

Agrovoc descriptors: biological control, natural enemies, beneficial organisms, biological control agents, foliar application, insect nematodes, nematoda, cruciferae

Agris category codes: H10

Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta
Oddelek za agronomijo

COBISS koda 1.02

Entomopatogene ogorčice, naravni sovražniki nadzemskih škodljivcev kapusnic

Žiga LAZNIK¹, Stanislav TRDAN²

Delo je prispelo 26. oktobra 2006, sprejeto 16. oktobra 2007.
Received October 26, 2006; accepted October 16, 2007.

IZVLEČEK

V prispevku je predstavljen pomen, način delovanja in razvojni krog entomopatogenih ogorčic, ki so v svetu pomembni naravni sovražniki talnih in nadzemskih škodljivcev. Poseben poudarek je namenjen dosedanji uporabi entomopatogenih ogorčic pri zatiranju nadzemskih škodljivcev kapusnic; vrst *Delia radicum*, *Plutella xylostella*, *Pieris brassicae*, *Mamestra brassicae* in *Phyllotreta* spp. V prispevku je predstavljena foliarna aplikacija ogorčic, z namenom njihovega hitrejšega in učinkovitejšega delovanja na ciljne organizme.

Ključne besede: entomopatogene ogorčice, kapusnice, foliarna aplikacija, škodljive žuželke, način delovanja, razvojni krog

ABSTRACT

ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES, NATURAL ENEMIES OF FOLIAR PESTS OF VEGETABLE BRASSICAS

Significance, mode of action and developmental cycle of entomopathogenic nematodes, which are important natural enemies of soil and foliar pests around the world, are presented. Special emphasis is given to previous use of entomopathogenic nematodes against foliar pests of vegetable Brassicas, such as *Delia radicum*, *Plutella xylostella*, *Pieris brassicae*, *Mamestra brassicae* and *Phyllotreta* spp. Foliar application of nematodes with the aim of their faster and more efficient activity against target organisms is also described.

Key words: entomopathogenic nematodes, vegetable Brassicas, foliar application, harmful insects, mode of action, life cycle

¹ mladi raziskovalec, univ. dipl. inž. agr, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, e-mail: ziga.laznik@bf.uni-lj.si

² doc. dr., Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, e-mail: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si,

1 UVOD

Entomopatogene ogorčice so talni organizmi, ki živijo z bakterijami v simbiotsko-mutualističnem odnosu. Njihov pomen v biotičnem varstvu rastlin pred škodljivimi organizmi so odkrili v ZDA v tridesetih letih prejšnjega stoletja. Leta 1923 sta Glaser in Fox našla ogorčico, ki je napadla in povzročila smrt hrošča *Popillia japonica* Newman. Istega leta je Steiner to ogorčico poimenoval z latinskim imenom *Aplectana kraussei*. Leta 1927 je Travassos spremenil prvotno ime rodu ter ga preimenoval v *Steinernema* (Gaugler, 2002). Glaser je vpeljal metodo gojenja entomopatogenih ogorčic »in vitro«. S tako vzgojenimi ogorčicami je leta 1939 izvedel prvi poljski poskus v New Jersey-ju za zatiranje vrste *Popillia japonica* (Gaugler in Kaya, 1990).

Izjemno odkritje uporabe entomopatogenih ogorčic v biotičnem varstvu rastlin pred škodljivimi žuželkami je bilo zaradi intenzivne rabe kemičnih sredstev za varstvo rastlin pozabljeno vse do šestdesetih let prejšnjega stoletja. Tedaj so v javnost prišle informacije o strupenosti kloriranih ogljikovodikov (značilen zgled je aktivna snov DDT), ki so jih dotlej množično uporabljali (Koppenhöfer in Kaya, 2002). Ideja o biotičnem zatiranju škodljivih žuželk z entomopatogenimi ogorčicami je tako ponovno zaživela.

Kar je bilo še pred tridesetimi leti zgolj laboratorijsko delo, je danes že uporabna znanost na poljih. V več kot šestdesetih državah sveta znanstveniki raziskujejo entomopatogene ogorčice in njihove simbiotske bakterije. Na Floridi (ZDA) z omenjenimi ogorčicami vsako leto tretirajo citruse na 25000 ha. Na različnih območjih ZDA entomopatogene ogorčice uporabljajo tudi za zatiranje škodljivcev brusnic, artičok, gojenih gob, jabolk, breskev, travne ruše in nekaterih drugih gojenih rastlin. Entomopatogene ogorčice so zanimive tudi za raziskave v nekaterih drugih področjih, na primer v biotehnologiji, genetiki in medicini. Raziskave entomopatogenih ogorčic pa so v mnogih državah sveta, tudi v Sloveniji, omejene le na laboratorijsko delo. Vzrok za to je v dejstvu, da so ogorčice na takšnih območjih še vedno t.i. tujerodni organizmi ali »eksotični agensi«, saj njihove zastopanosti še niso potrdili v naravnem okolju (Gaugler, 2002).

2 NAČIN DELOVANJA IN RAZVOJNI KROG ENTOMOPATOGENIH OGORČIC

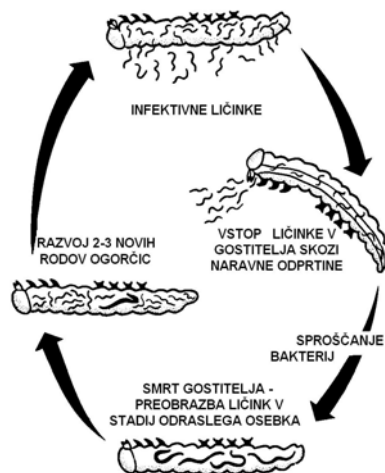
Ob prvem odkritju entomopatogenih ogorčic so postavili hipotezo, da ogorčice same povzročijo smrt napadenih žuželk (Gaugler in Kaya, 1990). Leta 1937 je Bovien prvič omenil možnost obstoja simbiotskih bakterij, ki živijo z entomopatogenimi ogorčicami v mutualističnem odnosu. Njegovo hipotezo sta leta 1955 potrdila Dutky in Weiser (Weiser, 1955). Boemare je leta 1982 dokazal, da ogorčice iz rodu *Steinernema* tvorijo strupene snovi, ki negativno vplivajo na imunski sistem napadenih žuželk. Te ogorčice lahko torej brez prisotnosti simbiotskih bakterij povzročijo smrt gostiteljev. Za entomopatogene ogorčice iz rodu *Heterorhabditis* doslej takšnega delovanja še niso dokazali (Klein, 1990).

O simbiotsko-mutualističnem odnosu med bakterijami in ogorčicami govorimo zato, ker ogorčice nudijo bakterijam bivališče in zaščito. Prostoživeče bakterije

namreč niso sposobne preživeti v tleh. V žuželkah so bakterije tudi nemočne pred protibakterijskim delovanjem gostiteljev, zato jih ogorčice varujejo s tem, da zavrejo tovrstno delovanje gostiteljev. V zameno bakterije hitro ubijejo napadene žuželke in s proizvodnjem antibiotikov onemogočijo razvoj tekmovalnih mikroorganizmov, ki bi se sicer hranili v mrtvih osebkih. Bakterije preoblikujejo vsebino gostitelja v hrano, ustrežno za ogorčice, pa tudi same so hrana za ogorčice (Kaya in Koppenhöfer, 1999).

V razvojnem krogu entomopatogenih ogorčic se pojavijo jajčece, ličinka, ki se navadno štirikrat levi in odrasel osebek. Le ličinke tretjega larvalnega stadija, t.i. infektivne ličinke, lahko napadejo gostitelje. Takšni osebki so prosto živeči in dobro prilagojeni na dolgotrajnejše pomanjkanje hrane (Kaya, 2000). Energijo črpajo iz lastnih zalog (Kaya in Koppenhöfer, 1999). Vsaka infektivna ličinka ima v posebnih veziklih v sprednjem delu črevesa od 200 do 2000 simbiotskih bakterij (Gaugler, 2002). Infektivne ličinke vstopijo v gostitelje prek naravnih odprtin (dihalne odprtine, ustni aparat, zadnjična odprtina) ali prek kutikule (Eidt in Thurston, 1995). Znano je, da v košeninarja *Tipula paludosa* Meigen in *Tipula oleracea* L. ogorčice vstopijo neposredno prek povrhnjice in le redko prek ustne ali zadnjične odprtine (Peters in Ehlers, 1994).

V hemolimfi gostiteljev nato ogorčice sprostijo zanje značilne simbiotske bakterije. Bakterije se v hemolimfi hitro množijo in proizvajajo toksine ter druge sekundarne metabolite, ki prispevajo k oslavitvi obrambnega mehanizma gostitelja. V približno dveh dneh po vstopu infektivnih ličink v gostitelja le-ta pogine. V gostitelju torej poteka dvojni razvojni krog, ogorčic in bakterij. Ogorčice prvega rodu preidejo v drugi rod. Po štirikratni levitvi ličink in obdobju odraslega osebka ogorčice preidejo v tretji rod, ki uspeva v gostitelju toliko časa, dokler ima na voljo hrano. Gostitelj je tedaj (24-72 ur po vstopu ogorčice v gostitelja) že mrtev, za kar poskrbijo toksini, ki so jih izločile bakterije. Tretji rod ogorčic je zato že saprofitski (Gaugler, 2002) (slika).



Slika: Razvojni krog entomopatogenih ogorčic (Koppenhöfer in Kaya, 2002)

Bakterije proizvajajo tudi takšne toksine (3,5 dihidroksi-4-izopropilstilben), ki od razpadajočih trupel odvrtaajo druge mikroorganizme (Hui, 2000). Ko je razvojni krog entomopatogenih ogorčic zaključen, ogorčice zapustijo nerazgrajene dele trupel in se vrnejo v tla. V ugodnih razmerah infektivne ličinke iz rodu *Steinernema* zapustijo gostitelja 6. do 11. dan po vstopu vanj, tiste iz rodu *Heterorhabditis* pa 12. do 14. dan po vstopu (Kaya, 2000). Zunaj gostitelja lahko ogorčice preživijo nekaj mesecev v stadiju infektivnih ličink. Nato poginejo (Gaugler, 2002). Za entomopatogene ogorčice iz rodov *Steinernema* in *Heterorhabditis* je bilo ugotovljeno, da imajo velik potencial za zatiranje škodljivih žuželk (Klein, 1990).

3 RAZISKAVE BIOTIČNEGA VARSTVA RASTLIN PRED ŠKODLJIVIMI ŽUŽELKAMI V SLOVENIJI

Prve znanstvene raziskave na področju biotičnega varstva rastlin pred škodljivimi žuželkami na območju Slovenije datirajo v začetek devetdesetih let prejšnjega desetletja, ko so na Inštitutu za fitomedicino Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani začeli preučevati delovanje in bionomijo nekaterih plenilcev (Milevoj, 1991, 1997) in parazitoidov (Milevoj, 1992, 1996). Nadgradnjo tega znanja je pomenil razvoj metode za laboratorijsko gojenje navadne tenčičarice (*Chrysoperla carnea* Stephens) (Milevoj, 1999), ki je v Sloveniji precej razširjen plenilec, a imamo še vedno premalo podatkov o njegovi učinkovitosti. Prav tako pa moramo omeniti uspešen vnos plenilsko-parazitoidne osice *Neodryinus typhlocybae* Ashmead, ki je uspela zlasti na Primorskem v precejšnji meri omejiti številčnost mededečega škržata (*Metcalfa pruinosa* Say) (Žežlina et al., 2001).

Uporaba entomopatogenih ogorčic v biotičnem varstvu rastlin je v Sloveniji še vedno omejena le na laboratorijsko delo, s katerim smo na istem inštitutu začeli leta 2004. Ogorčic namreč v naravnem okolju še nismo odkrili in imajo zato še vedno status t.i. tujerodnih organizmov.

4 KAPUSNICE V SLOVENIJI

Od vseh vrtnin v Sloveniji, je največ površin za pridelovanje zelenjave namenjenih kapusnicam (24,1% ali 871 ha). Med njimi je v letu 2005 prevladovalo belo zelje (696 ha), sledila sta cvetača in brokoli (97 ha), ohrovt (58 ha) in kitajski kapus (20 ha). V obdobju od 1995 do 2005 je v Sloveniji viden trend naraščanja površin, na katerih pridelovalci gojijo cvetačo in brokoli, medtem ko je velikost zemljišč, namenjenih pridelavi ohrovta in kitajskega kapusa, skoraj nespremenjena. Površine pod belim zeljem se v zadnjih desetih letih zmanjšujejo; izjema je bilo leto 2003, ko se je njihov obseg začasno povečal. Pridelek omenjenih kapusnic v posameznih letih sovpada s podatki o pridelovalnih površinah (Statistični urad Republike Slovenije, 2005). Ker je zelje v Sloveniji najpomembnejša kapusnica, se vsebina poglavja 5 v največji meri navezuje na doseganja znanja o zatiranju škodljivcev zelja z entomopatogenimi ogorčicami.

5 DOSEDANJA UPORABA ENTOMOPATOGENIH OGORČIC ZA ZATIRANJE NADZEMSKIH ŠKODLJIVCEV KAPUSNIC V SVETU

5.1 Kapusova muha (*Delia radicum* [L.])

Kapusova muha spada med najpomembnejše škodljivce kapusnic v Evropi in Severni Ameriki (Finch, 1989). Pretekli poskusi, v katerih so želeli z entomopatogenimi ogorčicami zatreti omenjenega škodljivca, so bili v glavnem neuspešni. Väininen (1992) je vzroke za to pripisal premalo vlažnim tlem. Schroeder (1996) pa je dokazal, da je lahko ogorčica *Steinernema feltiae* (Filipjev) v zanjo optimalnih razmerah uspešen biotični agens za zatiranje kapusove muhe. Leta 2003 so na Kitajskem izvedli poskus zatiranja kapusove muhe s petimi vrstami entomopatogenih ogorčic. Učinkovitost vrst *Steinernema feltiae*, *S. arenarium*, *S. carpocapsae*, *Heterorhabditis megidis* in *H. bacteriophora* so preizkusili na prostem in v rastlinjakih. V slednjih je bila najbolj učinkovita vrsta *S. feltiae* v koncentracijah 4000 in 8000 infektivnih ličink/rastlino. Čas aplikacije suspenzije te ogorčice ni signifikantno vplival na njeno delovanje na vrsto *D. radicum*. Zatiranje kapusove muhe z ogorčicami je bilo manj uspešno zgodaj spomladi, njihova učinkovitost pa je bila boljša poleti (Chen, 2003).

Entomopatogene ogorčice so uporabili tudi za zatiranje jajčec kapusove muhe v laboratorijskih razmerah. Iste vrste entomopatogenih ogorčic so preizkušali pri temperaturah 10, 15 in 20°C. Pri najnižji temperaturi je le vrsta *S. feltiae* pokazala določeno stopnjo učinkovitosti. Ogorčice *S. carpocapsae*, *S. arenarium* in *H. megidis* so bile uspešne pri 15 in 20°C, medtem ko je bila vrsta *H. bacteriophora* učinkovita le pri 20°C. V nadaljnjih raziskavah, kjer so preučevali sposobnost ogorčic za vstop v gostitelja, so ugotovili, da vrsta *S. carpocapsae* penetrira v gostitelja pri 20°C šele po tridesetih urah, medtem ko vrsta *S. feltiae* že po šestih. Pri 10 in 15°C vstopi vrsta *S. feltiae* v gostitelja v petnajstih oziroma v devetih urah (Chen s sod., 2003).

Na Danskem so ugotavljali številčnost infektivnih ličink entomopatogenih ogorčic v različnih škodljivcih kapusnic, potem ko so jih izpostavili napadu vrste *S. feltiae*. V kljunotaju *Ceutorhynchus assimilis* (Paykull) so jih v povprečju našli od 1200 do 1400, v ličinkah hroščkov iz rodu *Meligethes* od 700 do 1300, daleč največ pa v gosenicah kapusove sovke (*Mamestra brassicae* [L.]), in sicer kar 47000. Večje število infektivnih ličink so ugotovili tudi v kapusovi muhi, in sicer v manjših ličinkah približno 400 in v večjih okrog 3500. Ugotovili so, da je številčnost infektivnih ličink ogorčice *S. feltiae* v ličinkah kapusove muhe odvisna od velikosti ličink gostitelja (Nielsen in Philipsen, 2004).

5.2 Kapusov molj (*Plutella xylostella* [L.])

Prvi zapiski o delovanju entomopatogenih ogorčic na kapusovega molja segajo v leto 1995, ko je Bauer s sodelavci preučeval učinkovitost vrst *Steinernema carpocapsae*, *S. riobravus* in *Heterorhabditis bacteriophora* za zatiranje škodljivca. Za vrste *S. carpocapsae*, *S. riobravus* in *Heterorhabditis bacteriophora* so bile ugotovljene vrednosti LC₅₀, in sicer 14,6, 15,4 in 65,4 infektivnih ličink/gosenico molja. Iste vrste biotičnih agensov so vplivale na 29, 33 in 14% smrtnost ličink

škodljivca (Bauer, 1995). V sorodni raziskavi v Kanadi so bile vrednosti LC_{50} za ogorčice *S. carpocapsae*, *S. feltiae* in *S. riobravus* 24,5, 6,0 in 15,5 infektivnih ličink/gosenico (Belair, 2003).

Leta 1997 so Mason in sodelavci v laboratorijskih razmerah preučevali vpliv temperature in ultravijoličnega sevanja na učinkovitost entomopatogenih ogorčic proti gosenicam kapusovega molja. V poskus so vključili vrst iz rodov *Steinernema* in *Heterorhabditis* ter ugotovili, da so najbolj učinkovite v temperaturnem intervalu med 20 in 25°C. V nadaljevanju poskusa so ugotovili, da pri 80% relativni zračni vlagi preživi 51% infektivnih ličink. Raziskovalna skupina je potrdila njihovo hipotezo, da lahko entomopatogene ogorčice učinkovito parazitirajo tudi nadzemske škodljivce (Arthurs, 2004).

V obdobju 2002-2004 so v Indiji izvajali poljski poskus ugotavljanja učinkovitosti ogorčice *Steinernema thermophilum* za zatiranje vrste *Plutella xylostella*. Pri treh različnih koncentracijah suspenzije ogorčic (1000, 2000 in 3000 infektivnih ličink/ml) niso ugotovili signifikantnih razlik v smrtnosti gosenic. S škropljenjem z najvišjo koncentracijo suspenzije ogorčic so vplivali na 46% smrtnost gosenic, z nižjima koncentracijama pa so dosegli njihovo 40% smrtnost (Singh-Somvanshi, 2006).

V Indoneziji je leta 2005 potekal poljski poskus zatiranja kapusovega molja s entomopatogeno ogorčico *S. carpocapsae*. S škropljenjem s suspenzijo pol milijona infektivnih ličink/m² in dodatkom 0,3% pripravka xanthan in 0,3% pripravka rimulgan® so sedem dni po tretiranju ugotovili, da se je populacija škodljivca zmanjšala za 50% (Schroer, 2005). Razlog za tako visoko učinkovitost ogorčice je najverjetneje v tem, da je podnebje v Indoneziji zelo vlažno, med poskusom pa je nastopilo tudi monsunsko obdobje. Entomopatogene ogorčice so bile v poskusu učinkovitejše od insekticidov, ki jih v Indoneziji uporabljajo za zatiranje vrste *Plutella xylostella* (Schroer, 2005).

5.3 Kapusov belin (*Pieris brassicae* [L.]) in kapusova sovka (*Mamestra brassicae* [L.]

Leta 1999 so na Madžarskem v laboratorijskih razmerah preučevali učinkovitost ogorčic iz rodov *Steinernema* in *Heterorhabditis* pri različnih koncentracijah suspenzije, in sicer 100, 1000 in 10000 infektivnih ličink/ml, za zatiranje gosenic kapusovega belina. Ogorčice so bile učinkovitejše, če so s suspenzijo namesto tal poskropili liste zelja. Pri koncentraciji 1000 infektivnih ličink/ml so ugotovili 100% smrtnost gosenic, medtem ko je bila pri najnižji koncentraciji njihova smrtnost 70%. Večjo učinkovitost so pokazale ogorčice iz rodu *Steinernema* (Nadasy, 1999). Leta 2004 so v Rusiji izvedli soroden poskus. Z aplikacijo ogorčic iz rodov *Steinernema* in *Heterorhabditis* so dosegli 75,6% smrtnost gosenic kapusovega belina v laboratorijskih razmerah (Bobreshova, 2004).

Entomopatogene ogorčice so bile učinkovito uporabljene tudi za zatiranje gosenic kapusove sovke. V laboratorijskem poskusu, ki je potekal na Madžarskem, so pri dveh od treh uporabljenih koncentracij (100, 1000 in 10000 infektivnih ličink/ml) dokazali zadovoljivo učinkovitost biotičnih agensov. Ogorčice so pokazale

učinkovito delovanje pri najvišjih koncentracijah, pri katerih je bila stopnja smrtnosti gosenic od 90 do 100%. Smrtnost gosenic je bila višja od 60% že sedem dni po aplikaciji (Nadasy, 1999).

5.4 Kapusov bolhač (*Phyllotreta* spp.)

Kljub temu da spadajo kapusovi bolhači med pomembnejše škodljivce kapusnic, tako v Evropi kot na nekaterih drugih celinah, doslej za njihovo zatiranje še niso uporabljali entomopatogenih ogorčic. Edini objavljeni vir (Laznik, 2006) je raziskava, ki smo jo v letu 2005 izvajali na Katedri za entomologijo in fitopatologijo, na Odelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. V laboratorijskem poskusu smo preizkušali delovanje vrst *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *H. megidis* in *H. bacteriophora* na odrasle osebkke kapusovega bolhača. Poskus smo izvajali pri treh različnih temperaturah (15, 20 in 25°C) in treh različnih koncentracijah suspenzije ogorčic (200, 1000 in 2000 infektivnih ličink/hroščka). Rezultati so potrdili že prej znana dejstva, da so entomopatogene ogorčice v visokih koncentracijah v povezavi z ugodnimi abiotičnimi dejavniki (visoka vlaga, optimalna temperatura) učinkovit biotični agens za zatiranje odraslih osebkov iz reda Coleoptera (Lacey in sod., 1993). Ugotovili smo še, da je aktivnost ogorčic v večji meri odvisna od temperature kot od koncentracije (Laznik, 2006). Vse štiri vrste ogorčic so bile najbolj učinkovite pri 25°C. Le vrsta *S. feltiae* je dosegla zadovoljivo učinkovitost pri najnižji temperaturi, kar je iz praktičnega vidika (tretiranje v oblačnem vremenu ali ponoči) (Akalach in Wright, 1995) zagotovo prednost.

6 FOLIARNA APLIKACIJA ENTOMOPATOGENIH OGORČIC V PRIHODNOSTI

Uporaba entomopatogenih ogorčic v biotičnem varstvu rastlin je bila do pred nekaj leti tradicionalno vezana na zatiranje talnih škodljivcev (Hazir, 2004). Rezultati raziskav v zadnjih dveh desetletjih pa kažejo na njihov potencial tudi pri zatiranju nadzemskih škodljivcev, vendar le v določenih razmerah (Begley, 1990; Arthurs, 2004). Slabša učinkovitost entomopatogenih ogorčic pri zatiranju nadzemskih škodljivcev je predvsem posledica neustrezne (prenizke) vlage (Lello s sod., 1994), izpostavljenosti temperaturnim ekstremom (Grewal s sod., 1994a) in ultravijoličnemu sevanju (Gaugler in Boush, 1978; Gaugler s sod., 1992). Ti dejavniki so namreč ključni za preživetje ogorčic (Gaugler, 2002). Zato ogorčice slabše delujejo na nadzemske škodljivce na prostem, čeprav predhodni laboratorijski testi pokažejo precej večjo učinkovitost (Berry, 1993).

Za nanos ogorčic na rastline lahko uporabljamo opremo, ki je namenjena za škropljenje s fitofarmaceutskimi sredstvi, gnojenje ali namakanje. Za ta namen so ustrezne ročne nahrbtnne in traktorske škropilnice, pršilniki in tudi letala. Infektivne ličinke lahko prehajajo prek škropilnih cevi, katerih premer znaša vsaj 100 µm, prenesejo pa pritisk do 1086 kPa. Zaradi občutljivosti ogorčic na ultravijolično sevanje, jih moramo na rastline nanašati zvečer, zgodaj zjutraj ali v oblačnem vremenu, ko je intenzivnost sevanja manjša (Gaugler, 2002).

Ker je kmetijstvo interdisciplinarna veda, se sočasno z raziskavami o bionomiji entomopatogenih ogorčic povečuje tudi število raziskav o načinu njihovega nanašanja s stroji (Gaugler, 2002). Strokovnjaki ugotavljajo, da je mogoče s škropilnimi šobami s posebnimi nastavki povečati velikost kapljic, s čimer lahko na liste ali druge nadzemske dele rastlin naneseemo večje število osebkov (Lello et al., 1996). Tudi s povečanjem pretočnosti šob vplivamo na večjo koncentracijo ogorčic na poškropljenih listih (Mason et al., 1998a), s tem pa največkrat vplivamo na večjo smrtnost žuželk na rastlinah. Tudi z dodatkom sredstev, ki zmanjšujejo površinsko napetost na voščenem listnem površju kapusnic, lahko vplivamo na boljšo obstojnost suspenzije na listih in s tem na večjo učinkovitost ogorčic (Mason et al., 1998b).

V prihodnosti bo potrebno izvesti še več raziskav o delovanju entomopatogenih ogorčic na nadzemske škodljivce in o optimizaciji načinov njihovega nanašanja na prostem. Zaradi precejšnjega gospodarskega pomena škodljivih žuželk na kapusnicah v Sloveniji - te pridelovalci še vedno največkrat zatirajo s sintetičnimi insekticidi - želimo zanje razviti in optimizirati nove, okoljsko sprejemljive načine zatiranja. Dosedanje tuje raziskave uporabe entomopatogenih ogorčic za njihovo zatiranje na kapusnicah nas navdajajo z optimizmom. V državah, kjer so entomopatogene ogorčice še vedno le tujerodni organizmi - med njimi je tudi Slovenija - bo zato potrebno več časa nameniti za njihovemu iskanju v tleh. Med številnimi metodami je še posebno enostavna in zato nadvse ustrezna metoda „*Galleria* baiting“, ki uporablja žive ličinke voščene večče (*Galleria mellonella* [L.]) kot indikatorje zastopanosti entomopatogenih ogorčic v tleh (Gaugler, 2002).

7 VIRI

- Akalach, M., Wright, D. J. 1995. Control of the larvae of *Conorhynchus mendicus* (Col.: Curculionidae) by *Steinernema carpocapsae* and *Steinernema feltiae* (Nematoda, Steinernematidae) in the Gharb area (Morocco). *Entomophaga*, 40: 321-327.
- Arthurs, S., Heinz K. M., Prasifka J. R. 2004. An analysis of using entomopathogenic nematodes against above-ground pests. *Bull. Entomol. Res.*, 94: 297-306.
- Bauer, M. E., Kaya, H. K., Thurston, G. S. 1995. Factors affecting entomopathogenic nematode infection of *Plutella xylostella* on a leaf surface. *Entomol. Exp. Appl.* 77: 239-250.
- Begley, J. W. 1990. Efficacy against insects in habitats other than soil. V: *Entomopathogenic nematodes in biological control* (ur. Gaugler, R. in Kaya, H. K.). CRC Press, Boca Raton: 215-231.
- Belair, G., Fournier, Y., Dauphinais, N. 2003. Efficacy of steinernematid nematodes against three insect pests of crucifers in Quebec. *J. Nematol.*, 35: 259-265.
- Berry, E. C., Lewis, L. C. 1993. Interactions between nematodes and earthworms: enhanced dispersal of *Steinernema carpocapsae*. *J. Nematol.*, 25: 189-192.
- Bobreshova, I. Y. 2004. Entomopathogenic nematodes protect cabbage from leaf eating pests. *Zashchita Karantin Rast.*, 6: 31-3.
- Boemare, N. E., Laumond, C., Luciani, J. 1982. Mise en evidence d'une toxicogenese provoquee par le nematode entomophage *Neoplectana carpocapsae* Weiser chez

l'insecte *Galleria mellonella* L. Compet. Rendus séances l'Acad. Sciences, Paris, Ser. III. 295: 543-546.

- Bovien, P. 1937. Some types of association between nematodes and insects. Vidensk. Medd. fra Dansk Naturh. Foren.: 101 str.
- Chen, S., Li, J., Han, X., Moens, M. 2003. Effect of temperature on the pathogenicity of entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.) to *Delia radicum*. Biol. Control, 48: 713-724.
- Finch, S. 1989. Ecological considerations in the management of *Delia* pest species in vegetable crops. Annu. Rev. Entomol. 34: 117-137.
- Gaugler, R., Boush, G. M. 1978. Effects of ultraviolet radiation and sunlight on the entomopathogenous nematode, *Neoaplectana carpocapsae*. J. Invertebr. Pathol. 32: 291-296.
- Gaugler, R., Kaya, H. K. 1990. Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press Florida, Boca Raton: 365 str.
- Gaugler, R. 2002. Entomopathogenic nematology. CABI Publishing, New Jersey: 373 str.
- Gaugler, R., Bednarek, A., Campbell, J. F. 1992. Ultraviolet inactivation of heterorhabditids and steinernematids. J. Invertebr. Pathol. 59: 155-160.
- Grewal, P. S. 1998. Formulation of entomopathogenic nematodes for storage and application. Japan. J. Nematol., 28: 68-74.
- Grewal, P. S. Selvan S., Gaugler R. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. J. Therm. Biol. 19: 245-253.
- Eidt, D.C., Thurston, G.S. 1995. Physical deterrents to infection by entomopathogenic nematodes in wireworm (Coleoptera: Elateridae) and other soil pests. Can. Entomol. 127: 423-429.
- Hazir, S., Kaya, H. K., Stock, S. P., Keskin, N. 2004. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. Turk. J. Biol., 27: 181-202.
- Hui, E., Webster, D.J. 2000. Influence of insect larvae and seedling roots on the host-finding ability of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae). J. Invertebr. Pathol. 75: 152-162.
- Kaya, K. H., Koppenhöfer, A. M. 1999. Biology and ecology of insectidal nematodes. V: Optimal use of insectidal nematodes in pest management (ur. Poravarapu S.). New Jersey, Blueberry Cranberry Research and Extension Center: 1-8.
- Kaya, H. K. 2000. Entomopathogenic nematodes and their prospects for biological control in California. V: Californian conference on biological control (ur. Hoddle M. S.). Riverside, California: 38-46.
- Klein, M. G. 1990. Efficacy against soil-inhabiting insect pests. Entomopathogenic nematodes in biological control (ur. Gaugler, R. in Kaya, H. K.). CRC Press, Boca Raton: 195-214.
- Koppenhöfer, A. M., Kaya, H. K. 2002. Entomopathogenic nematodes and insect pest management. V: Microbial Biopesticides (ur. Koul, O. in Dhaliwal, G. S.), Taylor & Francis, New York: 277-305.

- Lacey, L. A., Bettencourt, R., Gaugler, R. H. 1993. Factors influencing parasitism of adult Japanese beetles, *Popillia japonica* (Col.: Scarabaeidae) by entomopathogenic nematodes. *Entomophaga*, 38: 501-509.
- Laznik, Ž., 2006. Laboratorijsko preučevanje učinkovitosti štirih vrst entomopatogenih ogorčic (Rhabditida) za zatiranje kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp., Coleoptera, Chrysomelidae). Diplom. delo, Univ. Ljublj., Bioteh. fak., Oddel. agron: 75 str.
- Lello, E. R., Patel, M. N., Mathews, G. A., Wright, D. J. 1996. Application technology for entomopathogenic nematodes against foliar pests. *Crop Prot.* 15: 567-574.
- Mason, J. M., Wright, D. J. 1997. Potential for control of *Plutella xylostella* larvae with entomopathogenic nematodes. *J. Invertebr. Pathol.*, 70: 234-242.
- Mason, J. M., Mathews, G. A., Wright, D. J. 1998a. Appraisal of spinning disc technology for the application of entomopathogenic nematodes. *Crop Prot.* 17: 453-461.
- Mason, J. M., Mathews, G. A., Wright, D. J. 1998b. Screening and selection of adjuvants for the spray application of entomopathogenic nematodes against foliar pest. *Crop Prot.* 17: 461-470.
- Milevoj, L. 1991. Preučevanje zoofagne hrčice *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera, Cecidomyiidae) v Sloveniji. *Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljublj., Kmet.* 57: 163-167.
- Milevoj, L. 1996. A study on *Aphelinus asychis* Walk. in Slovenia. *Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljublj., Kmet.*, 67: 115-120.
- Milevoj, L. 1999. Rearing of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* Stephens, in the laboratory. *Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljublj., Kmet.*, 73: 65-70.
- Milevoj, L. 1997. Effects of food on the adult coccinellids *Coccinella septempunctata* L. *Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljublj., Kmet.*, 69: 137-140.
- Milevoj, L. 1992. Parazitoida *Aphidius matricariae* Hal. in *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hym., Aphidiidae) na *Rhopalosiphum padi* L. (Hom., Aphididae) v Sloveniji. *Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljublj., Kmet.*, 59: 163-167.
- Nadasy, M., Saringer, G. Y., Lucskai, A., Fodor, A., Samu, Z., Ignacz, J., Budai, C. S., Klein, M. 1999. Effect of entomopathogenic nematodes from the genera *Steinernema* and *Heterorhabditis* on caterpillars of two pest insect species (*Pieris brassicae* L. and *Mamestra brassicae* L.) that damage cruciferous vegetable crops. *IOBC Bull.*, 22: 127-135.
- Nielsen, O., Philipsen, H. 2004. Recycling of entomopathogenic nematodes in *Delia radicum* and other insects from cruciferous crops. *Biol. Control*, 49: 285-294
- Peters, A., Ehlers, R. U. 1994. Susceptibility of leatherjackets (*Tipula paludosa* and *Tipula oleracea*; Tipulidae; Nematocera) to the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. *J. Invertebr. Pathol.*, 63: 163-171.
- Schroeder, P. C., Ferguson, C. C., Shelton, A. M., Wilsey, W. T., Hoffmann, M. P., Petzoldt, C. 1996. Greenhouse and field evaluations of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) for control of cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae) on cabbage. *J. Econ. Entomology* 89: 1109-1115
- Schroer, S., Sulistyanto, D., Ehlers, R. U. 2005. Control of *Plutella xylostella* using polymer-formulated *Steinernema carpocapsae* and *Bacillus thuringiensis* in cabbage fields. *J. Appl. Nematol.* 129: 198-204.

- Singh-Somvanshi, V., Ganguly, S., Paul, A. V. N. 2006. Field efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema thermophilum* Ganguly and Singh (Rhabditida: Steinernematidae) against diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) infesting cabbage. Biol. Control 37: 9-15.
- Statistični urad Republike Slovenije 2005. <http://www.stat.si> (20.10.2006).
- Vänninen, I., Vainio, A., Jaakkola, S. 1992. Attempts to control *Delia* spp. with entomopathogenic nematodes. IOBC Bull., 15: 143-153.
- Weiser, J. 1955. *Neoapectana carpocapsae* n. sp. (Anguillulata, Steiner-nematidae) nový Cizopasník housenek obatecejableneho *Carpocapsa pomonella* L. Vestn. Česk. Zool. Společnosti 19: 44-52.
- Žežlina, I., Milevoj, L., Girolami, V. 2001. Wasp *Neodryinus typhlocybae* Ashmead - successful predator and parasitoid for reducing the population of flatid planthopper (*Metcalfa pruinosa* Say) also in Slovenia. Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljubl., Kmet., 77: 215-225.