

**BIOLOŠKO SUZBIJANJE JABUKOVA SAVIJAČA, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) ENTOMOPATOGENOM NEMATODOM *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae)**

Dinka GRUBIŠIĆ, Tanja GOTLIN ČULJAK i Ivan JURAN

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za poljoprivrednu zoologiju,  
Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb; e-mail: [djelinic@agr.hr](mailto:djelinic@agr.hr)

Prihvaćeno: 15. prosinca 2010.

Jabukov savijač, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae), najznačajniji je štetnik u proizvodnji jabuke u Europi i svijetu. Jesenska primjena entomopatogene nematode *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae) protiv prezimljujućeg stadija gusjenica jabukova savijača u kokonima reducira populaciju odraslih leptira sljedećeg proljeća. Korisne nematode mogu se koristiti kao dopuna različitim mjerama zaštite protiv ovoga štetnika kao što su kemijske i biotehničke te primjeni virusa granuloze, ali je njihova primjena važna i u sprječavanju razvoja rezistentnosti jabukova savijača na kemijske insekticide. U radu je dan pregled rezultata učinkovitosti *S. carpocapsae* protiv jabukova savijača postignutih u istraživanjima u razdoblju 1997.-2010. te osvrt na proizvodnju, formulaciju te postupke primjene biološkog pripravka na osnovi ove entomopatogene nematode.

**Jabukov savijač, *Cydia pomonella*, entomopatogene nematode, *Steinernema carpocapsae*, biološko suzbijanje, voćnjaci**

D. GRUBIŠIĆ, T. GOTLIN ČULJAK & I. JURAN: Biological control of codling moth, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) using entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae). Entomol. Croat. 2010., Vol. 14., Num. 3-4: 63-74.

Codling moth, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) is the most serious pest of apple production in Europe and worldwide. Autumn applications of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae) targeting the overwintering pre-

pupal stage of the codling moth reduce the adult population the following spring. Beneficial nematodes can be used to compliment all of the different pest control measures; chemical insecticides, mating disruption and granulosis virus, but their applications are also an important tool in pesticide resistance management. In this paper a review of all research for the period 1997-2010 on *S. carpocapsae* field efficacy in codling moth control, mass cultivation, formulation, and application strategies of the *S. carpocapsae* commercial products are presented.

**Codling moth, *Cydia pomonella*, entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae*, biological control, orchards**

Jabukov savijač, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae), najznačajniji je štetnik jabuke i kruške. U Europi je značajniji kao štetnik jabuke. Njegova populacija može se smanjiti primjenom kemijskih insekticida, biotehničkih mjera zaštite, ali i bioloških pripravaka na temelju virusa granuloze i entomopatogenih nematoda. Značajnim smanjenjem populacije jabukova savijača za vrijeme njegova prezimljenja značajno se smanjuju i štete u voćnjaku sljedeće godine. Trenutno se protiv ovoga štetnika vrlo malo poduzima u tom periodu godine. Primjena lovnih pojaseva koji se postavljaju na stabla jabuka, kako bi unutar njih gusjenice jabukova savijača isprele svoje kokone, reducira samo dio njegove populacije, a uz to od proizvođača zahtijeva dosta fizičkog rada i vremena.

Radi navoda o pojavi rezistentnosti jabukova savijača na kemijske insekticide (Mota-Sanchez i sur., 2008.) te sve većih zahtjeva za ekološkom proizvodnjom, postoji veliki interes za primjenu bioloških pripravaka u suzbijanju ovoga štetnika. Jedan od prirodnih neprijatelja jabukova savijača su entomopatogene nematode roda *Steinernema* Travassos, 1927 (Cephalobina: Steinernematidae). One mogu biti zaslužne za značajno reduciranje populacije jabukova savijača tijekom zimskog mirovanja, djelujući na njega na mjestima prezimljenja na kojima stvara kokone. Infektivni stadiji ovih nematoda domaćini su simbiotskim bakterijama roda *Xenorhabdus* Thomas & Poinar 1979, koje prodiru u hemolimfu kukca domaćina, nakon što je entomopatogena nematoda kroz prirodne tjelesne otvore, npr. usta, anus ili dišne otvore (Poinar, 1990.), prodrla u tijelo kukca. Bakterije se potom šire hemolimfom kukca, ubrzano se umnožavaju i kroz 24-72 sata uzrokuju njegovo ugibanje (Dowds i Peters, 2002.; Forst i Clarke, 2002.). Nematode se

hrane simbiotskim bakterijama i razmnožavaju se unutar tijela kukca. Kroz dva do tri tjedna nematode se razvijaju u infektivne ličinke koje, u uvjetima povoljne vlažnosti, napuštaju tijelo domaćina, odnosno u uvjetima nepovoljne vlažnosti, ostaju u njegovom tijelu. U tijelu domaćina nematode mogu preživjeti i smrzavanje (Lewis i Shapiro-Ilan, 2002.). Osim tla, za održavanje ovih nematoda u zimskom periodu povoljno stanište jesu i pukotine u kori debla voćaka (Begley, 1990.; Kaya i Gaugler, 1993.; Gaugler i sur., 1997.). Vrsta *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Nematoda: Steinernematidae) utvrđena je kao prirodni neprijatelj više vrsta kukaca iz redova Coleoptera, Hymenoptera i Lepidoptera, ali se samo parazitacija jabukova savijača uzastopce pronalazi u prirodi (Peters, 1996.). *S. carpocapsae* prvi je puta izolirana iz jabukova savijača u Češkoj i istočnom dijelu SAD-a (Weiser, 1955.; Dutky i Hough, 1955.) cit. (Unruh i Lacey, 2001.) te potom u zapadnom dijelu SAD-a, Meksiku i Poljskoj (Poinar, 1991.) cit. (Unruh i Lacey, 2001.). U Europi je ova vrsta do sada utvrđena u Austriji, Bugarskoj, Češkoj, Francuskoj, Njemačkoj, Velikoj Britaniji, Italiji, Norveškoj, Poljskoj, Portugalu, Slovačkoj, Sloveniji, Španjolskoj, Švedskoj i Švicarskoj (Hominick, 2002.; Laznik i sur., 2008.). Srodna vrsta *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Nematoda: Steinernematidae) ima još širi krug kukaca domaćina. Obje vrste komercijalizirane su kao biološki pripravci koji se augmentativnim postupkom učinkovito primjenjuju za suzbijanje jabukova savijača pri prezimljenju (Unruh i Lacey, 2001.; Cornale i sur., 2006.; Lacey i sur., 2006.a; Curto i sur., 2008.). Ovaj rad donosi pregled postignuća istraživanja učinkovitosti suzbijanja gusjenica jabukova savijača u kokonima pri njihovu prezimljavanju, pripravcima na osnovi entomopatogene nematode *S. carpocapsae*, koja se kao biološki pripravak u svijetu koristi kao nadopuna kemijskim i biotehničkim mjerama suzbijanja, istovremeno štiteći korisnu entomofaunu u agroekosustavu voćnjaka.

### **Masovna proizvodnja, formulacija i primjena pripravaka**

Entomopatogene nematode lako se uzgajaju tehnikama *in vivo* ili *in vitro* u laboratorijskim uvjetima. Za komercijalnu proizvodnju primjenjuju se obje metode masovnog uzgoja. Vrste roda *Steinernema* proizvode se u 7.500-80.000 litarskim fermentorima s prinosisima nematoda od oko 250.000 infektivnih ličinki (IJ)/ml, ovisno o vrsti nematode koja se proizvodi. Infektivne ličinke

*S. carpocapsae* mogu se čuvati kao tekuće suspenzije na 4-15°C bez gubitka vijabilnosti i aktivnosti 6-12 mjeseci (Kaya i Koppenhöfer, 2004.). Jedinstvenu optimalnu formulaciju za sve vrste entomopatogenih nematoda nemoguće je definirati jer pojedine vrste imaju svoje zahtjeve s obzirom na vlagu i kisik. Jedna od najboljih formulacija za vrstu *S. carpocapsae* jesu vodotopive granule, s obzirom da je njima postignuta relativno duga vijabilnost nematoda bez potrebe za skladištenjem na niskim temperaturama u hladnjaku. Infektivne ličinke *S. carpocapsae* u stanju anhidrobioze tako mogu ostati vijabilne na temperaturi od 25°C pet do šest mjeseci ili devet mjeseci na 5°C, uz preživljenje od 90% (Grewal, 2000.). Ova formulacija miješa se s vodom neposredno prije primjene. Entomopatogene nematode primjenjuju se istim uređajima (atomizerima) koji se koriste za primjenu kemijskih pripravaka za zaštitu bilja u voćnjacima. Infektivne ličinke mogu podnijeti pritisak od 1068 kPa i proći kroz uobičajene dizne promjera ne manjeg od 100 µm, iz kojih je poželjno ukloniti sita kako bi se umanjila mogućnost oštećenja nematoda (Kaya i Koppenhöfer, 2004.). Prema istraživanjima Fife i sur. (2003.), prilikom primjene *S. carpocapsae* pritisak uređaja za primjenu pripravka ne smije prijeći 2000 kPa, pri čemu vijabilnost infektivnih ličinki ostaje viša od 85%. Isti autori navode kako *S. carpocapsae* podnosi pritisak i do 10 690 kPa, pri čemu vijabilnost opada za 50%, za razliku od drugih entomopatogenih nematoda čija vijabilnost pri navedenom pritisku opada za preko 80%. Kako bi se izbjegla hidrodinamička oštećenja, za primjenu entomopatogenih nematoda primjerenije je koristiti konusne dizne, nego dizne lepezastog mlaza (Fife i sur., 2005). Različite pumpe (centrifugalne, membranske i valjkaste) pri pritisku do 828 kPa, prilikom recirkulacije suspenzije, ne uzrokuju mehanička oštećenja entomopatogenih nematoda. Smanjenje vijabilnosti nematoda je posljedica razvoja visokih temperatura unutar uređaja, a ne mehaničkog stresa (Fife, 2003. cit. Shapiro – Illan i sur., 2006.). Generalna preporuka je izbjegavati temperature više od 30°C, koje se razvijaju prilikom rada uređaja, tj. primjene pripravaka (Grewal, 2002.). Naime, unutar jednoga radnoga sata (kod konstantnog volumena od 54.5 l i protoku od 18.2 l/min), temperatura vode u tanku uređaja može narasti sa 22 na 43 °C (centrifugalna pumpa), odnosno na oko 27°C (kod membranske i valjkaste pumpe) (Fife, 2003.). Zagrijavanje ovisi i o volumenu tekućine u tanku. U svakom slučaju, značajan porast temperature izmjeren u uređajima sa centrifugalnim pumpama čini ove uređaje neprikladnima za primjenu entomopatogenih nematoda. Stoga, treba preferirati uređaje s

membranskim i valjkastim pumpama. Za postizanje što boljeg učinka infektivnih ličinki entomopatogenih nematoda od značaja je prisutna vlaga u nasadu prije i poslije primjene pripravaka. Vlaga bi se u nasadu nakon primjene pripravaka optimalno trebala zadržati najmanje 6-8 sati (Lacey i Unruch, 1998.) kako bi infektivne ličinke uspješno pronašle domaćina i ušle u kokone (Lacey i Unruch, 1998.; Unruch i Lacey, 2001.; Lacey i sur., 2006.a). Za primjenu ovih pripravaka idealno je kišno razdoblje. Iako određeni broj autora upućuje na potrebu osiguranja visoke vlažnosti u nasadu za vrijeme i nakon tretiranja (Lacey i sur., 2006.a), istraživanja provedena u Njemačkoj pokazuju da je za uspješno preživljavanje i kretanje te pronalaženje gusjenica jabukova savijača u kokonima dostatna i prirodna RVZ u nasadu, ukoliko se tretiranje provodi u jesen i u predvečerje (Peters i sur., 2008.). Kako bi se pospješila učinkovitost *S. carpocapsae*, prije i nakon tretiranja voćnjaka biološkim pripravkom preporučuje se navodnjavanje nasada (kišenje). Pregled rezultata istraživanja o klimatskim uvjetima prilikom primjene, načinu navodnjavanja i primjenjivanim količinama vode prikazani su u tablici 1. Štetan i nepovoljan utjecaj zasušivanja i UV zračenja mogu se umanjiti dodatkom okvašivača u suspenziju nematoda prije njihove primjene. Lacey i sur. (2010.) utvrdili su pozitivan utjecaj nekih novih formulacija okvašivača (superapsorbirajući polimerski gelovi čije čestice vežu velike količine tekućine, a primjenjuju se rasprskivačima) te drvenog malča (drvena pjena) na preživljavanje i učinkovitost *S. carpocapsae*. Tako je na površinama prekrivenima drvenim malčom učinkovitost *S. carpocapsae* (primjenjene formulacijom uginulih gusjenica voštanog moljca, *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758), prethodno inficiranih sa *S. carpocapsae*) rezultirala s učinkovitošću od 56%, za razliku od učinkovitosti od svega 15% na nemalčiranim površinama. Isti autori utvrdili su i sljedeću učinkovitost *S. carpocapsae*, primjenjene tretiranjem papirnatih lovnih pojaseva postavljenih na debla jabuka: 11% uz naknadno vlaženje pojaseva vodom, 35% uz primjenu okvašivača u formulaciji gela te 85% na površinama na kojima je primijenjen drveni malč. Radi osjetljivosti ovih nematoda na sunčevu svjetlost prikladno ih je primjenjivati predvečer. Vrsta *S. carpocapsae* u suzbijanju jabukova savijača je najučinkovitija pri temperaturama 22-28°C (Shapiro-Ilan i Gaugler, 2010.), na temperaturama ispod 15°C njena učinkovitost se značajno smanjuje, kod 11°C je već vrlo slaba, a kod 10°C nestaje (Vega i sur., 2000., Lacey i Unruch, 1998.). U istraživanjima čiji su rezultati prikazani u tablici 1., biološki pripravak je primjenjivan u rasponu temperatura 9-21°C. Entomopatogene su

nematode u zaštiti od štetnika kompatibilne s mnogim herbicidima, fungicidima, akaricidima, insekticidima, nematocidima, proizvodima na osnovu azadirahtina, *Bacillus thuringiensis* (Bt) i pesticidnim sapunima, ali ove je kompatibilnosti, s obzirom na brojnost pripravaka, nemoguće generalizirati, nego ih je potrebno promatrati zasebno (Kaya i Koppenhöfer, 2004.). Pripravci su u nekim istraživanjima primjenjivani do visine 1.0 m stabla voćke (Kienzle i sur., 2008.), a u uputama proizvođača i distributera ovih pripravaka navedena je potreba tretiranja debla i glavnih grana voćaka kao i tla ispod krošnje voćke.

### **Učinkovitost entomopatogene nematode *S. carpocapsae* u suzbijanju jabukova savijača**

Učinkovitost vrste *S. carpocapsae* u suzbijanju jabukova savijača kroz trinaestogodišnji period istraživanja prikazana je u tablici 1. U najvećem broju istraživanja augmentativna primjena biološkog pripravka provedena je u mjesecu listopadu. Prosječna temperatura u spomenutim istraživanjima bila je 14°C (uz minimum od 9°C te maksimum od 21°C). Učinkovitost pripravaka, većinom iskazana u postocima mortaliteta gusjenica u kokonima, varira od 2.2-100%, što može biti posljedica različitih visina populacija štetnika i primijenjenih doza entomopatogenih nematoda po jedinici površine, ali isto tako i njihove interakcije s različitim biotskim i abiotskim čimbenicima te uvjetima u kojima su provedena istraživanja (umjetna ili prirodna infestacija, laboratorijski uvjeti ili istraživanja u voćnjacima). U istraživanjima čiji su se rezultati temeljili na ocjeni postotka oštećenja plodova jabuke u godini nakon tretmana (Brown, 2010.; Peters i sur., 2008.; Kienzle i sur., 2008.), primjenom entomopatogene nematode *S. carpocapsae* postignuti su prosječni rezultati od oko 53% manje oštećenih plodova u odnosu na uobičajena godišnja oštećenja. U Ujedinjenom Kraljevstvu su uz primjenu doze  $1.5 \times 10^9$  IJ/ha, u kombinaciji s primjenom pesticida, utvrđena 50% niža oštećenja plodova jabuke od jabukova savijača u odnosu na primjenu isključivo kemijske zaštite voćnjaka od ovoga štetnika, odnosno 55% niža oštećenja plodova jabuke u odnosu na primjenu metode konfuzije (Brown, 2010.).

Tablica 1. Pregled rezultata istraživanja učinkovitosti *Steinernema carpocapsae* u suzbijanju jabukova savijača od 1997. do 2010. godineTable 1. Summary of investigation results of using *Steinernema carpocapsae* for control of codling moth from 1997 to 2010

Država	Vrijeme i uvjeti primjene	Doza nematoda/ha i način primjene	Prosječan mortalitet/ % oštećenih plodova	Literaturni izvor
Francuska	16.10.2009. T= 14-21°C kroz 5 i 1/2 h nakon tretiranja	1.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 2000 l vode/ha, uz dodatnu irigaciju 10 mm prije tretiranja i 80 mm nakon tretiranja	82% - 18. dan nakon tretiranja	Brown, 2010.
	20.10.2009. T=14-18°C kroz 7 h nakon tretiranja	1.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 1000 l vode/ha, uz dodatnu irigaciju 5 mm prije tretiranja i 66 mm kroz 2 dana nakon tretiranja	81% - 14. dan nakon tretiranja, te 50 - 54% manje oštećenja plodova od 1. generacije savijača sljedeće godine	Brown, 2010.
Italija	28.3.2006. T=12-14°C, RVZ= 83%	2.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 15 hl vode/ha	Nema značajnog učinka u suzbijanju 1. generacije savijača	Curto i sur., 2008.
	19-21.10.2006. T=12-14°C, 1-10 mm kiše	1.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 15 hl vode/ha	64% uz značajno smanjenje broja odloženih jaja leptira 1. generacije u proljeće sljedeće godine	Curto i sur., 2008.
	24-27.10.2007. T=9-11°C, 51 mm kiše kroz 3 dana	1.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 15 hl vode/ha	34%	Curto i sur., 2008.
	6.10.2007. T= 19°C, 18 mm kiše	1.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 20 hl vode/ha	80%	Curto i sur., 2008.
	6.10.2007. T= 16°C, 16 mm kiše	1.25 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 15 hl vode/ha	56%	Curto i sur., 2008.
Njemačka	23.10.2007. T=12°C, RVZ=80-100% period bez kiše	1.25 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 15 hl vode/ha	52%	Curto i sur., 2008.
	20.10.2006. T=16°C, RVZ=80% kiša prije tretiranja	0.75 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 500 l vode/ha tretirano deblo do visine 1m	2.2 - 66.3%	Kienzle i sur., 2008.
	27.10.2006. T=12-16°C, kiša nakon tretiranja	0.75 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 500 l vode/ha tretirano deblo do visine 1m	12.7 - 19.4% te 50 - 60% manja oštećenja plodova sljedeće godine	Kienzle i sur., 2008.



Tablica 1. Nastavak

Table 1. Continued

Država	Vrijeme i uvjeti primjene	Doza nematoda/ha i način primjene	Prosječan mortalitet/ % oštećenih plodova	Literaturni izvor
SAD	Laboratorij	50 IJ/cm <sup>2</sup>	83% (tretiranje debbla) 99% (tretiranje lišća)	Lacey i Unruh., 1998.
	16.10.1997. T = 18°C	0.5-5.0 x 10 <sup>6</sup> IJ/stablu, 7.52 l vode/stablu, uz 14 h navodnjavanja prije tretiranja	33-35%	Unruh i Lacey, 2001.
	Sredina ljeta	2 x 10 <sup>6</sup> IJ/stablu	70%	Unruh i Lacey, 2001.
		1 x 10 <sup>6</sup> IJ/stablu uz vlaženje prije (1/2h prije tretiranja) i poslije (kroz 24 h, svakih sat vremena)	100%	Unruh i Lacey, 2001.
	Kasno ljeto, T = 16.6° C	1 x 10 <sup>6</sup> IJ/stablu uz okvašivač i dodatno vlaženje	58.2 i 94.4%	Lacey i sur., 2006.a
UK	Jesen 2008. nakon berbe, kiša za vrijeme tretiranja	1.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 15 hl vode/ha	50% smanjenje oštećenja plodova sljedeće godine (u odnosu na primjenu kemijskih pripravaka)	Brown, 2010.
	15.10.2008. kiša za vrijeme tretiranja, T=15°C	1.5 x 10 <sup>9</sup> IJ/ha, 15 hl vode/ha, 2.5 l/ha Codacide - biljno ulje	55% smanjenje oštećenja plodova godine (u odnosu na primjenu metode konfuzije)	Brown, 2010.

## Zaključci i trendovi primjene *S. carpocapsae* protiv jabukova savijača

Suzbijanje jabukova savijača u kokonima na mjestima prezimljenja snižava visinu populacije jabukova savijača te tako i ovipoziciju ovog štetnika sljedećeg

\*IJ = infektivne ličinke



proljeća. Uporabom entomopatogenih nematoda zajedno s metodom konfuzije (Lacey i sur. 2006.a) i primjenom virusa granuloze moguće je kombinirajući različite načine nekemijskog suzbijanja eliminirati ili reducirati primjenu kemijskih pripravaka za suzbijanje jabukova savijača. Istraživanjima je utvrđeno kako se pripravci na osnovi *S. carpocapsae* mogu uspješno kombinirati s drugim pripravcima za zaštitu bilja (Kaya i Koppenhöfer, 2004.), što je uputno prethodno testirati. Istraživanjima je utvrđen i pozitivan učinak malča u voćnjacima koji produžava vijabilnost te infektivnost primijenjenih ličinki entomopatogenih nematoda, a ujedno i pogoduje održavanju populacije i aktivnost predatora jabukova savijača koji se zadržavaju u prizemnom sloju voćnjaka (Lacey i sur., 2006.b). Entomopatogena nematoda *S. carpocapsae* primjenjivana je s učinkovitošću 56-85% i za suzbijanje jabukova savijača na ambalaži koja može biti izvorom zaraze za plodove jabuke sljedeće godine, i to ukoliko se onečišćena kokonima unosi u voćnjake prije berbe. Ambalaža je na linijama tretiranja i pakiranja voća prije skladištenja potapana u suspenziju pripravka na temelju *S. carpocapsae* u koju je dodan okvašivač (Lacey i sur., 2005.). U istraživanjima Lacey i sur. (2010.) vrsta *S. carpocapsae* je korištena s uspjehom protiv jabukovog savijača primjenom posebno formuliranih uginulih gusjenica voštanog moljca, prethodno inficiranih sa *S. carpocapsae*. Istraživanja učinkovitosti entomopatogenih nematoda protiv jabukova savijača provode se kontinuirano uz poboljšavanje i osmišljavanje novih metoda primjene, snižavanja primijenjenih doza nematoda te utvrđivanja interakcije nematoda i drugih biotičkih i abiotičkih čimbenika, s ciljem smanjenja šteta od ovog ekonomski važnog štetnika te istovremenog očuvanja agroekosustava voćnjaka.

## Literatura

- BEGLEY, J. W., 1990. Efficacy against insects in habitats other than soil. U Gaugler, R. & KAYA, H.K. (Ed.), Entomopathogenic Nematodes in Biological Control, CRC Press, Boca Raton, FL, 215-231.
- BROWN, A.P., 2010. The effect of controlling codling moth (*Cydia pomonella*) with *Steinernema carpocapsae* (Nemasys C) on crop yield. [www.ecofruit.net/2010/23\\_RP\\_A\\_P\\_Brown\\_S156\\_bis163.pdf](http://www.ecofruit.net/2010/23_RP_A_P_Brown_S156_bis163.pdf) Pristupljeno 26.10.2010.
- CORNALÉ, R., REGGIANI, A., LADURNER, E., FIORENTINI F., 2006. Efficacia di bioinsetticidi a base di nematode entomopatogeni (*Steinernema carpocapsae* e *S. feltiae*) nei confronti di larve di *Cydia pomonella* su pero. ATTI Giornate Fitopatologiche 1: 37-42.
- CURTO, G., REGGIANI, A., VERGNANI, S., CARUSO, S., LADURNER, E., 2008. Effectiveness of entomopathogenic nematodes in the control of *Cydia pomonella* larvae in Northern Italy. Proceedings Ecofruit - 13<sup>th</sup> International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, 271-276.
- DOWDS, B.C.A., PETERS, A., 2002. Virulence mechanisms. U Gaugler, R. (Ed.), Entomopathogenic Nematology. CABI, New York, NY, 79-98.
- FIFE, J.P., DERKSEN, R.C., OZKAN, H.E., GREWAL, P.S., 2003. Effects of pressure differentials on the viability and infectivity of entomopathogenic nematodes. Biol. Control 27: 65-72.
- FIFE, J.P., OZKAN, H.E., DERKSEN, R.C., GREWAL, P.S., KRAUSE, C.R., 2005. Viability of a biological pest control agent through hydraulic nozzles. Trans. ASAE 48: 45-54.
- FORST, S., CLARKE, D., 2002. Bacteria-nematode symbiosis. U Gaugler, R. (Ed.) Entomopathogenic Nematology. CABI, New York, NY, 57-77.
- GAUGLER, R., LEWIS, E., STUART, R.J., 1997. Ecology in the service of biological control: The case of entomopathogenic nematodes. Oecologia 109: 483-489.
- GREWAL, P.S., 2000. Anhydrobiotic potential and long-term storage of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae). International Journal of Parasitology 30: 995-1000.
- GREWAL, P.S., 2002. Formulation and application technology. U Gaugler, R. (Ed.), Entomopathogenic Nematology. CABI Publishing, Wallingford, UK, 265-288.
- HOMINICK, W.M., 2002. Biogeography. U Gaugler R (Ed.) Entomopathogenic Nematology. CABI, New York, NY, 115-143.
- KAYA, H.K., GAUGLER, R., 1993. Entomopathogenic nematodes. Annu. Rev. Entomol. 38: 181-206.
- KAYA, H.K., KOPPENHÖFER, A.M., 2004. Biological control of insects and other invertebrates with nematodes. U Chen, Z.X., Chen, S.Y. & Dickson, D.W. (Ed.) Nematology. Advances and perspectives. Vol. 2. Nematode Management and Utilization. CABI Publishing, Wallingford, 1083-1132.

Biološko suzbijanje jabukova savijača, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) entomopatogenom nematodom *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae)

- KIENZLE, J., ZIMMER, J., VOLK, F., ZEBITZ, C.P.W., 2008. Experiences with entomopathogenic nematodes for the control of overwintering codling moth larvae in Germany. Proceedings Ecofruit - 13<sup>th</sup> International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, 277-283. <http://orgprints.org/13712/>. Pristupljeno 10.09.2008.
- LACEY, L. A., UNRUH, T. R., 1998. Entomopathogenic nematodes for control of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae): Effect of nematode species, concentration, temperature, and humidity under laboratory and simulated field conditions. Biol. control 13: 190-197.
- LACEY, L.A., NEVEN, L.G., HEADRICK, H.L., FRITTS, R. JR., 2005. Factors Affecting Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae) for Control of Overwintering Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Fruit Bins. J. Econ. Entomol. 98 (6): 1863-1869.
- LACEY, L.A., ARTHURS, S.P., UNRUH, T.R., HEADRICK, H., FRITTS, R., Jr., 2006a. Entomopathogenic nematodes for control of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apple and pear orchards: Effect of nematode species and seasonal temperatures, adjuvants, application equipment, and post-application irrigation. Biol. Control 37: 214-223.
- LACEY, L.A., GRANATSTEIN, D., ARTHURS, S.P., HEADRICK, H., FRITTS, R., 2006b. Use of Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae) in Conjunction with Mulches for Control of Overwintering Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae). J. Entomol. Sci. 41 (2): 107-119.
- LACEY, L.A., SHAPIRO - ILAN, D.I., GLENN, G.M., 2010. Post-Application of Anti-Desiccant Agents Improves Efficacy of Entomopathogenic Nematodes in Formulated Host Cadavers or Aqueous Suspension Against Diapausing Codling Moth Larvae (Lepidoptera: Tortricidae). Biocontrol Science and Technology 20: 909-921.
- LAZNIK, Ž., TÓTH, T., LAKATOS, T., TRDAN, S., 2008. Entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Rhabditida: Steinernematidae), a new member of Slovenian fauna. Acta agriculture Slovenica, 91 (2): 351-359.
- LEWIS, E.E., SHAPIRO - ILAN, D., 2002. Host cadavers protect entomopathogenic nematodes during freezing. Journal of Invertebrate Pathology 81: 25-32.
- MOTA-SANCHEZ, D., WISE, J.C., POPPEN, R.V., GUT, L.J., HOLLINGWORTH, R.M., 2008. Resistance of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), larvae in Michigan to insecticides with different modes of action and the impact on field residual activity. Pest Management Science 64: 881-890.
- PETERS, A., 1996. The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations. Biocontrol Sci Technol 6: 389-402.
- PETERS, A., KATZ, P., ELIAS, E., 2008. Entomopathogenic nematodes for biological control of codling moth. Proceedings Ecofruit - 13<sup>th</sup> International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, 284-286.

Biološko suzbijanje jabukova savijača, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) entomopatogenom nematomom *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae)

- POINAR, G. O. Jr., 1990. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. U Gaugler, R & Kaya, H. K. (Ed.) Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC, Boca Raton, FL, 23-62.
- SHAPIRO – ILAN, D. I., GOUGE, D.H., PIGGOTT, S.J., FIFE, J.P., 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. Biol. Control 38: 124-133.
- SHAPIRO – ILAN, D.I., GAUGLER, R., 2010. Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae & Heterorhabditidae). <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/nematodes.html>. Pristupljeno 10.01.2011.
- UNRUH, T.R., LACEY, L.A., 2001. Control of Codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae), with *Steinernema carpocapsae*: Effects of supplemental wetting and pupation site on infection rate. Biol. Control 20: 48-56.
- VEGA, F.E., LACEY, A.P., REID, F., HERARD, D., PILARSA, E., DANOVA TOMOV, R., KAYA, H.K., 2000. Infectivity of a Bulgarian and an American strain of *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) against codling moth. Biol. Control 45: 337-343.