

Entomopathogenic Nematodes for the Biological Control of Pest Insects

Ljerka OŠTREC

SUMMARY

Entomopathogenic nematodes are part of 9 families, but only some species of these families: *Heterorhabditidae*, *Mermithidae* and *Steinernematidae* kill insects. Infective juveniles enter the insect – host through the cuticle, or through the mouth, anus, etc., to reach the haemocoel. The infective juveniles also enter the insect by the foot. After that the nematodes leave the insect who usually dies. The infective juveniles are associated with symbiotic bacterium (*Xenorhabdus*, *Photorhabdus*) which helps nematodes in killing insects. For this reason entomopathogenic nematodes are a potential agent for biological control. Entomopathogenic nematodes have certain advantages over chemicals, they are nonpolluting, they can be massproduced in vivo or in vitro. A lot of companies in more than 40 countries produce and distribute entomopathogenic nematodes as nematoinsecticides for integrated pest management.

Control of pest insects with entomopathogenic nematodes should be further investigated in Croatia.

KEY WORDS

biological control, entomopathogenic nematode, nematoinsecticide, symbiotic bacterium

Faculty of Agriculture, University of Zagreb
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

Received: September 14, 2000

Biološko suzbijanje štetnih insekata entomopatogenim nematodama

Ljerka OŠTREC

SAŽETAK

Entomopatogene nematode svrstane su u devet porodica ali samo neke vrste porodica: *Heterorhabditidae*, *Mermithidae* i *Steinernematidae* letalne su za insekte.

Infektivne ličinke entomopatogenih nematoda aktivno prodiru kroz kutikulu ili kroz prirodne otvore u tjelesnu šupljinu insekta, ali mogu ući i pasivno hranom. Nakon parazitacije ličinke agresivno izlaze iz insekta – domaćina, koji potom ugine. Kako su ličinke *Steinernema* i *Heterorhabditis* vrsta često udružene sa simbiotskim bakterijama (*Xenorhabdus*, *Photorhabdus*), one im pomažu u bržem savladavanju insekta. Glede navedenog entomopatogene nematode idealne su za biološko suzbijanje budući su letalne za insekte, mogu se masovno uzgajati in vivo ili in vitro, lako se ispuštaju u prirodu, same se obnavljaju, pa osiguravaju suzbijanje kroz duže razdoblje i nisu opasne za korisne organizme, a prihvatljive su za okoliš.

Danas u preko 40 zemalja velike kompanije proizvode i distribuiraju entomopatogene nematode odnosno nematoinsekticide koji su našli svoje mjesto u sistemu Integrirane zaštite bilja najrazvijenih zemalja.

Učinkovitost suzbijanja štetnih insekata pomoću entomopatogenih nematoda (nematoinsekticida) treba istražiti i u Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI

biološko suzbijanje, entomopatogena nematoda, nematoinsekticid, simbiotska bakterija

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

Primljeno: 14. rujna 2000.

UVOD

Nematode osim što su nametnici biljaka, čovjeka i životinja one su nametnici i insekata. To je poznato još iz 17. stoljeća (Smart, 1995) kada su Aldrovandi (1623) i Lister (1671) pronašli u insektima dugačke "crve" (Poinar, 1975., cit. Petersen, 1995). Međutim tek od 1929. god. počelo se s istraživanjem entomopatogenih nematoda kada su Glaser i Fox pronašli ličinke japanskog pivca (*Popillia japonica Newman*) zaražene nematodom koju je Steiner iste godine opisao kao *Neoaplectana (Steinernema) glaseri*. Godine 1930. Glaser i suradnici uzgojili su dovoljan broj ovih nematoda i primjenili ih u poljskom pokusu na 73 parcele zbog suzbijanja japanskog pivca. Dva tjedna nakon aplikacije nađene su na 72 od 73 parcele parazitirane ličinke pivca, čija se parazitacija kretala od 0,3 – 81%. Na 4 parcele stalnim unošenjem ličinki pivca nematode su ostale prisutne u tlu tijekom 8,5 godina. To je bio i prvi pokušaj biološke borbe uporabom entomopatogenih nematoda (Smart, 1995). Od tada pa do 1960. god., zbog masovne proizvodnje pesticida, zanemarene su entomopatogene nematode, da bi se nakon toga ponovno javila potreba za njihovim proučavanjem i proizvodnjom.

U posljednjih 20 godina u više od 40 zemalja uzgajaju se entomopatogene nematode in vitro ili in vivo u tzv. "biotvornicama", te se komercijalno iskorištavaju kao nematoinsekticidi u cilju suzbijanja raznih štetnih insekata.

Danas se primjenjuju entomopatogene nematode samo u najrazvijenijim zemljama dok se npr. u Hrvatskoj o njima malo zna i ne koriste se kao biološka mjera suzbijanja. Ipak do povećane uporabe entomopatogenih nematoda, odnosno nematoinsekticida moglo bi doći u nas kao i u drugim zemljama zbog ograničavanja uporabe pesticida (razlog rezistentnosti), ali i zbog visoke učinkovitosti entomopatogenih nematoda, te niza prednosti koje imaju u odnosu na kemijske pripravke (Smart, 1995).

SISTEMATIKA I NAJZNAČAJNIJE ENTOMOPATOGENE NEMATODE

Koljeno *Nemathelminthes*

Razred *Nematoda*

Podrazred *Secernentea* (Phasmidia) (von Linstow, 1905) Dougherty, 1958

Red *Rhabditida*

Natporodica *Rhabditoidea*

Porodica *Steinernematidae (Neoaplectanidae)*

Rod *Steinernema* Travassos, 1927 (*Neoaplectana* Steiner, 1929)

Rod *Neosteinerema* Nguyen, Smart, 1994

Porodica *Heterorhabditidae*

Rod *Heterorhabditis* Poinar, 1976

Podrazred *Adenophorea* (Aphasmidia) (von Listow, 1905) Chitwood, 1958

Red *Stichosomida*

Natporodica *Mermithoidea*

Porodica *Mermithidae*

Najznačajnije entomopatogene nematode, letalne za štetne insekte, pripadaju porodicama: *Steinernematidae*, *Heterorhabditidae* i *Mermithidae*.

Unutar porodice *Steinernematidae* ističu se dva roda. Jedan rod je *Steinernema* s 23 do danas opisane vrste: *S. affine* (Bovien, 1937) Wouts, Mracek, Gerdin, Bedding, 1982; *S. anomali* Kozodai, 1984; *S. arenarium* (Artyukhovsky, 1967) Wouts, Mracek, Gerdin, Bedding, 1982; *S. bicornutum* Tallosi, Peters, Ehlers, 1995; *S. ceratophorum* Jian, Reid, Hunt, 1997; *S. carpocapse* (Weiser, 1955) Wouts, Mracek, Gerdin, Bedding, 1982; *S. caudatum* Xu, Wang, Li, 1991; *S. cubanum* Mracek, Hernandez, Boemare, 1994; *S. feltiae* (Filipjev, 1934) Wouts, Mracek, Gerdin, Bedding, 1982; *S. glaseri* (Steiner, 1929) Wouts, Mracek, Gerdin, Bedding, 1982; *S. intermedium* (Poinar, 1985) Mamiya, 1988; *S. kari* Waturu, Hunt, Reid, 1997; *S. kraussei* (Steiner, 1923) Travassos, 1927; *S. kushidai* Mamiya, 1988; *S. longicaudum* Shen, Wang, 1992; *S. monticolum* Stock, Choo, Kaya, 1997; *S. neocurtillae* Nguyen, Smart, 1992; *S. oregonense* Liu, Berry, 1996; *S. puertoricense* Ronim, Figueroa, 1994; *S. rarum* (de Doucet, 1986) Mamiya, 1988; *S. riobrave* Cabanilas, Poinar, Raulston, 1994; *S. ritteri* de Doucet, Doucet, 1990; *S. scapterisci* Nguyen, Smart, 1990.

Od navedenih vrsta danas su u svijetu komercijalizirane tri vrste: *Steinernema carpocapse* i *S. feltiae*, kojima se učinkovito suzbijaju: pipe, zlatice, gusjenice leptira, muhe, mušice, komarci i dr. (Nickle, 1980; Gaugler, 1992; Kaya, Burlando, Thurston, 1993; Silva, Zalom, Hom, Hendricks, 1995; Morse, Lindgren, 1996; Schroeder et al., 1996; Jaworska, 1998), te *S. scapterisci* koja je patogena za rovce (Nickle, 1980; Gaugler, 1992).

Drugi rod je *Neosteinerema* samo s jednom do danas opisanom vrstom *Neosteinerema longicurvicauda* Nguyen, Smart, 1994 koja je patogena za termite.

Značajne entomopatogene nematode porodice *Heterorhabditidae* pripadaju rodu *Heterorhabditis* koji okuplja 9 vrsta: *H. argentinensis* Stock, 1993; *H. bacteriophora* Poinar 1976; *H. brevicaudus* Liu, 1994; *H. hawaiiensis* Gardner, Stock, Kaya, 1994; *H. beliotbidis* (Khan, Brooks, Hirschmann, 1976) Poinar, Thomas, Hess, 1977; *H. indica* Poinar, Karunaka, David, 1992; *H. marelatus* Liu, Berry, 1996; *H. megidis* Poinar, Jackson, Klein, 1987; *H. zealandica* Poinar, 1990.

Od 9 *Heterorhabditis* vrsta komercijalizirane su samo 2 vrste: *H. bacteriophora* i *H. megidis* kojima se učinkovito suzbijaju: pipe, listorošci, gusjenice sovice, muhe i drugi štetni insekti (Poinar, 1975; Poinar, Jackson, Klein, 1987; Kaya, Burlando, Thurston, 1993; Schroeder et al., 1996; Jaworska, 1998).

Velika i značajna skupina entomopatogenih nematoda pripada i porodici *Mermithidae*. Još je 1979. god. Poinar (Petersen, 1995) dao popis 32 roda s oko 200 vrsta mermitida. Tijekom posljednjih 20 godina proučeno je i opisano oko 60 vrsta koje su korištene za suzbijanje raznih vrsta štetnih insekata osobito: zlatica, pipa, gusjenica leptira, mušica, komaraca, konjica, skakavaca, šturaka i dr. (Kaiser, 1977; Nickle, 1981; Hermann, Beker, 1991; Petersen 1995 i dr.). Najviše proučene su slijedeće vrste: *Agamermis decadata* C.S.C., *Amphimermis elegans*, *Filipjevimermis leipsandra* Poinar, Welch, *Hexamermis albicans* (Siebold), Wout, *Hexamermis arvalis* Poinar, Gyrisco, *Hexamermis incisura* n. sp., *Hexamermis lineata* n. sp., *Hydromermis conopopbaga*, *Limnomermis rosea*, *Mermis flumenalis*, *Mermis nigrescens* Dujardin, *Pheromermis pachysoma*, *Psammomermis spp.*, *Romanomermis culicivora* Ross, Smith i *Strelkovimermis peterseni*.

Od navedenih vrsta komercijalizirana je *Romanomermis culicivora*. Njenom primjenom je u mnogo slučajeva postignuta gotovo 100% učinkovitost u suzbijanju ličinki raznih vrsta komaraca. Sličan uspjeh postiže se i s vrstom *Strelkovimermis peterseni*. Široku primjenu u suzbijanju štetnih insekata imaju i druge mermitide kao npr. *Amphimermis elegans* i *Hexamermis albicans* kojima se danas učinkovito suzbija krumpirova zlatica.

PATOGENOST I RAZVOJNI CIKLUS ENTOMOPATOGENIH NEMATODA

Entomopatogene nematode porodica *Steinernematidae* i *Heterorhabditidae* žive u raznim tipovima tala, široko rasprostranjene na svim kontinentima. Njihove ličinke 3. stadija (infektivne ličinke) mogu preživjeti u tlu od nekoliko dana do nekoliko mjeseci, a potom aktivno ulaze u insekta kroz usta, crijevni otvor ili oduške traheja, ali mogu ući i pasivno hranom. Nakon što infektivne ličinke probiju stijenkicu crijeva ili traheje dospiju u hemocel insekta (Webster, 1972) i hrane se bakterijama koje su one same unijele u tijelo insekta. Tu se presvlače i prelaze u ličinke 4. stadija iz kojih se razvijaju odrasli spolno zreli oblici I. generacije. Nakon kopulacije ženke odlažu jaja u kojima se razvijaju ličinke 1. stadija. Slijede daljnja presvlačenja i razvoj ličinki 2. 3. i 4. stadija, te razvoj mužjaka i ženki II. generacije. Odrasli kopuliraju, a iz odloženih jaja razvijaju se ličinke 1. i 2. stadija. Svi stadiji nematoda hrane se hemolimfom i tkivima insekta. Ličinke kasnog 2. stadija prestaju s ishranom, unose bakterije u svoje probavilo, presvlače

se i razvijaju u ličinke 3. stadija koje napuštaju uginulog insekta a potom prelaze u tlo gdje traže novog domaćina (Smart, 1995).

U nekih insekata – domaćina izostaje II. generacija, pa se u tom slučaju iz jaja koja odlaže ženke I. generacije odmah razvijaju infektivne ličinke.

Trajanje razvojnog ciklusa od ulaska infektivnih ličinki do njihova izlaska iz insekta – domaćina različito je, a ovisi o vrsti nematode, o vrsti insekta, ali i o ekološkim čimbenicima, osobito o temperaturi.

Steinernematidae i *Heterorhabditidae* imaju sličan razvojni ciklus s tom razlikom što se u pripadnika porodice *Heterorhabditidae* u I. generaciji razvijaju samo hermafroditi, a tek u II. generaciji: mužjaci, ženke i hermafroditi.

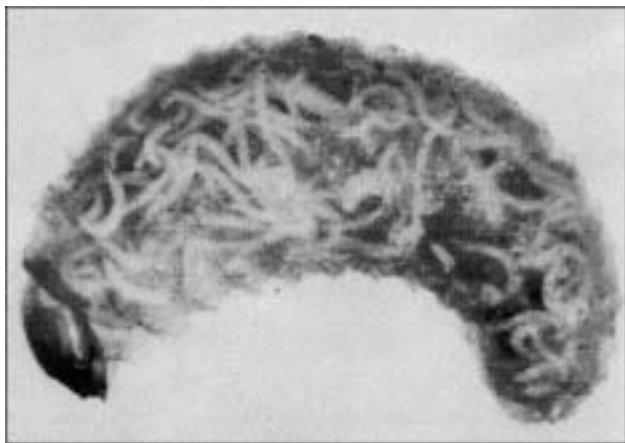
Mnoge entomopatogene nematode žive u zajednici sa simbiotskim bakterijama iz porodice *Enterobacteriaceae*. Bakterije su prisutne u prednjem dijelu probavila nematoda, ali i u tjelesnim šupljinama insekata u koje ih unose same nematode.

Simbiotske bakterije osiguravaju hranu entomopatogenim nematodama tijekom njihova razvoja u insektu, ali im pomažu i u bržem savladavanju domaćina (Poinar, Thomas, 1966., cit. Akhurst, 1980), koji uginu već nakon 24 ili 48 sati od početka parazitacije. U slučaju napada nematoda bez prisutnosti simbiotskih bakterija do uginuća dolazi tek za nekoliko dana ili tjedana (Gaugler, 1992).

Poznato je da u probavilo nematoda pripadnika porodice *Steinernematidae* žive bakterije roda *Xenorhabdus* (*X. nematophilus*) (Thomas, Poinar, 1979), a u probavilo pripadnika porodice *Heterorhabditidae* bakterije roda *Photorhabdus* (*Pb. luminescens*) (Thomas, Poinar, 1979; Baghdiguin et al., 1993).

Uočeno je također da ličinke i gusjenice parazitirane *Steinernema* vrstama poprime žutosmeđu boju, dok one parazitirane *Heterorhabditis* vrstama pocrvene. Ponekad lešine insekata svjetlucaju zbog prisutnosti svijetlećih bakterija. Jedna od njih je *Photorhabdus luminescens* (Gaugler, 1992). Osim promjene u boji i svjetlucanja kroz kutikulu parazitiranih gusjenica, ličinki i imaga mogu se vidjeti nematode (sl. 1.).

Značajan broj entomopatogenih nematoda pripada i porodici *Mermithidae*, čija duljina tijela kreće se od nekoliko centimetara do nekoliko desetaka centimetara (*Romanomermis culicivora* 5-25 mm, *Hexamermis incisura* oko 34 mm, *H. albicans* 15-17 cm, *H. lineata* do 24,5 cm, *Mermis nigrescens* oko 8 cm). Mermitide su letalne i za kopnene i za vodene insekte. Njihov razvoj je sličan, ali obično traje duže u kopnenih vrsta. Infektivne ličinke (ličinke 2. stadija) prodiru izravno kroz kutikulu u tjelesnu šuplinu insekta gdje se hrane, presvlače i razvijaju, te kao predadultni stadiji agresivno izlaze iz domaćina kroz kutikulu. Izlaženje traje dosta dugo i obično završava



Slika 1. Ličinka *Otiorhynchus sulcatus* 7 dana nakon zaraze vrstom *Heterorhabditis heliothidis*

Figure. 1. *Otiorhynchus sulcatus* larva 7 days after infection with *Heterorhabditis heliothidis*

smrću insekta (Webster, 1972) iz kojega nematode prelaze u tlo ili vodu gdje neke žive 7 – 10 dana, a druge i preko godinu dana. Za to vrijeme kopuliraju i odlažu jaja kojima se također mogu zaraziti novi insekti unoseći ih hranom u svoj organizam (Petersen, 1995).

UZGOJ I PRIMJENA ENTOMOPATOGENIH NEMATODA

U brojnim laboratorijskim i poljskim pokusima entomopatogene nematode pokazale su visoku učinkovitost u suzbijanju raznih štetnih insekata o čemu su izvjestili mnogi autori kao: Webster (1972), Nickle (1981), Herron, Baker (1991), Gaugler (1992), Jansson, Locrone, Gaugler (1993), Kaya, Burlando, Thurston (1993), Jansson, Locrone (1994), Petersen (1995), Silva et al. (1995), Smart (1995), Jansson (1996), Morse, Lindegren (1996), Schroeder et al. (1996), Berry, Lin, Groth (1997), Berry, Lin, Reed (1997), Mracek (1997) i dr.

Mnogi istraživači došli su do zaključka da je za uspješno suzbijanje insekata potrebno osigurati visoku populaciju entomopatogenih nematoda. Tako je npr. Webster (1972) uspješno suzbio japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman) dozom od 292.000 infektivnih ličinki *Steinernema glaseri* po m². Za 77,4%-tno smanjenje ličinki i kukuljica nekih vrsta pipa (*Curculionidae*) potrebno je bilo 136 ličinki *Heterorhabditis morelatus* ili 128-379 ličinki *H. bacteriophora* na cm² (Berry, Lin, Groth, 1997). Za 67%-tni mortalitet ličinki nekih pipa korišteno je oko 500 ličinki vrste *S. carpocapse* po ličinki pipe (Morse, Lindergrren, 1996). Signifikantno smanjen je i broj ličinki kupusne muhe (*Delia radicum* Bche.) pri aplikaciji 3.000 i 4.000 ličinki *S. feltiae* ili 30.000 ličinki *H. bacteriophora* po biljci (Schroeder et al.,

1996). Učinkovito je suzbijena i vrsta *Cylas formicarius* (*Apionidae*) s 4,9 milijardi infektivnih ličinki *H. bacteriophora* po ha (Jansson, Locrone, 1994). Autori Kaya, Burlando, Thurston (1993) uspješno su suzbili gusjenice sovica dozom od 6 ličinki *S. carpocapse* po 1 gusjenici. Aplikacijom 2.400 - 4.800 ličinki *Romanomermis culicivorax* postignuta je 95%-tna parazitiranost komarca *Anopheles albimanus* (Willis et al., 1980, cit. Petersen, 1995), a 67%-tna parazitiranost ostalih *Anopheles* i *Culex* vrsta aplikacijom s 4.692 infektivne ličinke po m² iz helikoptera.

Prema Gaugler-u (1992) za učinkovito suzbijanje većine zemljišnih insekata potrebno je oko milijun entomopatogenih nematoda po jutru ili 250.000 po m².

Budući u prirodnim uvjetima (u tlu, u vodi, na biljkama, u insektima) entomopatogene nematode nisu prisutne u dovoljno visokim populacijama, one se danas masovno uzgajaju u laboratorijama širom svijeta (Gaugler, 1992).

Mogu se uzgajati in vivo tj. u insektima – domaćinima kao npr. *Steinernema* i *Heterorhabditis* vrste u ličinkama voskovog moljca (*Galleria mellonella* L.) (Dutky, 1964, Nickle, 1974, cit. Nickle, 1980) ili in vitro što znači na krutoj ili tekućoj podlozi (Bedding, 1976, cit. Nickle, 1980; Smart, 1995). Uzgojene nematode isporučuju se potom u plastičnim vrećicama ili posudicama na vlažnoj spužvi, u pijesku (Nickle, 1980) ili piljevini, gdje se drže na temperi od oko 5°C.

Primjena entomopatogenih nematoda vrši se standardnim uređajima koji se koriste i za aplikaciju kemijskih pripravaka, zatim uređajima za navodnjavanje ili jednostavno zalijevanjem (Kaya, 1985, Georgis, 1990, cit. Jansson, Locrone, 1994). Ponekad se aplikacija provodi zaraženim lešinama insekata. Tako npr. *Heterorhabditis* vrste primjenjuju se lešinama voskovog moljca (*Galleria mellonella* L.), koji je prethodno bio zaražen entomopatogenim nematodama (Jansson, Locrone, Gaugler, 1993).

Učinkovitost entomopatogenih nematoda ovisi osim o gustoći njihove populacije, o gustoći populacije insekta – domaćina, o patogenosti nematoda, o reprodukcijonim sposobnostima i razvojnim stadijima kako domaćina tako i parazita, ali i o ekološkim čimbenicima (Hominick, Tingley, 1984, cit. Petersen, 1995).

Brojnim istraživanjima u svijetu dokazano je da entomopatogene nematode odnosno nematoinsekticidi imaju slijedeće prednosti (Nickle, 1980, Gaugler, 1992, Petersen, 1995) u odnosu na kemijske pripravke:

- djeluju brzo i učinkovito kroz duže razdoblje (razmnožavanjem se same obnavljaju)
- imaju visoki potencijal razmnožavanja
- imaju široku listu domaćina

Tablica 1. Nematoinsekticidi

Table 1. Nematoinsecticides

Trgovački naziv Trade name	Proizvođač Manufacturer	Entomopatogena nematoda Entomopathogenic nematode	Domaćin - Target host
Bio Nem H 1	SIAPA (Italija)	<i>Heterorhabditis</i> spp.	<i>Otiorrhynchus</i> spp. <i>Melolontha melolontha</i>
Bio Nem S 1	SIAPA (Italija)	<i>Steinernema feltiae</i>	<i>Zeuzera pyrina</i> , <i>Opogona sacchari</i> , <i>Epichoristodes acerbella</i>
Biosafe N	BIOSYS (SAD)	<i>Steinernema carpocapse</i>	Coleoptera, Lepidoptera
Bio Vector	BIOSYS (SAD)	<i>S. carpocapse</i>	Curculionidae
Cruiser	Ecogen Inc. (SAD)	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Coleoptera, Lepidoptera
Guardian	Better yield Insects (Kanada)	<i>S. carpocapse</i>	<i>Diabrotica</i> spp., <i>Pyrausta nubilalis</i> i dr
Larvanem	Koppert Biological Systems B.V. (SAD)	<i>H. megidis</i>	Curculionidae
Magnet	Thermo Trilogy Corporation (SAD)	<i>S. feltiae</i>	muhe i mušice šampinjona
Nemasys	Agricultural Genetics Company – Micro Bio Division (Velika Britanija)	<i>S. bibionis</i>	štetnici u staklenicima
None	Andermatt Biocontrol AG (Švicarska)	<i>S. carpocapse</i>	<i>Grillotalpa grillotalpa</i>
Scanmask	Richters (Kanada) Bio Logic Company (SAD)	<i>S. carpocapse</i>	oko 230 insekata tla
Traunem	Andermatt Biocontrol AG (Švicarska)	<i>S. feltiae</i>	Sciaridae
Vector MC	Thermo Trilogy Corporation (SAD)	<i>S. riobrave</i>	<i>Diaprepes abbreviatus</i> <i>Pachneus</i> spp., <i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> .

- jednostavno se uzgajaju in vivo ili in vitro
- nisu štetne za druge žive organizme niti za okoliš
- nema opasnosti od rezidua
- jednostavno se primjenjuju
- nije potrebno vrijeme čekanja od primjene do sjetve ili sadnje
- kompatibilne su s mnogim kemijskim pripravcima
- pri aplikaciji nije potrebna zaštitna oprema

Zbog navedenih prednosti entomopatogene nematode uzgajaju se u mnogim zemljama, a potom se formuliraju kao nematoinsekticidi (bioinsekticidi) te se kao takovi distribuiraju i koriste za suzbijanje razvnih štetnih insekata osobito u najrazvijenijim zemljama (Gaugler, 1992).

Danas su na svjetskom tržištu prisutni mnogi bioinsekticidi čiji su aktivni dio entomopatogene nematode (tablica 1).

Podaci o proizvođačima i distributerima entomopatogenih nematoda, odnosno nematoinsekticida, osim u knjigama, časopisima i brošurama mnogih autora mogu se danas naći i na internetu.

ULOGA ENTOMOPATOGENIH NEMATODA U BUDUĆNOSTI

Danas na svjetskom tržištu insekticida, zbog visokih troškova uzgoja, skladištenja i distribuiranja nematoda, udio entomopatogenih nematoda iznosi manje od 1% (Smart, 1995). Još je 1991. god. utvrđeno da su troškovi bili 10-60% veći ukoliko se suzbijanje

provodilo entomopatogenim nematodama umjesto kemijskim pripravcima. Međutim s unapređenjem tehnologije uzgoja, formulacija, pakiranja, skladištenja i transporta iz dana u dan smanjuju se troškovi a povećava interes za entomopatogene nematode. Osim što se njima učinkovito suzbijaju mnogi štetni insekti, one imaju niz prednosti u odnosu na insekticide, a prihvatljive su i za okoliš. U svezi navedenog, ali i zbog smanjene uporabe kemijskih pripravaka, u skoroj budućnosti entomopatogene nematode mogle bi u nekim slučajevima potpuno zamijeniti insekticide ili se koristili u kombinaciji s njima.

Na temelju iznesenog smatramo da entomopatogene nematode odnosno nematoinsekticide treba koristiti kao mjeru biološkog suzbijanja kako u svijetu tako i u Hrvatskoj, ali prije toga treba u nas provesti još mnogo istraživanja na tom području.

LITERATURA

- Akhurst R. J. (1982). Antibiotic Activity of *Xenorhabdus* spp., Bacteria Symbiotically Associated with Insect Pathogenic Nematodes of the Families Heterorhabditidae and Steinernematidae. *Journal of General Microbiology* 128: 3061-3065.
- Baghdiguin S., Boyer-Giglio M. H., Thaler J. O., Bonnot G., Boemare N. (1993). Bacteriocinogenesis cells of *Xenorhabdus nematophilus* and *Photorhabdus luminescens*. Enterobacteriaceae associated with entomopathogenic nematodes. *Biology of the cell* 79:177-185.
- Berry R. E., Liu J., Groth E. (1997). Efficacy and Persistence of *Heterorhabditis marelatus* (Rhabditida: Heterorhabditidae) Against Root weevils (Coleoptera: Curculionidae) in Strawberry. *Environ. Entomol.* 26 (2): 465-470.

- Berry R. E., Liu J., Reed G. (1997). Comparison of Endemic and Exotic Entomopathogenic Nematode Species for Control of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 90: 000-000 (in press).
- Gaugler R. (1992). Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae). Department of Entomology, Rutgers University, New Brunswick New Jersey (in press).
- Herron G. A., Baker G. L. (1991). The effect of host stage and temperature on the development of *Hexameris* sp. (Nematoda: Mermithidae) in the Australian plague locust *Chortoicetes terminifera* Walker (Orthoptera: Acrididae). *Nematologica* 37: 213-224.
- Jansson R. K. (1996). Infectivity and reproduction of three Heterorhabditid nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae) in two insect hosts. *Florida Entomologist* 79 (3): 363-373.
- Jansson R. K., Lecrone S. H. (1994). Application methods for Entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae): Aqueous suspensions versus infected cadavers. *Florida Entomologist* 77 (2): 281-284.
- Jansson R. K., Lecrone S. H., Gaugler R. (1993). Field Efficacy and Persistence of Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) for Control of Sweetpotato Weevil (Coleoptera: Apionidae) in Southern Florida. *Journal of Economic Entomology* 86 (4): 1055-1063.
- Jaworska M. (1998). The laboratory preference of annual legumes by pea weevil *Sitona lineatus* L. (Col., Curculionidae) and their effect on susceptibility of weevils to entomogenous nematodes. *Journal of Invertebrate Pathology* 71 (3): 248-250.
- Kaiser H. (1977). Untersuchungen zur Morfologie, Biometrie, Biologie und Systematik von Mermithiden. Ein Beitrag zum Problem der Trennung morfologisch schwer unterscheidbarer Arten. *Zool. Jb. Syst. Bd.* 104: 20-71.
- Kaya H. K., Burlando T. M., Thurson G.S. (1993). Two Entomopathogenic Nematode Species with Different Search Strategies for Insect Suppression. *Environmental Entomology* 22 (4): 859-864.
- Morse J. G., Lindegren J. E. (1996). Suppression of Fuller rose beetle (Coleoptera: Curculionidae) on citrus with *Steinernema carpocapse* (Rhabditida: Steinernematidae). *Florida Entomologist* 79 (3): 373-384.
- Mracek Z. (1977). *Steinernema kraussei*, a Parasite of the Body Cavity of the Sawfly, *Cephaleia abietis* in Czechoslovakia. *Journal of Invertebrate Pathology* 30: 87-94.
- Nguyen K. B., Smart G. C. (1990). *Steinernema scapterisci* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae). *Journal of Nematology* 22: 187-199.
- Nickle W. R. (1981). Mermithid Parasites of Agricultural Pest Insects. *Journal of Nematology* 13 (3): 262-266.
- Petersen J. J. (1995). Nematodes as Biological Control Agents: Mermithidae. *Parasitology* 24: 307-344.
- Poinar O. G. (1975). Description and biology of a new insect parasitic Rhabditid, *Heterorhabditis bactriophora* n. gen., n. sp. (Rhabditida; Heterorhabditidae n. fam.). *Nematologica* 21: 463-470.
- Poinar O. G., Jackson T., Klein M. (1987). *Heterorhabditis megidis* sp. n. (Heterorhabditidae: Rhabditidae) Parasitic in the Japanese Beetle, *Poppillia japonica* (Scarabaeidae: Coleoptera) in Ohio. *Proc. Helminthol. Soc. Wash.* 54: 53-59.
- Schroeder P. C., Ferguson C. S., Shelton A. M., Wilsey W. T., Hoffmann P. M., Petzoldt C. (1996). Greenhouse and Field Evaluations of Entomopathogenic Nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) for Control of Cabbage Maggot (Diptera: Anthomyiidae) on Cabbage. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 89, No. 5: 1109-1115.
- Silva F. A., Zalom F. G., Hom A., Hendricks L. (1995). Dormant season application of *Steinernema carpocapse* (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) on almond for control of overwintering *Amyelois transitella* and *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Florida Entomologist* 78 (3): 516-523.
- Smart G. C. (1995). Entomopathogenic Nematodes for the Biological Control of Insects. *Journal of Nematology* 27 (45):529-534.
- Thomas G. M., Poinar G. O. (1979). Symbiotic bacteria *Xenorhabdus* gen. nov., a Genus of Entomopathogenic, Nematophilic Bacteria of the Family Enterobacteriaceae. *International Journal of Systematic Bacteriology* 29: 325-360.
- Webster J. M. (1972). Nematodes and Biological Control. Nematode Parasites of Insect Pests. *Economic nematology*, London: 483-492.

acs66_21