

Agrovoc descriptors: biological control, natural enemies, beneficial organisms, biological control agents, insect nematodes, nematoda, thysanoptera, thrips (genus)

Agris category codes: H10

Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta
Oddelek za agronomijo

COBISS koda 1.02

Entomopatogene in entomofilne ogorčice – naravni sovražniki resarjev (Thysanoptera)

Žiga LAZNIK¹, Stanislav TRDAN²

Delo je prispelo 22. decembra 2006, sprejeto 16. oktobra 2007.
Received December 22, 2006; accepted October 16, 2007.

IZVLEČEK

V prispevku so predstavljeni rezultati dosedanjih raziskav delovanja entomopatogenih ogorčic na gospodarsko škodljive resarje (zlasti na vrsto *Frankliniella occidentalis*) in doslej v resarjih ugotovljene vrste entomofilnih (parazitskih) ogorčic (rod *Thripinema*). Zlasti entomopatogene ogorčice bodo v bližnji prihodnosti najverjetneje delno nadomestile insekticide pri zatiranju resarjev in drugih rastlinskih škodljivcev, medtem ko bo potrebno mehanizem delovanja in bionomijo entomofilnih ogorčic za njihovo učinkovitejšo rabo pri zatiranju resarjev v prihodnosti še natančneje preučiti.

Ključne besede: entomopatogene ogorčice, entomofilne ogorčice, parazitske ogorčice, resarji, Thysanoptera, biotično varstvo rastlin

ABSTRACT

ENTOMOPATHOGENIC AND ENTOMOPHILIC NEMATODES - NATURAL ENEMIES OF THRIPS (THYSANOPTERA)

The results of previous research on activity of entomopathogenic nematodes against harmful Thysanoptera species (particularly against *Frankliniella occidentalis*) and so far recorded entomophilic (parasitic) nematodes (*Thripinema* genus) in the body of thrips are presented in the paper. The most probably in the near future entomopathogenic nematodes will partly substitute the insecticides in controlling thrips and other plant pests. The investigation on the mode of action and the bionomics of entomophilic nematodes will be required to improve their activity in controlling thrips.

Key words: entomopathogenic nematodes, entomophilic nematodes, parasitic nematodes, thrips, Thysanoptera, biological control

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

Resarji (Thysanoptera) so na različnih območjih sveta pomembni škodljivci gojenih rastlin. Škodljivi so tako na prostem kot v zavarovanih prostorih, s sesanjem rastlinskega soka pa na nadzemskih delih gostiteljev povzročajo srebrenje listov in cvetov, zvijanje listov ali brazgotinavost plodov. Ob masovnem pojavu lahko resarji vplivajo tudi na odpadanje nadzemskih organov rastlin (Childers, 1997). Resarji so edini prenašalci rastlinam škodljivih virusov iz rodu *Tospovirus*, med katerimi po razširjenosti in gospodarskem pomenu izstopa virus tomato spotted wilt (Kegler et al., 1993). Do nedavno je varstvo rastlin pred resarji temeljilo zlasti na uporabi insekticidov; večkrat pretirana ali drugače neustrezna raba tovrstnih pripravkov pa je na različnih območjih sveta vplivala na pojav rezistence resarjev na nekatere aktivne snovi (Herron and James, 2005).

Biotično varstvo rastlin pred omenjenimi škodljivci pridobiva večji pomen v zadnjem obdobju. Prvotni načini biotičnega zatiranja resarjev so temeljili predvsem na uporabi predatorskih pršic (Acarina: Phytoseiidae in Hypoaspidae) in predatorskih stenic (Heteroptera: Anthocoridae) (Brødsgaard, 2004; Shipp in Ramakers, 2004), vendar pa se ti postopki niso pokazali za dovolj učinkovite (Jacobson, 1997; Castañè et al., 1999). Uporaba entomopatogenih ogorčic (EPO), kot načina biotičnega varstva rastlin pred škodljivimi žuželkami, je dobro znana (Kaya in Gaugler, 1993; Helyer et al., 1995). EPO živijo v sožitju z bakterijami, ki jih ogorčice po vstopu v žrtev sprostijo v hemolimfo gostitelja (Gaugler, 2002). Le infektivne ličinke (IL), ki v posebnih črevesnih veziklih prenašajo simbiotske bakterije, lahko vstopijo v gostitelje (Kaya, 2000). Takšne žuželke navadno umrejo zaradi zastrupitve ali odpovedi nekaterih organov v obdobju od 24 do 72 ur (Smart, 1995; Forst in Clarke, 2002). V nekaterih raziskavah so EPO potrdili za učinkovite biotične agense pup (bub) cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) (Helyer et al., 1995; Ebssa et al., 2001b; Premachandra et al. 2003a). V zadnjih letih strokovnjaki intenzivno preučujejo načine foliarne aplikacije suspenzije EPO z napravami za nanos fitofarmaceutskih sredstev. V tej zvezi je bila doslej za zatiranje nadzemskih stadijev resarjev najbolj intenzivno preučevana ogorčica *Steinernema fetiae* (Filipjev) (Rhabditida: Steinernematidae) (Lello et al., 1996).

Za entomofilne ali (entomo)parazitske ogorčice iz rodu *Thripinema* (Tylenchida: Allantonematidae) je bilo dokazano, da lahko parazitirajo več vrst resarjev (Sharga, 1932; Nickle in Wood, 1964; Wilson in Cooley, 1972; Reddy et al., 1982; Greene in Parrella, 1993; Tipping et al., 1998). Omenjene ogorčice so obligatni paraziti, ki povzročajo sterilnost napadenih resarjev, ne povzročijo pa njihove hitre smrti. Zato niso neposredno uporabne v biotičnem varstvu rastlin pred resarji (Nickle in Wood, 1964; Reddy et al., 1982; Greene in Parrella, 1993). Znanih je več vrst entomoparazitskih ogorčic resarjev, med učinkovitejše pa štejemo vrste *Thripinema nicklewoodi* (Siddiqi), *T. khrustalevi* (Chizov et al.), *T. fuscum* Tipping & Nguyen, *T. reniraoi* (Reddy, Nickle & Rao) in *T. aptini* (Sharga) (Stavisky et al., 2001). Razumevanje njihove bionomije in delovanja na resarje je zaenkrat tudi v strokovnih krogih bolj skromno (Lim et al., 2001).

2 ENTOMOPATOGENE OGORČICE

2.1 Cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* [Pergande])

Cvetlični resar, ki je bil v Evropo vnesen v začetku 80-ih letih prejšnjega stoletja, se je v slabem desetletju razširil po vsej Stari celini. Kot značilna toploljubna žuželka je danes v večini evropskih držav razširjen zlasti v zavarovanih prostorih, kjer je neposredno (sesanje) ali posredno (prenos tospovirusov) škodljiv zlasti na vrtninah in okrasnih rastlinah (Kirk and Terry, 2003). Zaradi majhnosti, prikritega načina življenja in polifagnosti je zatiranje cvetličnega resarja, ki je bil v preteklih letih tudi v Sloveniji načrtno preučevan (Trdan in Milevoj, 2000), zelo zahtevno (Ullio, 2002). Uporaba EPO (Rhabditida: Steinernematidae in Heterorhabditidae) za zatiranje resarjev v nekaterih evropskih državah vse bolj pridobiva na pomenu (Gutierrez et al., 2005; Kaya et al., 2006). Prve raziskave teh biotičnih agensov za zatiranje resarjev na Stari celini so stare približno desetletje.

Že leta 1996 so v Izraelu preučevali učinkovitost različnih vrst EPO proti prepupam in pupam istega škodljivca, in sicer ogorčic *S. riobravisa*, *S. feltiae* in *Heterorhabditis bacteriophora*. Najboljše delovanje je pokazala vrsta *H. bacteriophora* (36-49% smrtnost resarjev), medtem ko sta bili ogorčici iz rodu *Steinernema* precej manj učinkoviti (okrog 10% učinkovitost). Pri višji koncentraciji suspenzije (10000 IL/ml) vrste *H. bacteriophora* je bila smrtnost cvetličnega resarja precej višja (41,8-73,4%) kot pri nižji koncentraciji (500 IL/ml), kjer je bila ta med 35 in 50%. Za vse tri vrste ogorčic so izračunali tudi vrednosti LC_{50} ; te so znašale za vrsto *H. bacteriophora* 143 IL, za vrsto *S. feltiae* 182 IL in za vrsto *S. riobravisa* 262 IL/cm² talnega površja (Chyzik et al., 1996).

Leta 2001 je Ebssa s sodelavci v laboratorijskih razmerah preučeval učinkovitost šestih ras EPO za zatiranje resarja *F. occidentalis*. V poskus so bile vključene rase *H. bacteriophora* HK3, *H. bacteriophora* HB Brečan, *S. feltiae* Sylt, *S. feltiae* OBSIII, *S. feltiae* CR ter *S. carpocapsae* DD136. Vse rase so se izkazale kot zelo učinkovite za zatiranje talnih stadijev škodljivca. Najbolj virulentne so bile rase *S. feltiae* Sylt, *S. carpocapsae* DD136 in *H. bacteriophora* HK3. Rasa *S. feltiae* OBSIII je bila najbolj virulentna za drugi stadij ličink in prepupe v nadpovprečno vlažnih talnih razmerah, njena učinkovitost pa je bila precej slabša v suhih tleh (Ebssa et al., 2001a). Pri koncentraciji suspenzije 400 IL/cm² je bila dosežena do 60% smrtnost škodljivca, zadovoljiv odstotek smrtnosti (30-50%) pa je bil dosežen tudi pri nižjih koncentracijah suspenzije (100-200 IL/cm²) (Ebssa et al., 2001a).

Omenjene raziskovalce je zanimal tudi morebiten sinergizem EPO in plenilske pršice *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Acarina: Laelapidae) pri zatiranju talnih razvojnih stadijev cvetličnega resarja. Pri tem so v poskus vključili iste vrste EPO (Ebssa et al., 2001a). Ugotovili so, da se je odstotek smrtnosti škodljivca (~80%) znatno povečal, če so ob sočasni aplikaciji suspenzije ogorčic s koncentracijo 400 IL/cm² in 2800 pršic/m² tretirali talne razvojne stadije resarja. To odkritje nedvomno odpira nekatere nove možnosti biotičnega zatiranja škodljivca (Ebbsa, 2005). Enak poskus je bil ponovljen tudi naslednje leto, a rezultati niso signifikantno odstopali od rezultatov prvega (Premachandra et al., 2003b).

V sorodni laboratorijski raziskavi so preučevali učinkovitost ogorčic *S. arenarium* Anomali, *S. carpocapsae* DD136, *S. carpocapsae* Agriotos, *S. feltiae* Sylt, *S. feltiae* Hybrid 1, *Steinernema* sp. Marocco, *H. bacteriophora* HD01, *H. bacteriophora* HK3 in *H. bacteriophora* Hybrid 2. Najbolj učinkoviti sta bili rasi *S. feltiae* Sylt in *H. bacteriophora* HD01, ki sta povzročili 65 oz. 59% smrtnost ličink cvetličnega resarja. Rasi *S. carpocapsae* Agriotos in *S. arenarium* Anomali sta bili s 40 oz. 45% učinkovitostjo zadovoljivo uspešni. Ostale rase se v poskusu niso signifikantno razlikovale od kontrole. Učinkovitost omenjenih ogorčic je bila boljša pri koncentracijah višjih od 400 IL/cm², ugotovili pa so tudi, da lahko rasi *H. bacteriophora* HK3 in *S. feltiae* Sylt v tleh preživita najmanj 6 dni - v tem obdobju lahko IL vstopijo v talne razvojne stadije škodljivca (Premachandra, 2003a).

Delovanje ras *S. carpocapsae* DD136 in *H. bacteriophora* HK3 na starejše ličinke cvetličnega resarja so preučevali pri dveh koncentracijah suspenzije ogorčic, 200 in 400 IL/cm². Ogorčice iz rodu *Heterorhabditis* so je izkazala za bolj učinkovite (76% stopnja smrtnosti ličink), medtem, ko je bil soj iz rodu *Steinernema* manj učinkovit (37% stopnja smrtnosti ličink) (Belay et al., 2005). Rezultati raziskave so potrdili dejstvo, da so za zatiranje cvetličnega resarja precej bolj učinkovite vrste iz rodu *Heterorhabditis* kot ogorčice iz rodu *Steinernema* (Chyzik et al., 1996; Premachandra et al., 2003a).

Pomembno odkritje je sledilo leta 2004, ko so preučevali učinkovitost ogorčic *S. bicornutum* in *H. indica*, v odvisnosti od globine talnih razvojnih stadijev cvetličnega resarja in koncentracije suspenzije ogorčic (100 in 400 IL/cm²). Za vrsto *S. bicornutum* so ugotovili, da je, ne glede na koncentracijo suspenzije ogorčic, mnogo bolj učinkovita do globine 3 cm kot pa v plasti od 3 do 5 cm (57 oz. 5%). Globina ni imela vpliva na učinkovitost ogorčic *H. indica*, vendar pa je bila dosežena zadovoljiva stopnja učinkovitosti v globlji plasti le pri višji koncentraciji suspenzije. Kar 80% ličink resarja se je nahajalo v nižji plasti tal, zato so avtorji sklepali, da je globina, kjer se nahajajo ličinke, zelo pomemben dejavnik pri zatiranju cvetličnega resarja z EPO (Ebbsa et al., 2004c).

Poleg omenjenih laboratorijskih poskusov je Ebbsa (2001ab) preučeval tudi učinkovitost EPO za zatiranje vrste *F. occidentalis* v poljskih razmerah, in sicer na fižolu. V poskus so bile vključene ogorčice *S. feltiae*, *S. carpocapsae* DD136 in *H. bacteriophora* HK3. Pri koncentraciji suspenzije 1000 IL/cm² tal je bila številčnost obravnavanega škodljivca zmanjšana za 70% (Ebbsa, 2005). Rezultati tega poskusa so bili med prvimi, ki so nakazovali na možnost foliarnega zatiranja škodljivca, kar je bilo dotlej le predmet razprav (Ebbsa et al., 2001ab; Premachandra, 2003a).

Dosedanji poskusi foliarnega zatiranja rastlinskih škodljivcev z EPO so bili z nekaj svetlimi izjemami načeloma manj uspešni od tistih, kjer je bilo zatiranje usmerjeno na talne razvojne stadije (Shapiro-Ilan et al., 2006). Uporaba omenjenih agensov v biotičnem varstvu rastlin je bila do pred nekaj leti tradicionalno vezana na zatiranje talnih škodljivcev (Hazir et al., 2004). Rezultati raziskav v zadnjih dveh desetletjih pa kažejo na njihov potencial tudi pri zatiranju nadzemskih škodljivcev, vendar le pod določenimi pogoji (Begley, 1990; Arthurs et al., 2004). Slabša učinkovitost

EPO pri zatiranju nadzemskih stadijev škodljivcev je predvsem posledica neustrezne (prenizke) vlage (Lello et al., 1996), izpostavljenosti temperaturnim ekstremom (Grewal et al., 1994a) in ultravijoličnemu sevanju (Gaugler in Boush, 1978; Gaugler et al., 1992a). Ti dejavniki so namreč ključni za preživetje ogorčic (Gaugler, 2002). Zato ogorčice slabše delujejo na nadzemne škodljivce na prostem, čeprav predhodni laboratorijski testi pokažejo precej večjo učinkovitost (Berry in Lewis, 1993). Zatiranje resarjev na nadzemskih delih rastlin, to je njihovih ličink in odraslih osebkov, je bilo doslej relativno slabo preučevano, vendar se število takšnih raziskav v zadnjih letih povečuje (Wardlow et al., 2001; Benninson et al., 1998; Buitenhuis in Shipp, 2005; Tomalak et al., 2005).

Leta 2003 so ugotavljali vpliv temperature na učinkovitost EPO pri iskanju gostiteljev in s tem tudi na njihovo stopnjo smrtnosti. Znano je namreč, da imajo ti biotični agensi različne strategije iskanja njihovih žrtev (Koppenhöfer et al., 1996). Tako poznamo strategijo »sedi in čakaj« (angl. »sit and wait«) in njej nasprotno »hodi in išči« (angl. »walk and search«). V poskus sta bili vključeni vrsti *H. indica* in *S. bicornutum*. Prva se je najbolj izkazala pri 25°C. Pri koncentraciji suspenzije 400 IL/cm² je bila njena učinkovitost kar 84%, medtem ko je bila ta pri najnižji koncentraciji (100 IL/cm²) le 49 %. Za omenjeno vrsto je znano, da izhaja iz tropov in ji ustrezajo nekoliko višje temperature. Zato ni bilo presenetljivo, da je ogorčica tudi pri 30°C in koncentraciji suspenzije 400 IL/cm² vplivala na 77% smrtnost talnih razvojnih stadijev cvetličnega resarja. Zadovoljivo učinkovitost (36%) je ista vrsta pri tako visoki temperaturi pokazala tudi pri nižji koncentraciji (100 IL/cm²) (Ebssa et al., 2003). Vrsta *S. bicornutum*, za katero je znano, da ima večjo stopnjo infektivnosti pri nekoliko nižjih temperaturah (Griffin, 1993; Glazer, 2002), se je najbolj izkazala pri 25°C in koncentraciji 400 IL/cm². V takšnih razmerah je bila smrtnost resarja 47%. Pri 20°C in enaki koncentraciji suspenzije ogorčice je bila smrtnost škodljivca nekoliko manjša, in sicer 34%. Pri 30 ter 35°C in enaki koncentraciji je bila učinkovitost biotičnega agensa primerljiva s kontrolo (Ebssa s sod., 2003; Ebssa, 2005). Podobne rezultate so ugotovili tudi pri nižji koncentraciji suspenzije (100 IL/cm²), saj je bila ogorčica najbolj učinkovita pri 25°C (39%), medtem ko se pri ostalih temperaturah (20, 30 in 35°C) njeno delovanje ni razlikovalo od kontrole (Ebssa et al., 2003). Vzrok za manjšo učinkovitost vrste *H. indica* pri 20°C so pripisali dejstvu, da je ogorčica pri tej temperaturi manj mobilna in ima zato manjšo sposobnost infektivnosti kot pri višjih temperaturah (Ebssa, 2005).

Pomemben dejavnik učinkovitosti EPO je tudi stopnja nasičenosti tal z vodo (Molyneus in Bedding, 1984; Koppenhöfer et al., 1995; Fujii et al., 1996; Grant in Villani, 2003). V enem od poskusov so želeli preučiti vpliv različnih stopenj (67, 78, 88 in 95%) nasičenosti tal z vodo in različnih koncentracij suspenzije ogorčic (100 in 400 IL/cm²) na učinkovitost ogorčic *H. indica* in *S. bicornutum* pri zatiranju cvetličnega resarja. Ugotovili so, da je bila ogorčica *S. bicornutum* bolj učinkovita pri obeh koncentracijah, če je bila nasičenost tal z vodo večja (Ebssa et al., 2004b). Vrsta *H. indica* je pokazala pri višji stopnji zasičenosti tal z vodo boljše delovanje pri nižji koncentraciji. Najboljše delovanje ogorčic so ugotovili pri 88% stopnji zasičenosti tal z vodo, kjer so pri nižji koncentraciji vplivale na 44% smrtnost škodljivca, pri višji koncentraciji pa na njegovo 60% smrtnost (Ebssa et al., 2004b).

Pri večji nasičenosti tal z vodo je ogorčica *H. indica* bolj mobilna (Ebbsa, 2005) in kot takšna lažje doseže svoje žrtve (Ehlers, 2001). Pri manj mobilni vrsti *S. bicornutum* (Gaugler, 2002) lahko večja stopnja zasičenosti tal z vodo vpliva na migracijo ogorčic v globlje plasti tal (Ebbsa et al., 2004b). To dejstvo lahko pojasni slabšo učinkovitost vrste *S. bicornutum* pri nižji koncentraciji. Pri večji koncentraciji suspenzije ogorčic bi bila njihova aktivnost v smislu zatiranja talnih razvojnih stadijev cvetličnega resarja večja predvsem zaradi njihove enakomernejše razporeditve po različnih globinah (Ebbsa, 2005).

Buitenhuis in Shipp (2005) sta opravila poskus zatiranja cvetličnega resarja na krizantemah v rastlinjaku z EPO *S. feliae*. Ugotovila sta, da je bila stopnja smrtnosti škodljivca pri koncentracijah suspenzije ogorčic nad 20000 IL/ml le od 28 do 37%, pri čemer sta bila najbolj občutljiva razvojna stadija prepupa (predbuba) in pupa (buba).

Delovanje različnih vrst EPO na ličinke cvetličnega resarja so v laboratorijskih razmerah preučevali tudi v Sloveniji (Perme, 2005). V poskus so bile vključene vrste *H. bacteriophora*, *H. megidis*, *S. carpocapsae* in *S. feltiae*, njihovo aktivnost pa so preučevali pri treh koncentracijah suspenzije (500, 1000 in 5000 IL/ml), treh temperaturah (15, 20 in 25°C). Najbolj učinkovita vrsta je bila *H. bacteriophora*, ki je peti dan po aplikaciji vplivala na 84% smrtnost ličink škodljivca. Rezultati so potrdili znano dejstvo, da so za zatiranje cvetličnega resarja bolj učinkovite vrste iz rodu *Heterorhabditis* (Chyzik et al., 1996; Premachandra et al., 2003a). Pri najvišji koncentraciji suspenzije sta bili najbolj učinkoviti ogorčici *H. bacteriophora* (92%) in *H. megidis* (71%), pri najnižji pa *S. carpocapsae* (90%) in *S. feltiae* (82%). S temi rezultati so potrdili znano dejstvo, da je aktivnost ogorčic bolj odvisna od temperature kot od koncentracije, saj so bile vse štiri vrste ogorčic bolj učinkovite pri 25°C kot pri nižjih temperaturah. Vrsti iz rodu *Steinernema* sta pokazali dovolj visoko stopnjo učinkovitosti pri nižjih koncentracijah, kar predstavlja prednost v biotičnem zatiranju škodljivca z EPO v povezavi z manjšimi stroški njihove uporabe (Perme, 2005).

2.2 Resarja *Hercinothrips femoralis* (Reuter) in *Thrips palmi* Karny

V Sloveniji so potekale tudi raziskave ugotavljanja učinkovitosti EPO *S. feltiae* in *H. bacteriophora* za zatiranje resarja *Hercinothrips femoralis*. Pri foliarni aplikaciji suspenzije s koncentracijo 1000 IL/ml ali 200 IL/osebke sta bili obe vrsti relativno učinkoviti pri zatiranju ličink in odraslih osebkov resarja, pri čemer sta bolj uspešno zatrli ličinke. Obe vrsti ogorčic sta največjo učinkovitost dosegli pri 25°C, neodvisno od temperature in vrste ogorčic pa je bila povprečna korigirana smrtnost pri ličinkah 37,7%, pri odraslih osebkih pa le 15,4%. Med učinkovitostjo obeh vrst EPO ni bilo signifikantnih razlik (Kužnik, 2006). Glede na rezultate predhodnih raziskav (Chyzik et al., 1996; Premachandra et al., 2003b) je avtor pričakoval različno učinkovitost obeh biotičnih agensov pri zatiranju resarja. Nepričakovano slabšo učinkovitost vrste *H. bacteriophora* pa lahko v tem poskusu pripišemo specifičnemu soju preučevane ogorčice. Iste vrste EPO namreč izolirajo na različnih območjih sveta (Ebbsa, 2005), rezultati številnih raziskav pa kažejo, da se različni izolati istih vrst ogorčic med seboj zelo razlikujejo v učinkovitosti za zatiranje

rastlinskih škodljivcev (Premachandra 2003b; Ebssa, 2005). Chyzik in sod. (1996) so med drugim ugotovili, da je ogorčica *H. bacteriophora* soj HP88 zelo učinkovita pri zatiranju resarjev, medtem ko je drug soj (IS5) iste vrste precej slabše učinkovit. Podobne rezultate kažejo tudi nekatere druge raziskave (Premachandra 2003b; Ebssa, 2005). Rezultati sorodne raziskave, kjer so preučevali učinkovitost vrste *S. feltiae* za zatiranje ličink resarja *Thrips palmi* Karny so pokazali, da je bil preučevani biotični agens učinkovit zlasti pri zatiranju ličink škodljivca (North et al., 2006).

3 ENTOMOFILNE ALI (ENTOMO)PARAZITSKE OGORČICE

Te ogorčice so bile prvič najdene v Evropi (Uzel, 1895) in Severni Ameriki (Russell, 1912), vendar tedaj nobene vrste niso natančno opisali. Šele Sharga (1932) je opisal prvo vrsto in jo poimenoval z *Tylenchus aptini*, saj jo je našel v resarju *Aptinothrips rufus* (Haliday). Lysaght (1937) je za isto vrsto predlagal znanstveno ime *Anguillulina aptini*. Wachek (1955) je vrsto nadalje uvrstil v rod *Howardula*. Nickle in Wood (1964) sta poročala, da je vrsta *Howardula aptini* parazitirala resarja *Frankliniella vaccinii* Morgan in resarja *Taeniothrips vaccinophilus* Hood.

Siddiqi (1986) je rod preimenoval v *Thripinema*, s tem pa je preimenoval vrste, ki so jih pred njim že opisali Sharga (1932), Nickle in Wood (1964) ter Reddy et al. (1982) kot *T. aptini*, *T. nicklewoodi* in *T. reniraoi*. Chizov in sodelavci (1995) so opisali vrsto *Thripinema khrustalevi*, ki so jo našli v resarjih *Thrips trehernei* Prisner in *T. physapus* Linnaeus. Leta 1998 so Tipping in sodelavci opisali ogorčico *T. fuscum*, ki so jo našli v resarju *Frankliniella fusca* Hinds na kikirikiju. Teulon in sodelavci (1997) so poročali o najdbi dotlej neznanе vrste iz rodu *Thripinema*, ki jo je našel v resarju *Thrips obscuratus* Crawford na Novi Zelandiji. Trenutno je znanih osem vrst resarjev, ki so gostitelji ogorčic iz roda *Thripinema*; *Aptinothrips rufus* (Haliday) (Sharga, 1932), *Frankliniella vaccinii* Morgan in *Taeniothrips vaceinophilus* Hood (Nickle in Wood, 1964), *F. occidentalis* (Wilson in Cooley, 1972), *Megaluriothrips* spp. (Reddy et al., 1982), *Microcephalothrips abdominalis* (Crawford), *F. schultzei* (Trybom) (Varatharajan, 1985) in *Thrips obscuratus* Crawford (Teulon et al., 1997).

3.1 *Thripinema nicklewoodi* (Siddiqi)

Entomoparazitska vrsta *Thripinema nicklewoodi* je bila prvič opisana leta 1964 (Siddiqi, 1986). Green in Parrella (1993) sta poročala, da je bilo med vzorčenimi populacijami cvetličnega resarja v Kaliforniji z entomoparazitsko ogorčico *T. nicklewoodi* parazitiranih od 19 do 33% nabranih osebkov. Lim in Van Driesche (2005) sta s poskusom želela dokazati, da lahko vrsta *T. nicklewoodi*, ki je obligatni parazit resarja *F. occidentalis*, parazitira tudi nekatere druge vrste resarjev. V poskus sta vključila vrste *Thrips tabaci* Lindeman, *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) in *Frankliniothrips orizabensis* Johansen. Le tobakov resar se je izkazal za primerneга gostitelja ogorčice *T. nicklewoodi*, saj se stopnja njegovega parazitiranja ni signifikantno razlikovala od stopnje parazitiranja kontrolnega vzorca, to je vrste *F. occidentalis*.

Rezultati preteklih študij so kazali, da omenjena entomoparazitska ogorčica parazitira le samice resarjev (Wilson in Cooley, 1972; Varatharajan, 1985; Greene in Parrella, 1993; Teulon et al., 1997). Lim in sodelavci (2001) pa so prvi dokazali, da lahko omenjene ogorčice napadejo tudi samce cvetličnega resarja, in to celo v večjem številu kot samice. Največji odstotek parazitiranosti so avtorji ugotovili pri resarjevih ličinkah drugega stadija (70%), predbubah (63%) in ličinkah prvega stadija (63%). Raziskava je tudi dokazala, da je izločanje ogorčic iz napadenih resarjev stalno, število novo napadenih resarjev pa se povečuje (Lim et al., 2001). Skoraj vse ogorčice, ki so vstopile v gostitelje, so bile samice (Lim et al., 2001; Mason in Heinz, 2002), kar nakazuje na to, da se ogorčice pariyo preden vstopijo v gostitelja (Lim et al., 2001). Več entomoparazitskih ogorčic je bilo najdenih v odraslih samicah resarjev, predvsem na račun velikosti samic, ki so večje od samcev. Ugotovljeno je tudi bilo, da ogorčice, ki parazitirajo odrasle osebe resarjev, v večji meri vplivajo na zmanjšanje preživetja obeh spolov njihovih žrtev, v primerjavi s parazitiranjem mlajših stadijev. Znano je, da se okuženi samci resarjev manj intenzivno hranijo kot okužene samice (Van de Wetering et al., 1998) in zato ogorčice hitreje izčrpajo prav samce, s čimer pomembneje vplivajo na dolžino njihove življenjske dobe. Življenjska doba zdravih (76 dni) in parazitiranih (46 dni) samic cvetličnega resarja je zato pri 24°C precej daljša kot pri zdravih (33 dni) in okuženih samcih (21 dni) (Lim et al., 2001).

Arthurs in sodelavci (2003) poročajo o podobnih rezultatih delovanja ogorčice *T. nicklewoodi* kot je bilo ugotovljeno v predhodnih raziskavah (Lim et al., 2001; Mason in Heinz, 2002). Pomembno odkritje njihove raziskave pa je bilo, da je bila učinkovitost parazitiranja (60%) cvetličnega resarja s strani omenjene ogorčice v rastlinjaku najboljša pri 15°C, s povečevanjem temperature pa se je njena aktivnost manjšala (pri 30°C je bila le še 15%). Temperatura 15°C je v rastlinjakih na območju, kjer je potekala pričujoča raziskava, okvirno v sredini marca, in to naj bi bilo obdobje, ko bi bilo ustrezno parazitirane resarje naseliti v rastlinjake (Arthurs et al., 2003). Sorodna študija je pokazala zadovoljivo učinkovitost ogorčice *T. nicklewoodi* že pri 10°C (Katayama, 1997), kar nakazuje, da bi s tovrstnim biotičnim zatiranjem cvetličnega resarja v rastlinjakih lahko začeli že zgodaj spomladi. Ko bi se temperatura zraka zvišala, bi lahko v program biotičnega varstva vključili EPO, za večino katerih je znano, da so najbolj učinkovite v temperaturnem območju med 20 in 25°C (Arthurs in Heinz, 2006).

3.2 *Thripinema fuscum* Tipping & Nguyen

Ta entomoparazitska ogorčica je bila najdena šele leta 1995 v resarju *Frankliniella fusca* (Hinds). Dosedanje raziskave so pokazale, da ogorčica parazitira oba spola omenjenega resarja. Samice ogorčic vstopajo v žrtev skozi intersegmentalne membrane gostitelja. Po vstopu v gostitelja ogorčica nabrekne, kar je značilno za ogorčice iz roda *Thripinema* (Tipping et al., 1998). V posameznem gostitelju lahko najdemo tudi do 200 ogorčic (Tipping et al., 1998). Dokazano je bilo, da je lahko ob veliki številčnosti ogorčic v okolju parazitiranih več kot 80% resarjev (Funderburk et al., 2002). Za vrsto *T. fuscum* je bilo ugotovljeno, da lahko parazitira tudi resarja *F. occidentalis* in *F. tritici* (Fitch) (Stavisky et al., 2001).

Ko so Lim in sodelavci (2001) dokazali, da vrsta *T. nicklewoodi* najlažje parazitira mlajše razvojne stadije cvetličnega resarja, so do podobnih sklepov z vrsto *T. fuscum* v istem škodljivcu prišli tudi Funderburk in sodelavci (2002). Resar *F. fusca* je bil s slednjo ogorčico najmočnejše (63%) okužen med majem in avgustom. Z zmanjševanjem številčnosti populacije resarja *F. fusca* zaradi parazitske ogorčice *T. fuscum* se zmanjšuje tudi okužba z virusom tomato spotted wilt, ki ga omenjeni resar sicer prenaša (Funderburk et al., 2002). Loomans in sodelavci (1997) poročajo, da takšen parazitizem samic *F. fusca* vpliva na njihovo manjšo produkcijo jajčec, s tem pa se zmanjša tudi številčnost populacije resarja.

3.3 *Thripinema khrustalevi* (Chizov et al.)

Za to entomoparazitsko ogorčico je bilo ugotovljeno, da parazitira resarja *Frankliniella australis* (Morgan). Raziskave so pokazale, da je parazitiranost resarjevih samic (84%) večja od parazitiranosti samcev (60%). Stopnja parazitiranosti resarjev je bila večja v toplejšem obdobju leta. Doslej še ni bilo ugotovljeno, da bi omenjena ogorčica parazitirala drugih vrst resarjev. Parazitirane samice imajo v primerjavi z neparazitiranimi manjše ovarije in ne morejo proizvajati jajčec (Funderburk et al., 2002).

4 ZAKLJUČKI

Entomopatogene in entomofilne ali (entomo)parazitske ogorčice predstavljajo potencial za uporabo v biotičnem zatiranju resarjev na različnih območjih sveta. Pričakujemo, da bo njihov pomen v rastlinski pridelavi v Sloveniji v prihodnjih letih večji kot je danes, ko podatkov o zastopanosti parazitskih ogorčic še nimamo, domače raziskave EPO pa so bile doslej vezane le na laboratorijsko delo, saj imajo ti agensi pri naš še vedno status tujerodnih organizmov. Zlasti zadovoljivo delovanje EPO - večino pomembnejših raziskav povzema ta prispevek – nas navdaja z realno željo, da bodo že v bližnji prihodnosti za zatiranje resarjev in drugih rastlinskih škodljivcev uporabljene tudi v Sloveniji.

Entomoparazitske ogorčice bodo v prihodnosti zagotovo v večji meri podvržene temeljnim raziskavam, z namenom, da bi bolj natančno spoznali njihov mehanizem delovanja in bionomijo, s čimer bi jih bilo mogoče v večji meri kot doslej vključiti v okolju sprejemljive sisteme zatiranja rastlinskih škodljivcev. S prihodnjim preučevanjem in uporabo obeh skupin biotičnih agensov pa želimo prispevali k okolju prijaznejši pridelavi živeža v Sloveniji.

5 ZAHVALA

Prispevek je nastal s finančno pomočjo Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo in Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano v okviru projektov L4-6477-0481-04 in Hortikultura P4-0013-0481.

6 VIRI

- 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.
- Arthurs, S., Heinz, K. M. 2006. Evaluation of the nematodes *Steinernema feltiae* and *Thripinema nicklewoodi* as biological control agents of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* infesting chrysanthemum. Biocontrol Sci. Technol. 16: 141-155.
- Arthurs, S., Heinz, K. M., Thompson, S., Krauter, P. C. 2003. Effect of temperature on infection, development and reproduction of the parasitic nematode *Thripinema nicklewoodi* in *Frankliniella occidentalis*. BioControl 48: 417-429.
- Begley J. W. 1990. Efficacy against insects in habitats other than soil. V: Entomopathogenic nematodes in biological control (ur. Gaugler in Kaya). Florida, CRC Boca Raton: 215-231.
- Belay, D., Ebssa, L., Borgemeister, C. 2005. Time and frequency of applications of entomopathogenic nematodes and their persistence for control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Nematology 7: 611-622.
- Berry, E. C., Lewis, L. C. 1993. Interactions between nematodes and earthworms: enhanced dispersal of *Steinernema carpocapsae*. J. Nematol. 25: 189-192.
- Brødsgaard, H. F. 2004. Biological control of thrips on ornamental crops. V: Biocontrol in protected culture (ur. Heinz et al.). Batavia, Ball Publ.: 253-264.
- Buitenhuis, R., Shipp, J. L. 2005. Efficacy of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) as influenced by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) developmental stage and host plant stage. J. Econ. Entomol. 98: 1480-1485.
- Castañe, C., Riudavets, J., Yano, E. 1999. Biological control of thrips. V: Integrated pest and disease management in greenhouse crops (ur. Albajes et al.). Dordrecht, Kluwer Acad. Publ.: 244-253.
- Childers, C. C. 1997. Feeding and oviposition injuries to plants. V: Thrips as crop pests (ur. Lewis, T.). Wallingford, CABI: 505-537.
- Chizov, V. N., Subbotin, S. A., Zakharenkova, N. N. 1995. *Thripinema khrustalevi* sp. n. (Tylenchida: Allantonematidae), a parasite of Thrips (Thysanoptera) in Moscow. Russ. J. Nematol. 3: 89-94.
- Chyzik, R., Glazer, J., Klein, M. 1996. Virulence and efficacy of different entomopathogenic nematode species against western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). Phytoparasitica 24: 103-110.
- Ebssa, L. 2005. Efficacy of entomopathogenic nematodes for the control of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*, Ph.D. Thesis, Hannover University: 141 str.
- Ebssa, L., Borgemeister, C., Berndt, O., Poehling, H.-M. 2001a. Efficacy of entomopathogenic nematodes against soil-dwelling life stages of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera:Thripidae). Journal of invertebrate pathology 78, 119-127.
- Ebssa, L., Borgemeister, C., Berndt, O., Poehling, H.-M. 2001b. Impact of entomopathogenic nematodes on different soil-dwelling life stages of western flower thrips,

Frankliniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae) in the laboratory and under semi-field conditions. *Biocontrol Sci. Technol.* 11: 515-525.

- Ebssa, L., Borgemeister, C., Poehling, H.-M. 2003. Effects of host density and temperature on the efficacy of entomopathogenic nematodes for the control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.* 17: 25-26.
- Ebssa, L., Borgemeister, C., Poehling, H.-M. 2004b. Effects of post-application irrigation and substrate moisture on the efficacy of entomopathogenic nematodes against western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Entomol. Exp. Appl.* 112: 65-72.
- Ebssa, L., Borgemeister, C., Semrau, J., Poehling, H.-M. 2004c. Efficacy of entomopathogenic nematodes against western flower thrips *Frankliniella occidentalis* at different pupation depths. *Nematology* 6, 495-505.
- Ehlers, R.-U. 2001. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56: 523-633.
- Forst, S., Clarke, D., 2002. Bacteria-nematode symbiosis. V: Entomopathogenic Nematology (ur. Gaugler, R.). Wallingford, CABI: 57-77.
- Fujiie, A., Takata, Y., Tachibana, M., Yokoyama, T. 1996. Insecticidal activity of an entomopathogenic nematode, *Steinernema kushidai* (Nematoda: Steinernematidae) against *Anomala cuprea* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae under different soil moisture conditions. *Appl. Entomol. Zool.* 31: 453-454.
- Funderburk, J., Stavisky, J., Tipping, C., Gorbet, D., Momol, T., Berger, R. 2002. Infection of *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae) in peanut by the parasitic nematode *Thripinema fuscum* (Tylenchidae: Allantonematidae). *Environ. Entomol.* 31: 558-563.
- Gaugler R. 2002. Entomopathogenic Nematology. New Jersey, CABI Publishing: 373 str.
- Gaugler R., Bednarek A., Campbell J. F. 1992a. Ultraviolet inactivation of heterorhabditids and steinernematids. *J. Invertebr. Pathol.* 59: 155-160.
- Gaugler R., Boush G. M. 1978. Effects of ultraviolet radiation and sunlight on the entomopathogenic nematode, *Neoplectana carpocapsae*. *J. Invertebr. Pathol.* 32: 291-296.
- Glazer, I. 2002. Survival Biology. V: Entomopathogenic Nematology (ur. Gaugler, R.). Wallingford, CABI: 169-187.
- Grant, J. A., Villani, M. G. 2003. Soil moisture effects on entomopathogenic nematodes. *Environ. Entomol.* 32: 80-87.
- Greene, I. D., Parrella, M. P. 1993. An entomophilic nematode, *Thripinema nicklewoodii* and an endoparasitic wasp, *Ceranisus* sp. parasitizing *Frankliniella occidentalis* in California. *IOBC/WPRS Bull.* 16: 47-50.
- Grewal, P. S., Selvan S., Gaugler R. 1994a. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. *J. Therm. Biol.* 19: 245-253.
- Griffin, C.T. 1993. Temperature responses of entomopathogenic nematodes: implications for the success of biological control program. V: Nematodes and the biological control of insect pests (ur. Bedding et al.). East Melbourne, CSIRO: 115-125.

- Gutierrez, C., Campos-Herrera, R., Jimenez, J., Escuer, M., Labrador, S., Rivera, Y. 2005. Control de plagas en agricultura ecologica. eficacia de nematodos entomopatogenos. Alimentaria 42: 62-67.
- 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.
- Helyer, N. L., Brobyn, P. J., Richardson, P. N., Edmonson, R. N. 1995. Control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) pupae in compost. Annu. Appl. Biol. 127: 405-412.
- Herron, G. A., James, T. M. 2005. Monitoring **insecticide resistance** in Australian *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) detects fipronil and spinosad **resistance**. Aust. J. Entomol. 44: 299-303.
- Jacobson, R. J. 1997. IPM in glasshouses. V: Thrips as crop pests (ur. Lewis, T.). Wallingford, CABI: 639-666.
- Katayama, H. 1997. Effect of temperature on development and oviposition of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 41: 225-231.
- Kaya H. K. 2000. Entomopathogenic nematodes and their prospects for biological control in California. V: California conference on biological control (ur. Hoddle M. S.). Riverside: 38-46.
- Kaya, H. K., Aguillera, M. M., Alumai, A., Choo HoYul Torre, M., de la Fodor, A., Sudershan Ganguly Hazr, S., Lakatos, T., Pye, A., Wilson, M., Yamanaka, S., Yang HuaiWan, Ehlers, R. U. 2006. Status of **entomopathogenic nematodes** and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. Biol. Control 38: 134-155.
- Kaya, H. K., Gaugler, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. Annu. Rev. Entomol. 38: 181-206.
- Kegler, H., Ehrig, F., Fuchs, E., Kleinhanns, C. 1993. **Tomato spotted wilt virus** is already distributed worldwide. Gartenbau Mag. 2: 43-45.
- Kirk, W. D. J., Terry, L. I. 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Agric. For. Entomol. 5: 301-310.
- Koppenhöfer, A. M., Baur, M. E., Kaya, H. K. 1996. Competition between two steinernematid nematode species for an insect host at different soil depths. J. Parasitol. 82: 34-40.
- Koppenhöfer, A. M., Kaya, H. K., Taormino, S. P. 1995. Infectivity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae) at different soil depths and moistures. J. Invertebr. Pathol. 65: 193-199.
- Kužnik, L. 2006. Učinkovitost dveh vrst entomopatogenih ogorčic (Rhabditida) za zatiranje resarja *Hercinothrips femoralis* (Reuter). Dipl. delo, Univ. Ljublj., Bioteh. fak., Odd. Agron.: 73 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.
- Lim, U. T., Van Driesche, R. G. 2005. A new potential host and transmission routes of *Thripinema nicklewoodi*, an entomogenous nematode of western flower thrips. Biol. Control 33: 49-55.

- Lim, U. T., Van Driesche, R. G., Heinz, K. M. 2001. Biological attributes of the nematode *Thripinema nicklewoodii*, a potential biological control agent of western flower thrips. *Biol. Control* 22: 300-306.
- Loomans, A. J. M., Murai, T., Greene, I. D. 1997. Interactions with hymenopterous parasitoids and parasitic nematodes. V: Thrips as crop pests (ur. Lewis, T.). Wallingford, CABI: 355-397.
- Lysaght, A. M. 1937. An ecological study of thrips (*Aptinothrips rufus*) and its nematode parasite (*Anguillulina aptini*). *J. Anim. Ecol.* 6:169-192.
- Mason, J. M., Heinz, K. M. 2002. Biology of *Thripinema nicklewoodi* (Tylenchida), an obligate parasite of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera). *J. Nematol.* 34: 332-339.
- Molyneux, A. S., Bedding, R. A. 1984. Influence of soil texture and moisture on the infectivity of *Heterorhabditis* sp. D1 and *Steinernema glaseri* for larvae of the sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. *Nematologica* 30: 358-365.
- Nickle, W. R., Wood, G. W. 1964. *Howardula aptini* (Sharga 1932) parasitic in blueberry thrips in New Brunswick. *Can. J. Zool.* 42: 843-846.
- North, J. P., Cuthbertson, A. G. S., Walters, K. F. A. 2006. The efficacy of two entomopathogenic biocontrol agents against adult *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). *J. Invertebr. Pathol.* 92: 89-92.
- Perme, S. 2005. Ugotavljanje učinkovitosti entomopatogenih ogorčič (Rhabditida) za zatiranje nadzemskih škodljivcev vrtnin. Magistrsko delo, Univ. Ljublj., Bioteh. fak.: 89 str.
- Premachandra, W. T. S. D., Borgemeister, C., Berndt, O., Ehler, R.-U., Poehling, H.-M. 2003b. Combined releases of entomopathogenic nematodes and the predatory mite *Hypoaspis aculeifer* to control soil-dwelling stages of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *BioControl* 48: 529-541.
- Premachandra, W. T. S. D., Borgemeister, C., Berndt, O., Ehlers, R.-U., Poehling, H.-M., 2003a. Laboratory bioassays of virulence of entomopathogenic nematodes against soil-inhabiting *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). *Nematology* 5: 539-547.
- Reddy, I. N., Nickle, W. R., Rao, P. N. 1982. Studies on *Howardula aptini* (Nematoda: Spaeluriiidae) parasitic in *Megaluriothrips* sp. in India. *Indian J. Nematol.* 12: 1-5.
- Russell, H. M. 1912. The bean thrips (*Heliothrips fasciatus* Pergande). U.S. Dept. Agric. Entomol. Bull. 118: 1-45.
- Shapiro-Ilan, D. I., Gouge, D. H., Piggott, S. J., Patterson-Fife, J. 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biol. Control* 38: 124-133.
- Sharga, U. S. 1932. A new nematode, *Tylenchus aptini* sp. n., a parasite of Thysanoptera (Insecta: *Aptinothrips rufus* Gmelin). *Parasitology* 24: 268-279.
- Shipp, J. L., Ramakers, P. M. J. 2004. Biological control of thrips on vegetable crops. V: Biocontrol in protected culture (ur. Heinz et al.). Batavia, Ball Publ.: 265-276.
- Siddiqi, M. R. 1986. Tylenchida: parasites of plants and insects. St. Albans, Commonwealth Institute of Parasitology, UK.

- Smart G. C. Jr. 1995. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. J. Nematol. 27: 529-534.
- Stavisky, J., Funderburk J., Momol, T., Gorbet, D. 2002. Influence of parasitism by *Thripinema fuscum* on dynamics of local populations of *Frankliniella fusca*. V: Thrips and Tospoviruses: Proceed. 7th Int. Symp. Thysanoptera: 141-143.
- Teulon, D. A. J., Wouts, W. M., Penman, D. R. 1997. A nematode parasite of the New Zealand flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). NZ Entomol. 20: 67-69.
- Tipping, C., Nguyen, K. B., Funderburk, J. E., Smart, G. C.Jr. 1998. *Thripinema fuscum* n sp. (Tylenchidae: Allantonematidae), a parasite of the tobacco thrips, *Frankliniella fusca* (Thysanoptera). J. Nematol. 30: 232-236.
- Tomalak, M., Piggott, S., Jagdale, G. B. 2005. Glasshouse applications. Nematodes as biocontrol agents. Wallingford, CABI Publ.: 147-166.
- Trdan, S., Milevoj, L. 2000. Influence of temperature, light: dark period ratio and prevailing colour in the immediate environment of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Perg.) on the number of its progeny. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent, 65: 361-368.
- Ullio, L. 2002. Australia's national strategy for the management of western flower **thrips** (WFT), *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Acta Hortic. 567: 687-689.
- Uzel, H. 1895. Monographie der Ordnung Thysanoptera. Königrätz, Tolman: 472 str.
- Van de Wetering, F., Hulshof, F., Posthuma, K., Harrewijn, P., Goldbach, R., Peters, D. 1998. Distinct feeding behavior between sexes of *Frankliniella occidentalis* results in higher scar production and lower tospovirus transmission by females. Entomol. Exp. Appl 88: 9-15.
- Varatharajan, R. 1985. Parasite-host interaction in relation to the nematode *Anguillulina aptini* (Sharga) – a parasite on *Microcephalothrips abdominalis* (Crawford) and *Frankliniella schultzei* (Trybom). Curr. Sci. 54: 396-398.
- Wachek, F. 1955. System und Biologie der entomoparasitischen Tylenchida. Parasitol. Schriftenreihe 3: 1-119.
- Wardlow, L. R., Piggott, S., Goldsworthy, R. 2001. Foliar application of *Steinernema feltiae* for the control of flower thrips. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent. 66: 285-291.
- Wilson, T. H., Cooley, T. A. 1972. A chalcidoid planidium and an entomophilic nematode associated with the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. IOBC/WPRS Bull. 17: 17-20.