostali preparati kao preparati a.t. arsen i nikotin. Ti su insekticidi imali širi spektar djelovanja, a otkrivanjem novih grupa insekticida, kao što su piretroidi i inhibitori razvoja kukaca 80- tih godina prošlog stoljeća, bili su užeg i specifičnog načina djelovanja; u praksi se sumnjalo na pojavu rezistentnosti, ali nisu provedena istraživanja.

Tablica 1. Pregled registriranih insekticida za suzbijanje jabukova savijača u Hrvatskoj od 1960. do 2010. godine

Godina	Grupa insekticida	Podgrupa insekticida	
1960. (Biljna zaštita, 1960)	Klorirani ugljikovodici	-DDT -thiodan	
	Organo-fosforni insekticidi	-diazinon	
	Ostali insekticidi	-arsen -nikotin	
1970. (Biljna zaštita, 1970)	Klorirani ugljikovodici	-DDT -endosulfan	
	Organo-fosforni insekticidi	-fosalon -diazinon -tetraklorinfos	
	Karbamati	-karbaril	
	Ostali insekticidi	-arsen	
	Bioinsekticidi	- <i>Bacillus thuringensis</i>	
1980. (Glasnik zaštite bilja, 1980)	Organo-fosforni insekticidi	<u>Nesistemići:</u> -triazofos -pirimifos -klorpirifos -etrimfos-kvinalfos -metilazinfos -metidation -fosmet	
		<u>Sistemići:</u> -mevinfos fention	
		Sintetski piretroidi	-deltametrin
		Inhibitori razvoja insekata	-diflubenzuron
		Biološki insekticidi	- <i>Bacillus thuringiensis</i>
1990. (Glasnik zaštite bilja, 1990)	Organofosforni insekticidi	-diazinon -klorpirifos -metilazinfos -fosmet	
		Karbamati	-karbaril
	Sintetski piretroidi	-cipermetrin -deltametrin -fenvalerat -alfametrin -fenpropatrin -bifentrin -lambda cihalotrin	
		Inhibitori razvoja insekata	-deltametrin
		Biološki insekticidi	- <i>Bacillus thuringiensis</i>
			-diazinon

2001. (Glasilo biljne zaštite, 2001)	Organo-fosforni insekticidi	-klorpirifos-etil -klorpirifos-metil -fosalon
	Sintetski piretroidi	-cipermetrin -alfacipermetil -deltametrin -esfenvalerat -fenpopratin -bifentrin -lambda cihalotrin
	Neonikotinoidi	-tiaklopid
	Regulatori razvoja insekata	-diflubenzuron -fenoksikarb -heksaflumuron -tebufenozid -lufenuron
	Biološki insekticidi	- <i>Bacillus thuringiensis</i>
	2010. Glasilo biljne zaštite, 2010)	Organo-fosforni insekticidi
Sintetski piretroidi		-alfacipirmetrin -deltametrin -esfenvalerat -bifentrin -lambda cipermetrin
Neonikotinoidi		-tiaklopid
Regulatori razvoja insekata		-diflubenzuron -teflubenzuron -fenoksikarb -tebufenozid -luferunon -metoksifenozid -novoluron
Biološki insekticidi		- <i>Bacillus thuringiensis</i>
Naturaliti		-spinosad

Kao što je vidljivo iz tablice 1., od 1990. godine počinje učestala primjena sintetskih piretroida koji su "ekološki" prihvatljiviji zbog niže otrovnosti za toplokrvne organizme i snažnog inicijalnoga djelovanja na kukce; primjenjuju se u niskim dozama po jedinici površine, ali već je tada zamijećena pojava rezistentnosti. Inhibitori, odnosno regulatori razvoja insekata primjenjuju se od 80- tih godina prošlog stoljeća. Zbog specifičnog načina njihova djelovanja nakon nekoliko godina primjene javlja se rezistentnost na njih.



## BUDUĆA ISTRAŽIVANJA REZISTENTNOSTI JABUKOVA SAVIJAČA U HRVATSKOJ

Utvrđivanje rezistentnih populacija jabukova savijača analiziranjem enzimske aktivnosti i prisutnosti genetskih mutacija povezanih s razvojem rezistentnosti na insecticide do sada nije provedeno u Hrvatskoj. U sklopu projekta MONPERES (Monitoring rezistentnosti štetnika: nove metode detekcije i učinkovite strategije upravljanja rezistentnošću), kojeg koordinira prof. dr. sc. Renata Bažok te financira Hrvatska zaklada za znanost, rezistentnost pojedinih populacija jabukova savijača na najvažnijim područjima uzgoja jabuke, utvrđivat će se prvi put u našoj zemlji s pomoću standardiziranih enzimatskih i molekularnih metoda, no razvijat će se i neke nove metode utvrđivanja rezistentnosti (morfometrijske analize). S obzirom da je jedan od ključnih ciljeva MONPERES projekta razvijanje strategije zaštite od rezistentnih populacija jabukova savijača, tijekom istraživanja uspostaviti će se primjena ekološki povoljnijih bioloških insekticida te će se dodatno ispitati učinkovitost metode zbnjivanja (konfuzije) štetnika.

### INSECTICIDE RESISTANCE OF THE CODLING MOTH

#### SUMMARY

In modern fruit production, codling moth is an economical pest of apple and pear that is regularly suppressed using insecticidal treatments. The long-term use of insecticides from the same chemical subgroups in too large doses has caused the development of resistance in pest populations in Europe and the USA. The paper describes the mechanisms of resistance of codling moth and provides an overview of current research of resistant pest populations in Europe and in the world. The paper also reviews insecticide groups which have been licensed and were used to control codling moth in Croatia for six decades.

**Key words:** *Cydia pomonella* L., insecticide treatments, resistance mechanisms

#### LITERATURA

**Arčanin, B.** (1961). Jabučni savijač (*Carpocapsa pomonella*). Biljna zaštita, 4-5, 79-83.

**Biljna zaštita** (1960). Pregled sredstava za zaštitu bilja, 4, 25-48.

**Biljna zaštita** (1970). Pregled sredstava za zaštitu bilja, 8-10, 157-236.

**Brun-Barale, A., Bouvier, J. C., Pauron, D., Berge, J. B., Sauphanor, B.** (2005). Involvement of a sodium channel mutation in pyrethroid resistance in *Cydia pomonella* L. and development of a diagnostic test. Pest Management Science, 61, 549–554.

**Cassanelli, S., Reyes, M., Rault, M., Manicardi, G.C., Sauphanor, B.** (2006). Acetylcholinesterase mutation in an insecticide resistant population of the codling moth *Cydia pomonella* (L.). Insect Biochemistry and Molecular Biology, 36, 642–653.

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

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

**Franck, P., Reyes, M., Olivares, J., Sauphanor, B.** (2007). Genetic differentiation in the codling moth: comparison between microsatellite and insecticide resistant markers. *Molecular Ecology*, 16, 3554–3564.

**Fuentes-Contreras, E., Espinoza, J. L., Lavandero, B., Ramírez, C. C.** (2008). Population genetic structure of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) from apple orchards in central Chile. *Journal of Economic Entomology*, 101 (1), 190-198.

**Glasnik zaštite bilja** (1980). Pregled sredstava za zaštitu bilja, 3-4, 66-143.

**Glasnik zaštite bilja** (1990). Pregled sredstava za zaštitu bilja, 3-4, 65-151.

**Glasilo biljne zaštite** (2001). Pregled sredstava za zaštitu bilja, 3-4, 123-209.

**Glasilo biljne zaštite** (2010). Pregled sredstava za zaštitu bilja, 1-2, 3-118.

**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.

**Kovačević, Ž.** (1952). Primijenjena entomologija. II. knjiga Poljoprivredni štetnici, Sveučilište Zagreb, Zagreb: 312-319.

**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), 185-193.

**Reyes, M., Franck, P., Charmillot, P. J., Ioriatti, C., Olivares, J., Pasqualini, E., Sauphanor, B.** (2007). Diversity of insecticide resistance mechanisms and spectrum in European populations of the Codling moth, *Cydia pomonella*. *Pest Management Science*, 63, 890–902.

**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., Cuany, A., Bouvier, J. C., Brose, V., Berge, J. B.** (1997). Mechanism of resistance to deltamethrin in field populations of *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 58, 109–117.

**Sauphanor, B., Brosse, V., Monier, C., Bouvier, J. C.** (1998). Differential ovidal and larvicidal resistance to benzoylureas in the codling moth, *Cydia pomonella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88, 247–253.

**Sauphanor, B., Bouvier, J.-C., Brosse, V.** (1998a). Spectrum of Insecticide Resistance in *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in Southeastern France. *Journal of Economic Entomology*, 91 (6), 1225–1231.

**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.

**Thaler, R., Brandstätter, A., Meraner, A., Chabicovski, M., Parson, W., Zelger, R., Dalla Via, J., Dallinger, R.** (2008). Molecular phylogeny and population structure of the

.....  

---

codling moth (*Cydia pomonella*) in Central Europe: II. AFLP analysis reflects human-aided local adaptation of a global pest species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48, 838–849.

**Wearing, C. H., Hansen, J. D., Whyte, C., Miller, C. E., Brown, J.** (2001). The potential for spread of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) via commercial sweet cherry fruit: a critical review and risk assessment. *Crop Protection*, 20, 465-488.

**Pregledni rad**