

.....
Luka MUSTAPIĆ, Ivan POJE, Tamara REHAK BIONDIĆ

*Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za zaštitu bilja, Zagreb
luka.mustapic@hapih.hr*

ENTOMOPATOGENE NEMATODE – POTENCIJAL U ZAŠTITI BILJA OD ŠTETNIKA

SAŽETAK

Europska komisija i Europski parlament usvojili su u 2022. prijedlog Uredbe (EU) 2021/2115, a jedan je od njezinih ciljeva smanjenje uporabe kemijskih pesticida u Europskoj uniji za 50 % na do 2030. godine. Zbog sve učestalije pojave rezistentnosti gospodarskih štetnika, povlačenja insekticidnih tvari s tržišta EU-a, kao i zbog nacrtnje politike EU-a glede smanjenja pesticida, ističe se potreba za pronalaskom alternativnih metoda suzbijanja štetnika u poljoprivredi. Stoga su u ovom radu prikazana trenutačno dostupna sredstva za zaštitu bilja na bazi entomopatogenih nematoda u Hrvatskoj, postupak aplikacije, prednosti i nedostaci te njihov potencijal u suzbijanju prioritarnih karantenskih i gospodarski važnih štetnika na području Hrvatske.

Ključne riječi: entomopatogene nematode, održiva uporaba sredstava za zaštitu bilja, zaštita bilja

UVOD

Integrirana je zaštita bilja od štetnih organizama (IZB) ključan faktor Direktive EU-a o održivoj uporabi pesticida (Direktiva 2009/128/EC). U 2022. godini Europska je komisija (EK) usvojila prijedlog Uredbe 2021/2115, koja je u izradi, te će biti zamjena za Direktivu 2009/128/EC, a donosi nekoliko ambicioznih ciljeva, od kojih je za zaštitu bilja možda najkontroverzniji onaj o smanjenju uporabe kemijskih pesticida u EU-u za 50 % do 2030. godine. S obzirom na te ambiciozne ciljeve u smislu smanjenja pesticida, ali i zbog drugih restrikcija u korištenju pesticida unutar Uredbe te kontinuirana trenda povlačenja pesticidnih aktivnih tvari s tržišta, potreba za uvođenjem alternativnih (nekemijskih) metoda u suzbijanju štetnih organizama u poljoprivredi postaje nužnost. U sklopu IZB-a postoje mnoge alternativne metode suzbijanja štetnika, ali svakako je jedna od najznačajnijih upravo biološko suzbijanje – u koje su uključene i entomopatogene nematode (EN) – kada se korištenjem prirodnih neprijatelja, parazita i parazitoida, dakle drugih živih organizama, suzbijaju ciljani za bilje štetni organizmi.

Istraživanja u ovom stoljeću znatno su pridonijela razumijevanju biologije nematoda, rasponu domaćina, razvojnim ciklusima, skladištenju i čuvanju, te općenito razumijevanju faune nematoda u tlu. Tako su otkrivene i

entomopatogene nematode porodica Steinernematidae i Heterorhabditidae te njihove simbiotske bakterijske vrste, koje su privukle značajnu pozornost svjetske znanstvene zajednice, prije svega kao biološki agens letalan za kukce štetnike na bilju (Arthurs i sur., 2004.). Danas su na tržištu dostupni mnogi proizvodi na bazi nematoda, kao alternativa kemijskim insekticidima, ocijenjeni kao sigurni za zdravlje ljudi i neciljanih organizama (Arthurs i sur., 2004.). Koriste se u širokoj paleti biljne proizvodnje: gljivarstvu, povrćarstvu, ratarstvu, u zaštićenim prostorima i rasadnicima, a razvijaju se i formulacije učinkovite u voćarstvu (Ehlers, 1996.).

S obzirom na sve češću pojavnost rezistentnosti na registrirane insekticidne pripravke za mnoge gospodarske štetnike u poljoprivredi, kako u EU-u, tako i na nacionalnoj razini, te na kontinuirano povlačenje aktivnih insekticidnih tvari s tržišta EU-a, ali i s obzirom na politiku smanjenja pesticida na razini EU-a, ističe se potreba za pronalaskom alternativnih metoda suzbijanja štetnika. Stoga je u ovom radu prikazan potencijal korištenja entomopatogenih nematoda u integriranoj zaštiti bilja kao jedna od alternativa insekticidnim aktivnim tvarima, a ususret novoj uredbi održive uporabe pesticida u EU-u.

ENTOMOPATOGENE NEMATODE

Entomopatogene nematode koje se koriste u biološkoj zaštiti bilja većinom dolaze iz porodica Heterorhabditidae, Mermithidae i Steinernematidae (Nježić, 2016.). Dosada je u svijetu opisano više od 83 vrste entomopatogenih nematoda (64 vrste iz roda *Steinernema*, 8 vrsta iz roda *Heterorhabditis* i jedna vrsta iz roda *Neosteinernema*), izoliranih iz različitih vrsta kukaca ili tla (Georgis i Gaugler, 1991.). Steinernematidae je porodica unutar koje se nalazi jedan od značajnijih rodova EN-a, rod *Steinernema*. Nematode toga roda žive u raznim tipovima tla i mogu se naći na gotovo svim kontinentima. *Steinernema feltiae* najčešća je vrsta nematode iz roda *Steinernema* koja se koristi u biološkoj zaštiti bilja od kukaca (Filipjev, 1934.), a prvi je put potvrđena u Hrvatskoj 2018. godine (Majić i sur., 2018.).

Entomopatogene nematode (EN) žive u simbiozi s bakterijama iz porodice Enterobacteriaceae koje se nalaze u prednjem dijelu njihova probavnog trakta, te s pomoću njih simbiotski djeluju u infekcijskom ciklusu kukca domaćina (Smart, 1995.). Prirodnu infekciju započinje ličinka nematode, koja je jedini infektivni stadij EN-a, a obitavaju u tlu gdje mogu preživjeti bez domaćina nekoliko mjeseci. Infektivne ličinke EN-a mogu biti pokretne te aktivno tražiti kukca domaćina, ili nepokretne, kada čekaju „u zasjedi“ na kukca u tlu (Smart, 1995.). U oba slučaja primarnu zarazu čini ličinka ulaskom kroz različite otvore kukca domaćina (usta, analni otvor, traheje i dr.), ili pasivno, ako se kukac hrani materijalom koji sadrži ličinku EN-a. Kada infektivna ličinka EN-a uđe u otvoren krvotok kukca domaćina, ondje ispušta simbiotske bakterije

(Enterobacteriaceae) iz svog probavnog trakta. Bakterije izvrše sekundarnu infekciju kojom usmrćuju kukca domaćina odmah unutar 24 sata ili 48 sati, tako što unište imunološki sustav kukca te ispuštaju antibiotike koji potiskuju sekundarne konkurentne mikroorganizme ujedno čineći tkivo domaćina prikladnim za ishranu nematode (Divya i Sankar, 2009.). Unutar usmrćena kukca domaćina ličinka EN-a sazrijeva u odrasli, spolno zreli oblik koji se razvija nakon četiri stadija ličinki. Odrasli oblici ženke i mužjaka kopuliraju, ženke odlažu jaja, nakon čega se razvijaju ličinke prvog stadija te se životni ciklus nastavlja s presvlačenjem ličinki (Poinar, 1990.). Cijeli životni ciklus EN-a provodi se unutar kukca domaćina, sve dok ne nestane izvor hrane. Kada se ličinke drugog stadija prestanu hraniti, unose bakterije ponovno u probavni sustav te izlaze iz uginula kukca kroz usni otvor u okolno tlo u potragu za novim domaćinom (Poinar, 1990.).

BIOPESTICIDI NA BAZI ENTOMOPATOGENIH NEMATODA

U svijetu se u posljednja dva desetljeća značajno povećao interes, proizvodnja i korištenje biopesticida u suzbijanju štetnih organizama, uključujući kukce, od kojih je na tržištu danas dostupno oko 500 formulacija na bazi mikroorganizama (Quinlan i Gill, 2006.). Dominanto je najviše bioloških pesticida u svijetu razvijeno na temelju bakterija (238), dok su nematode brojčano najmanje zastupljene u biološkim pesticidima (50) (Quinlan i Gill, 2006.). Sukladno, na svjetskom tržištu najveću bruto vrijednost u prodaji postižu biopesticidi na bazi bakterije *Bacillus thuringiensis*, koja je najčešće korišten organizam kao biopesticid u svijetu (148,35 milijuna eura u svijetu godišnje), dok se prodaja biopesticida na bazi EN-a procjenjuje na 13,62 milijuna eura godišnje (Quinlan i Gill, 2006.). Također, prema podacima prodaje vidljivo je da se biopesticidi na bazi EN-a najviše trže u razvijenim zemljama svijeta, odnosno u Sjevernoj Americi (7,67 milijuna eura) te Aziji i Europi (5,58 milijuna eura) (Quinlan i Gill, 2006.). EN u formulaciji biopesticida najviše se primjenjuje za suzbijanje štetnika u povrćarstvu i cvjećarstvu. U mnogim zemljama danas su komercijalizirana sredstva na bazi nematode *S. feltiae* s pomoću koje se uspješno suzbijaju različite vrste kukaca (pipe, zlatice, gusjenice leptira, ličinke muha i dr.) (Divya i Sankar, 2009.).

Do danas, pripravci na bazi *Steinernema (=Neoaplectana) carpocapsae* Weiser, *S. feltiae (=bibionis)* Bovien (Rhabditida: Steinernematidae) i *Heterorhabditis bacteriophora (=heliothidis)* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae) najpopularniji su komercijalno dostupni insekticidi s nematodama (tablica 1).

Tablica 1. Pregled komercijalno dostupnih biopesticida na bazi EN-a u Hrvatskoj, Izvor: PRO-ECO, KOPPERT.

Table 1. Overview of commercially available biopesticides based on entomopathogenic nematodes in Croatia.

| | Vlasnik | Sredstvo i EN | Ciljani štetnik |
|----|---------|---|---|
| 1. | PRO-ECO | NEMACEL (<i>Steinernema feltiae</i>) | Ličinke male crne mušice (<i>Bradysia</i> spp., <i>Lycoriella</i> spp.) |
| 2. | PRO-ECO | NEMAFLO (<i>Steinernema feltiae</i>) | Kalifornijski trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>) |
| 3. | PRO-ECO | NEMAPOM (<i>Steinernema feltiae</i>) | Ličinke jabukova savijača (<i>Cydia pomonella</i>) |
| 4. | PRO-ECO | NEMAGREEN (<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>) | Ličinke male crne mušice (<i>Bradysia</i> spp., <i>Lycoriella</i> spp.) |
| 5. | PRO-ECO | NEMASTAR (<i>Steinernema carpocapsae</i>) | rovac (<i>Gryllotalpa Gryllotalpa</i>), ozima soвица (<i>Agrotis segetum</i>), soвица ipsilon (<i>Agrotis ipsilon</i>), proljetna soвица (<i>Euxoa temera</i>) i livadni komar (<i>Tipula paludosa</i>) |
| 7. | KOPPERT | ENTONEM, SCIARID (<i>Steinernema feltiae</i>) | Šampinjonske mušice (Scarabidae) |
| 8. | KOPPERT | LARVANEM (<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>) | Crna vinova pipa (<i>Otiorhynchus sulcatus</i>) |

Uspješna aplikacija biopesticida, poglavito formulacija koje sadrže EN, ovisi uvelike o abiotičkim i biotičkim čimbenicima, te je stoga potrebna veća količina znanja nego kod aplikacije konvencionalnih pesticida (Shapiro-Ilan i sur., 2006.). Prije svega, treba dobro razmotriti način aplikacije. Za aplikaciju EN-a dostupan je širok asortiman prskalica i sustava navodnjavanja. Odabir opreme za aplikaciju te načina aplikacije EN-a imaju direktan utjecaj na učinkovitost u suzbijanju ciljanog štetnika. Dodatno, ključan je odabir vrste nematode, broj uzastopnih aplikacija te vrijeme aplikacije u odnosu na fenofazu biljke i stadij štetnika (Shapiro-Ilan i sur., 2015.).

Prednosti i nedostatci biopesticida na bazi entomopatogenih nematoda

Neke od prednosti biopesticida na bazi EN-a: širok raspon domaćina, aktivno traganje za domaćinom u tlu, brzo djelovanje (letalna za domaćina unutar 48 h od infekcije), praktična i jednostavna masovna proizvodnja EN-a – mogu se uzgajati *in vivo* (u kukcima) ili *in vitro*, i dugotrajna učinkovitost odnosno rezidualna aktivnost u tlu nakon aplikacije (Oštrec, 2001.). Dodatna je prednost

.....

kod korištenja biopesticida na bazi EN-a činjenica da se može miješati s drugim pesticidima u atomizeru jer podnose kratkotrajno izlaganje (2 – 8 h) većini kemijskih sredstava za zaštitu bilja, uključujući herbicide, fungicide, akaricide i insekticide. Štoviše, neki pesticidi djeluju sinergistički s EN-om, odnosno poboljšavaju učinkovitost biopesticida na bazi EN-a unutar zajedničke aplikacije s pesticidom. Biopesticidi na bazi EN-a također su kompatibilni s većinom gnojiva kada su aplicirani zajedno (Shapiro-Illan i sur., 2015.). Preciznim praćenjem populacija štetnika u vegetaciji biopesticide na bazi EN-a može se aplicirati ciljano na žarišta unutar polja, pa se time može smanjiti površina tretiranja i postići ušteda utroška škropiva. Također, kod zemljišnih štetnika, nematode paraziti kukaca imaju rezidualan učinak, pa se u većini slučajeva mogu održavati i razmnožavati niz godina na poljoprivrednoj površini (Shapiro-Illan i sur., 2006.).

S druge strane, postoje i određeni nedostaci prilikom aplikacije biopesticida na bazi EN-a. Učinkovitost EN-a nakon aplikacije mnogo više ovisi o vanjskim uvjetima u usporedbi s konvencionalnim insekticidima, što može iziskivati ponavljanje aplikacija nematoda. Jedan je od glavnih nedostataka biopesticida na bazi nematoda njihova osjetljivost na UV zrake, pa se moraju aplicirati predvečer ili poslijepodne, rano ujutro ili za oblačna vremena, kada zračenje nije toliko intenzivno (Kaya i sur., 2006.). Postotak preživljavanja EN-a na nadzemnim dijelovima biljke nakon aplikacije može se poboljšati dodatkom različitih pomoćnih sredstava u spremnik (Koppenhofer, 2000.). Nedostatak EN-a kao biopesticida svakako je i viša cijena sredstva u odnosu na konvencionalne pesticide te osjetljivost na okolišne faktore poput temperature. Jedna od karakteristika EN-a je isprekidan način distribucije u tlu, što znači da se prirodno grupiraju na „oaze” u tlu te se ne šire horizontalno (Stuart i sur., 2006.), što također otežava njihovo korištenje kod biološkog suzbijanja štetnika u tlu.

POTENCIJAL BIOPESTICIDA NA BAZI ENTOMOPATOGENIH NEMATODA U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj ne postoje službeni podaci o količini korištenja biopesticida na bazi entomopatogenih nematoda, kao ni o njihovoj prodaji. Također, ni znanstvena zajednica nije sustavnije istraživala entomopatogene nematode u RH, pa je kod nas potvrđena samo jedna vrsta entomopatogena nematoda, *Steinernema feltiae*. Ipak, entomopatogene nematode kao biopesticidi imaju značajan potencijal u zaštiti bilja u Hrvatskoj.

Suzbijanje prioritetnih karantenskih štetnih organizama Unije entomopatogenim nematodama

Unatoč nedostatku egzaktnih procjena rizika, može se pretpostaviti da je jedna od najvećih i imanentnijih prijetnji biljnom zdravlju Hrvatske

introdukcija japanskog pивca (*Popilia japonica* Newman). Naime, Italija je potvrdila nalaze u široj regiji Emilia-Romagna, dok neslužbeni podatci iz 2022. govore da je japanski pivac ulovljen u lovci čak i u Trstu, što ga dovodi na svega 40-ak km od granice s Hrvatskim teritorijem (EPPO, 2022.). S obzirom na godišnje širenje toga štetnika te otežano zaustavljanje njegova širenja, rizik od introdukcije ovog kukca u Hrvatsku raste s nadolazećim godinama. Marianelli i sur. (2017.) istražili su detaljnije mogućnosti upotrebe EN-a u suzbijanju japanskog pивca u polju. Rezultati ukazuju na to da je *H. bacteriophora* prikladna za suzbijanje *P. japonica* u zaraženim područjima Italije, pogotovo u ekološki osjetljivim zaraženim područjima poput parkova prirode i livada. Ovi podatci zorno prikazuju potencijal EN-a kao ključnog elementa u dizajniranju mjera eradikacija i suzbijanja u slučaju introdukcije tog izrazito napasnog štetnika u RH. Nadalje, s liste prioriternih štetnih organizama Unije, za našu ratarsku proizvodnju odnosno najvažniju kulturu u RH – kukuruz, postoji rizik od unošenja jesenske sovice (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) (Kadoić Balaško i sur., 2020.) te se ovaj štetnik uspješno suzbija s pomoću biopesticida na bazi EN-a u pojedinim dijelovima svijeta (Acharya i sur., 2020.).

Suzbijanje gospodarskih štetnika entomopatogenim nematodama

Istraživanja aplikacije EN-a u zaštiti bilja u Hrvatskoj ukazala su na mogućnosti suzbijanja prezimljujuće populacije jabukova savijača (Grubišić i sur., 2010.; Barić i Pajač Živković, 2020.), kukuruzne zlatice (Grubišić i sur., 2013.), kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum* (Herbst, 1797.)) (Veselovac, 2019.) ličinki repine pipe (Drmić i sur., 2017.) i na prezimljene populacije krumpirove zlatice (Bažok i sur., 2019.). Veliki potencijal EN imaju i u suzbijanju mediteranske voćne muhe (*Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824)), koja je prisutna u dolini Neretve više od 20 godina. Mediteranska voćna muha dosada se uspješno suzbijala SIT tehnikom (Bjeliš i sur., 2013.), no zbog ovisnosti o uvozu sterilnih kukuljica *C. capitata* te nestabilnostima na svjetskom tržištu potrebno je razmotriti alternativne mjere. S obzirom na sve manje insekticidnih tvari na tržištu te moguće restrikcije širokopojasne aplikacije insekticida u vodnim područjima poput doline Neretve, vrlo je malo vjerojatno da će SIT tehniku moći zamijeniti kemijsko suzbijanje štetnika. U tom pogledu, kao jedna od potencijalnih metoda suzbijanja mediteranske voćne muhe mogla bi biti aplikacija biopesticida na bazi EN-a kojima bi se ciljao stadij kukuljice muhe koja prezimljuje u tlu voćnjaka. Druga vrsta muhe prisutna u Hrvatskoj, maslinina muha (*Bactrocera oleae* (Gmelin)), gospodarski je najznačajniji i najrašireniji štetnik plodova u maslinarstvu (Bjeliš, 2005.). S obzirom na klimatske promjene, povećanje broja generacija u vegetacijskog sezoni i intenzivniju štetnost maslinine muhe unazad nekoliko godina, ali i na trend povećanja ekološkog maslinarstva te smanjenje dopuštenih insekticidnih tvari učinkovitih na maslininu muhu u Hrvatskoj, upotreba entomopatogenih nematoda u

biološkom i konvencionalnom suzbijanju maslinine muhe zasigurno ima svoje mjesto kao ključan dio zaštite maslinika u RH, a dodatna prednost može se očitovati kao učinkovitost na druge štetnike masline, poput maslinina moljca i svrdlaša (Jakovljević i Bradarić, 2019.).

ZAKLJUČAK

Novom Uredbom o održivoj uporabi pesticida evidentno je da će se trend smanjenja uporabe kemijskih pesticida na razini EU-a nastaviti, pa tako Hrvatska kao država članica EU-a preuzima obvezu redukcije potrošnje pesticida na godišnjoj razini. Samim time, prijedlog Uredbe može imati značajne gospodarske i socijalne učinke, poglavito u domaćoj poljoprivrednoj proizvodnji. Kako bi se spriječili ekonomski gubitci u biljnoj proizvodnji, potrebno je potražiti i uvesti alternativne i učinkovite načine suzbijanja gospodarski važnih štetnika. U tom smislu, biopesticidi na bazi entomopatogenih nematoda pokazuju zadovoljavajuću učinkovitost na više gospodarskih štetnika u svijetu te stoga imaju značajan potencijal kao jedna od neizostavnih mjera suzbijanja u integriranoj i ekološkoj zaštiti bilja.

ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES – POTENTIAL IN INTEGRATED PEST MANAGEMENT

SUMMARY

The European Commission and the European Parliament adopted the Proposal for a Regulation (EU) 2021/2115, which sets the goal of reducing the usage of chemical pesticides by 50% on an EU level by the end of 2030. Due to the increasing incidence of pest resistance, withdrawal of pesticides as well as the EU politics on reducing the pesticide use, the need for finding alternative methods of pest control intensifies. Hence, this paper gives the overview of biopesticides based on entomopathogenic nematodes commercially available in Croatia, its application, advantages and disadvantages, as well as their potential in control of EU priority and economic pests.

Keywords: Entomopathogenic nematodes, sustainable use of plant protection products, plant protection

LITERATURA

Acharya, R., Hwang, H., Mostafiz, M., Yu, Y., Lee, K. (2020.). Susceptibility of various developmental stages of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to entomopathogenic nematodes. *Insects*, 11, 868.

Arthurs, S., Heinz, K. M., Prasifka, J.R. (2004.). An analysis of using entomopathogenic nematodes against above-ground pests. *Bulletin of Entomological*

Research, 94, 297-306.

Barić, B., Pajač Živković, I. (2020.). Suzbijanje prezimljujuće populacije jabukova savijača primjenom entomopatogenih nematoda. *Fragmenta Phytomedica*, 34 (5), 23-31.

Bažok, R., Drmić, Z., Gašparić, H. V., Mrganić, M., Lemić, D., Čačija, M. (2019.). Suzbijanje štetnika na velikim površinama. *Glasilo biljne zaštite*, 19, 5, 549-558.

Bjeliš, M. (2005). Zaštita masline u ekološkoj proizvodnji. *Vlast. Naklada, Solin*, 108-110.

Bjeliš, M., Popović, L., Deak, S., Buljubašić, I., Ivanović, A., Arnaut, P., Pereira, R., (2013.). Suppression of Mediterranean fruit fly by sit over the 4000 ha of fruit orchards in Neretva River Valley. *Zbornik Predavanj in Referatov*, 11. Slovenskega Posvetovanja o Varstvu Rastlin, Bled, Slovenia, 101-108.

Divya, K., Sankar, M. (2009.). Entomopathogenic nematodes in pest management. *Indian Journal of Science and Technology*, 2 (7), 53-60.

Drmić, Z., Virić Gašparić, H., Čačija, M., Lemić, D., Grubišić, D., Bažok, R. (2017.). Primjena entomopatogene nematode (*H. bacteriophora* Poinar 1976) u suzbijanju repine pipe - nadopuna metodi masovnog ulova. *Glasilo biljne zaštite*, 17(1), 52-52.

Ehlers, R.U. (1996.). Current and Future Use of Nematodes in Biocontrol: Practice and Commercial Aspects with Regard to Regulatory Policy Issues. *Biocontrol Science and Technology*, 6(3), 303–316.

EPPO (2022.). European and Mediterranean Plant Protection Organization, Update of the situation of *Popillia japonica* in Italy, dostupno na: <https://gd.eppo.int/reporting/article-7312>.

Georgis, R., Gaugler, R. (1991.). Predictability in Biological Control Using Entomopathogenic Nematodes. *Journal of Economic Entomology*, 84 (3), 713-720.

Grubišić, D., Gotlin Čuljak, T., Juran, I. (2010.). Biološko suzbijanje jabukovog savijača, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) entomopatogenom nematomom *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae). *Entomologica Croatica*, 14 (3-4), 63-74.

Grubišić, D., Vladić, M., Gotlin Čuljak, T., Benković Lačić, T. (2013.). Primjena entomopatogenih nematoda u suzbijanju kukuruzne zlatice. *Glasilo biljne zaštite*, 3, 223-231.

Jakovljević, I., Bradarić, L. (2019.). Jak napad maslinina moljca i maslinine muhe tijekom 2018. godine. *Glasilo biljne zaštite*, 4, 19, 490-499.

Jakovljević, I., Bradarić, L. (2019.). Jak napad maslinina moljca i maslinine muhe tijekom 2018. godine. *Glasilo biljne zaštite*, 4, 19, 490-499.

Kadoić Balaško, M., Čačija M, Lemić, D., Virić Gašparić H., Bažok, R. (2020.). *Spodoptera frugiperda* – štetnik kukuruza koji prijeti Europi. *Glasilo biljne zaštite*, 20 (6), 620-627.

Kaya, H. K., Aguilera, M. M., Alumai, A., Choo, H. Y., Torre, d. I. M., Fodor, A., Ganguly, S. i sur. (2006.). Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. *Biological Control* 38, 134-155.

Koppenhofer, A. M. (2000.). Nematodes. U: *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology – Application and evaluation of pathogens for control of insects*

and other invertebrate pests, Lacey, L. A., Kaya, H. K. (ur.). Springer Science, Business Media, Dordecht, 250-251.

KOPPERT (2023.). Proizvodi-entomopatogene nematode, dostupno na: <https://www.koppert.com/entonem/> (pristupljeno: 27. 9. 2023.)

Majić, I., Sarajlić, A., Lakatos, T., Tóth, T., Raspudić, E., Zebec, V., Kanižai Šarić, G., Kovačić, M., Laznik, Ž. (2018.). First report of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) from Croatia. *Helminthologia*, 55(3), 256-260.

Marianelli, L., Paoli, F., Torrini, G., i sur. (2017.). Entomopathogenic nematodes as potential biological control agents of *Popillia japonica* (Coleoptera, Scarabaeidae) in Piedmont Region (Italy). *Journal of Applied Entomology*, 142, 311– 318.

Nježić, B. (2016.). Entomopatogene nematode u biološkoj zaštiti bilja. *Glasnik zaštite bilja*, 4, 10-14.

Oštrec, Lj. (2001.). Entomopathogenic Nematodes for the biologocial control of pest insects. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66 (3), 179-185.

Poinar, G. O. Jr. (1990.). Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. U: Gaugler R., Kaya H.K. (eds): *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Boca Raton, CRC Press: 23–61.

PRO-ECO (2023.). Proizvodi-entomopatogene nematode, dostupno na: <http://www.proeco.hr/kategorija-proizvoda/entomopatogene-nematode/> (pristupljeno: 27.09.2023.)

Quinlan, R. J., Gill, A. (2006.). The world market for microbial biopesticides, overview volume. CPL Business Consultants, Wallingford, 26.

Sankar, M. (2009.). Entomopathogenic nematodes in pest management. *Indian Journal of Science and Technology*, 2 (7), 53-60.

Shapiro-Ilan, I. D., Dolinski, C. (2015.). Entomopathogenic Nematode Application Technology. In Campos-Herrera R. (ed.), *Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests, Sustainability in Plant and Protection*, 1. Springer International Publishing Switzerland.

Shapiro-Ilan, I. D., Gouge, D. H., Piggot, S. J., Fife, J. P. (2005.). Application technology and environemntal considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biological Control* 38, 124-133.

Smart G.C. JR. (1995.). Entomopathogenic Nematodes for the Biological Control of Insects. Supplement to the *Journal of Nematology* 27(4S), 529-534.

Stuart, R. J., Berbercheck, M. E. , Grewal, P. S., Taylor, R. A. J., Hoy, C. W. (2006). Population biology of entomopathogenic nematodes: concepts, issues, and models. *Biological Control* 38, 80-102.

Uredba (EZ) 1107/2009 Europskog Parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja i stavljanju izvan snage direktiva Vijeća 79/117/EEZ i 91/414/EEZ, dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex:32009R1107> (pristupljeno 20. 9. 2023.)

Veselovac, D. (2019). Učinkovitost entomopatogenih nematoda (*Steinernema feltiae*) u suzbijanju kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum*). Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti.

Stručni rad