

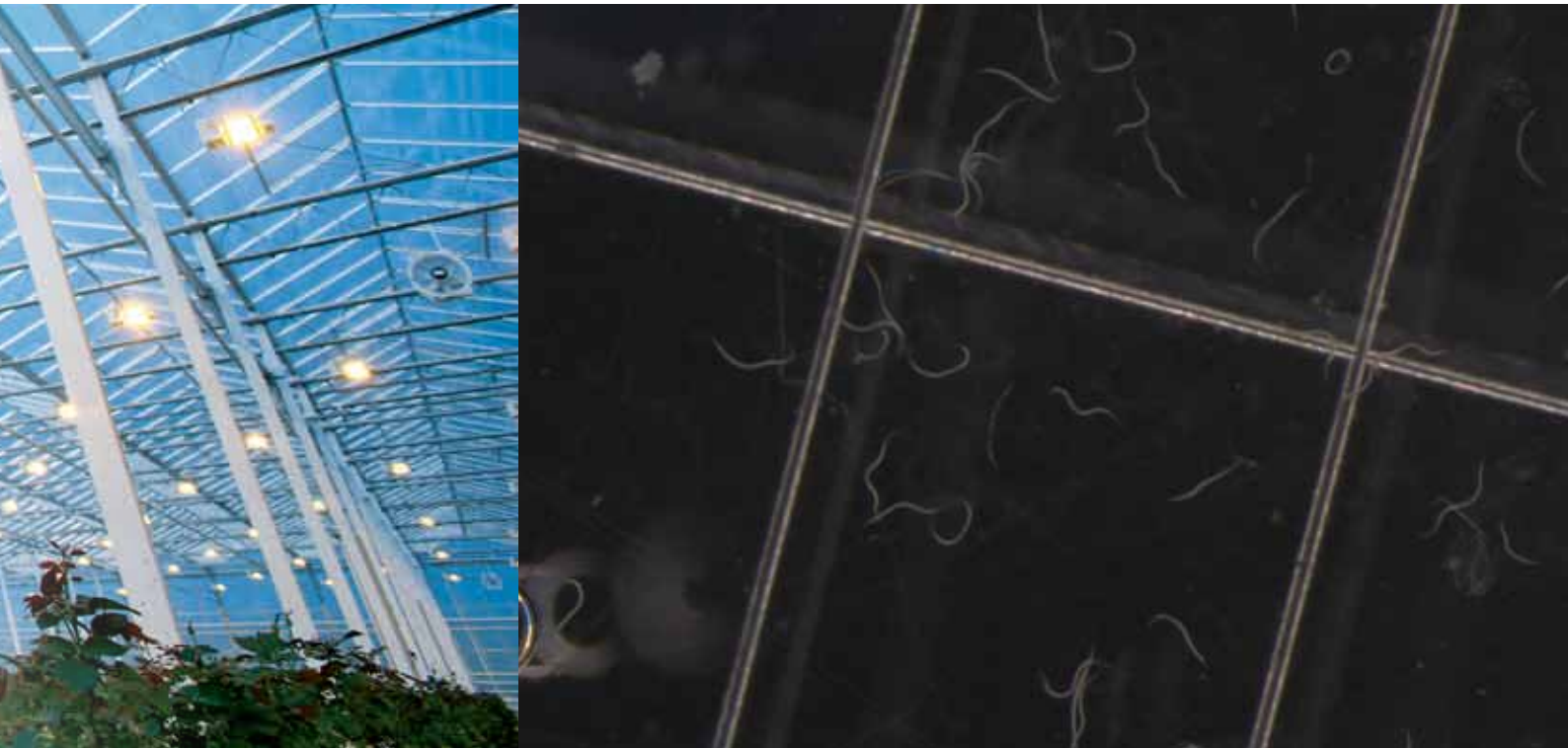


WAGENINGEN UR

For quality of life

Nematoden als bestrijders van trips?

Juliette Pijnakker en Pierre Ramakers



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

Productschap  Tuinbouw

Rapport GTB-1015



© 2010 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 48 60 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

		pagina
	Probleembeschrijving en doelstelling	2
2	Trips in de sierteelt	3
3	Entomopathogene nematoden (EPN)	4
	3.1 Levenswijze	4
	3.2 Infectiecyclus	4
	3.3 Onderzoek en gebruik van aaltjes als natuurlijke vijanden	5
	3.4 Productie van aaltjes	5
4	Effect van nematoden op trips	7
	4.1 <i>Frankliniella occidentalis</i> (californische trips)	7
	4.1.1 Directe blootstelling van trips	7
	4.1.2 Behandeling van de grond	7
	4.1.3 Bladbespuitingen	9
	4.1.4 Natuurlijke infecties	9
	4.2 <i>Hercinothrips femoralis</i> (zwarte kastrips)	10
	4.3 <i>Thrips palmi</i>	10
	4.4 Praktijkervaringen	10
5	Discussie en conclusie	11
	Literatuur	13

Probleembeschrijving en doelstelling

In de glastuinbouw is californische trips, *Frankliniella occidentalis*, één van de belangrijkste plagen. Tripsen veroorzaken directe schade door het aanprikken van bladeren, bloemen en vruchten, en indirecte schade door het overbrengen van virussen zoals Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) en Impatiens Necrotic Spot Virus (INSV).

De meest gebruikte chemische tripsmiddelen zijn Match (lufenuron), Conserve (spinosad), Vertimec (abamectine), Actara (thiamethoxam) en Mesurol (methiocarb). Ter voorkoming van resistentie wordt geadviseerd deze middelen af te wisselen. In het kader van de geïntegreerde bestrijding worden vooral Match en Conserve gebruikt, omdat die het minst schadelijk zijn voor natuurlijke vijanden. De ruimte om af te wisselen is daar dus beperkt. In die context wordt ook wel Botanigard geadviseerd, een middel op basis van de insectenpathogene schimmel *Beauveria bassiana*.

Voor de biologische bestrijding van trips is een handvol predatoren commercieel beschikbaar: de roofmijten *Amblyseius swirskii*, *Neoseiulus cucumeris*, *Iphiseius degenerans* en *Amblyseius barkeri*, de bodemroofmijten *Hypoaspis miles* en *Hypoaspis aculeifer*, en de roofwantsen *Orius laevigatus* en *Orius majusculus*. Roofwantsen gelden als de meest agressieve bestrijders. Zij functioneren vooral goed in gewassen met geschikt stuifmeel, wat in veel sierteeltgewassen ontbreekt. De bodemroofmijten prederen op de mesofauna in de grond (of in het teeltsubstraat). Daarvan vormt trips maar een zeer kleine fractie, en een numerieke respons op tripspoppen in de grond valt dus niet te verwachten. Bladbewonende roofmijten prederen op tripslarven, en hebben een aantoonbaar effect op tripspopulaties. Bij aanwezigheid van veel volwassen tripsen werken deze rovers echter te traag. Daar komt bij dat tolerantie voor trips in veel sierteeltgewassen zeer laag is in verband met cosmetische schade en export-eisen.

Er is dus nog steeds vraag, vooral in de sierteelt, naar nieuwe, betere tripsbestrijders. De laatste tijd worden insectenpathogene aaltjes naar voren geschoven als bestrijders van de californische trips. Ze worden verkocht zowel voor bodemtoepassing tegen de poppen als voor bladtoepassing tegen larven en adulten. Bij telers leven echter nog veel vragen over de effectiviteit van deze producten tegen trips onder veld-omstandigheden. De evaluatie daarvan in de praktijk is gebrekkig: de plaagdichtheid is doorgaans te laag, een goede evaluatiemethode ontbreekt, het proces in de bodem is sowieso onzichtbaar, en de try-outs worden vaak verstoord door chemische ingrepen. Wereldwijd worden aaltjes vooral ingezet tegen keverlarven en rupsen. Over hun bruikbaarheid als tripsbestrijders is veel minder informatie beschikbaar. In dit verslag wordt een overzicht gegeven van wat er momenteel bekend is over de toepassing van insectenpathogene nematoden tegen tripsen.

2 Trips in de sierteelt

Tripsen zijn zeer kleine insecten, in het volwassen stadium slechts 1 à 1,5 mm lang. De “larven” lijken op de volwassenen, maar zijn ongevleugeld en hebben ook geen zichtbare vleugel-aanleg. Als ze volgroeid zijn, verlaten sommige soorten de plant om te “verpoppen” ondiep in de grond of in het teeltsubstraat. Hierna volgen twee stadia die geen voedsel opnemen: de prepop met korte vleugelaanleg en omhoogstaande antennes, en de pop met lange vleugelaanleg en naar achteren geklapt antennes. Bij soorten die bovengronds verpoppen, vindt men oude larven, poppen, prepoppen en vervellingshuidjes in groepjes aan de onderzijde van bladeren. De benamingen “larve” en “pop” zijn ook onder deskundigen ingeburgerd, maar eigenlijk niet correct: tripsen hebben 4 of 5 nimfestadia, waarvan alleen de beide eerste voedsel opnemen.

Volwassen tripsen zijn lichtgeel tot donkerbruin met gelijkvormige voor- en achtervleugels. De vliezige vleugelschijf is gereduceerd tot een smal lint met nauwelijks adering. Over de gehele vleugelrand is een rij zeer lange haren ingeplant (“franjevleugeligen”). Het uiteinde van de poten is blaasvormig (“blaaspotigen”). Volwassen tripsen kunnen slecht vliegen. Hun vlucht begint met een sprongetje. In het veld worden ze vaak met de ongeveer even kleine springstaarten verward.

Zowel de larven als de volwassenen veroorzaken zuigschade. Ze zuigen met hun korte zuigsnuut oppervlakkig groepjes bladcellen leeg, waardoor zilverkleurige vlekjes ontstaan. Hun aanwezigheid wordt verraden door donkergroene stippen (opgedroogde vloeibare uitwerpselen) op en rond deze zilvervlekjes. Zuigschade van trips op bloemen leidt ook bij lage plaagdichtheid al tot kwaliteitsvermindering.

Tripssoorten zijn met het blote oog moeilijk te identificeren. In het veld worden soorten als *Parthenothrips dracaenae*, *Echinothrips americanus*, *Heliethrips haemorrhoidalis* en *Hercinothrips femoralis* van elkaar onderscheiden aan het patroon van donkere en lichte vleugeldelen, in de wetenschap dat er op lijkende soorten in kassen ontbreken. Met behulp van een loep (binoculair) kunnen we het geslacht *Frankliniella* onderscheiden van het geslacht *Thrips* aan de punt van de antenne, dat uit 2 leden respectievelijk één lid bestaat. Op alle vier hoeken van het nekschild van *Frankliniella* zijn 2 lange haren ingeplant; bij het geslacht *Thrips* vinden we alleen op de beide achterhoeken dergelijke haren, die bovendien minder ontwikkeld zijn. Determineren van trips op soortniveau is specialistenwerk. Kaspopulaties van tabakstrips (*Thrips tabaci*) bestaan alleen uit vrouwtjes. Bij de californische trips (*Frankliniella occidentalis*) komen ook mannetjes voor, op vangplaten vaak in de meerderheid. Deze zijn wat kleiner dan de vrouwtjes, ongeveer zo groot als de vrouwtjes van tabakstrips. Alle genoemde soorten leggen niervormige eieren in het blad, in bloembladeren en zachte stengeldelen.

De californische trips is de meest algemeen trips in de glastuinbouw. Het is een typische stuifmeel-eter, die vooral in rijpe bloemen wordt aangetroffen, maar ook zware schade kan aanrichten op stuifmeelloze gewassen zoals komkommer. In een kas duurt de levenscyclus ruim 2 weken in de zomer en 3 à 4 weken in voor- en najaar. De frequente toepassing van synthetische insecticiden hebben halverwege de vorige eeuw geleid tot het ontstaan van stammen met een zeer hoge insecticidenresistentie in Californië, die inmiddels in kasgebieden over de hele wereld zijn verspreid.

3 Entomopathogene nematoden (EPN)

3.1 Levenswijze

Nematoden, ook wel rondwormen, draadwormen of aaltjes genoemd, zijn ongesegmenteerde wormen, die een belangrijk deel van de bodemfauna vormen. De meeste soorten leven van rottend organisch materiaal, bacteriën, protozoën en schimmels. Een klein aantal soorten parasiteert op dieren (inclusief andere nematoden) of planten. Voor de bestrijding van insecten zijn de geslachten *Steinernema* en *Heterorhabditis* van belang.

Tegen slakken wordt *Phasmarhabditis hermaphrodita* gebruikt. Entomopathogene nematoden (EPN) worden meestal toegepast tegen grondgebonden plagen zoals ke-verlarven en rouwmuglarven, soms tegen bladbewonende plagen zoals rupsen. Gegevens over het effect van nematoden op trips zijn beperkt en vaak tegenstrijdig (Tomalak, 1994; Helyer et al., 1995; Chysik et al., 1996). Nematoden zijn voor hun overleving sterk afhankelijk van vocht. Ze zijn vooral talrijk in vochthoudende grond met veel organisch materiaal, waar ze zich in het capillaire water kunnen voortbewegen.

Steinernema- en *Heterorhabditis*-soorten zijn actief bij (bodem)temperaturen tussen 12 en 30°C. *Steinernema kraussei* verdraagt wat lagere temperaturen, tot 5°C. Bij beschikbaarheid van vrij water kunnen ze enkele weken overleven. Door uitdroging en UV-licht worden ze snel gedeactiveerd en gedood.

Er bestaan goede morfologische taxonomische sleutels voor het identificeren van nematoden (Hominick et al., 1997), tegenwoordig ondersteund met moleculaire technieken (Liu et al., 2000).

3.2 Infectiecyclus

Entomopathogene nematoden hebben een symbiotische relatie met bacteriën van het geslacht *Photorhabdus* (voor de Heterorhabditidae) of *Xenorhabdus* (voor de Steinernematidae). Een EPN is in wezen een bacterieel bestrijdingsmiddel, waarbij de nematode als vector fungeert. De bacteriën bevinden zich in de darm van de aaltjes. Ze zijn verwant aan onze darmbacteriën, maar onschadelijk voor de mens. Ze gaan dood boven 35°C.

Soorten van het geslacht *Heterorhabditis* zoeken actief naar insectenlarven in de grond; andere soorten zoals *Steinernema feltiae* wachten tot hun prooi langs komen. Een jeugd stadium van de nematoden, aangeduid als Infectieuze Juvenielen (IJ's), dringt binnen in het lichaam van hun gastheer. Dit gebeurt via de natuurlijke openingen van het insect (anus, mond, ademopeningen). *Heterorhabditis* kan ook de huid van een insect doorboren met behulp van een haak aan de rugzijde. Vervolgens komen de symbiotische bacteriën vrij in de lichaamsvloeistof van de gastheer. Ze vermenigvuldigen zich snel en doden het gasts insect binnen 1 of 2 dagen. De bacteriën en het verslijmde weefsel van het dode insect dienen vervolgens als voedsel voor de nematoden. Volwassen Steinernematidae zijn mannelijk of vrouwelijk; volwassen Heterorhabditidae zijn zelf-bevruchtende hermafrodieten.

De levenscyclus van de aaltjes duurt slechts enkele dagen. Binnen de gastheer kunnen zich meerdere generaties ontwikkelen. Afhankelijk van zijn grootte kan een gasts insect enkele honderden tot vele duizenden nieuwe IJ's opleveren.

Aangetaste insecten krijgen een gom-achtige consistentie, en verkleuren bruin-geel bij *Steinernema*-soorten en rood bij *Heterorhabditis*-soorten.

3.3 Onderzoek en gebruik van aaltjes als natuurlijke vijanden

In de jaren 30, minder dan 10 jaar nadat de eerste *Steinernema* –soort door Krauss was gevonden, werd het eerste nematodenproduct (*Steinernema glaseri*) toegepast in de VS tegen de larven van Japanse kever (*Popillia japonica*) in graszoden (Peters, 2009). De symbiotische relatie tussen nematode en bacterie was toen nog niet bekend. De belangstelling voor dit soort producten verdween met de opkomst van de synthetische bestrijdingsmiddelen. Met de ontdekking van de symbiotische bacteriën van *Steinernema* (Poinar & Thomas, 1966) en *Heterorhabditis* (Poinar *et al.*, 1977) en de ontwikkeling van een kweek *in vitro* (Bedding, 1984) kreeg de toepassing van nematoden tegen plagen een hernieuwing.

In de jaren 60 werden entomopathogene nematoden van de familie Mermithidae onderzocht als mogelijke muggenbestrijders. In de tuinbouw werden EPN vooral gebruikt tegen plagen die (een deel van) hun levenscyclus in de grond doorbrengen, met name *Heterorhabditis bacteriophaga* tegen taxuskever in de boomkwekerij. Onder glas bleken de larven van varenrouwmuggen (*Sciara*-soorten) geschikte targets te zijn voor *Steinernema feltiae* (Strong, 2002). De eerste testen op *sciara*'s dateren van het eind van de jaren 80 (Poinar, 1992; Bedding & Miller, 1981). Vervolgens probeerde men ze in te zetten tegen niet-natuurlijke targets, en wel tegen plagen die een knelpunt vormen in de moderne geïntegreerde bestrijding. Men zoekt blijkbaar naar marktverbreiding richting plagen met een hogere prioriteit. Voorbeelden hiervan zijn de grondgebonden stadia van mineervliegen (Williams & MacDonald, 1995; Williams & Walters, 2000) en tripsen (Helyer *et al.*, 1995; Ebssa *et al.*, 2001b; Premachandra *et al.*, 2003). Ook wordt geëxperimenteerd met bovengrondse toepassingen, bijvoorbeeld tegen trips in de groeipunten van chrysant (Wardlow *et al.*, 2001), en zelfs tegen nimfen van de wittevlug (Cuthbertson *et al.*, 2003).

3.4 Productie van aaltjes

EPN worden gekweekt op levende insecten, op vaste voedingsbodem en in vloeistof in grote fermentoren.

EPN werden door Stoll (1952) voor het eerst in een vloeibare medium gekweekt. Het Australische CSIRO ontwikkelde en patenteerde de basismethode voor commerciële massaproductie (Bedding 1981, 1984). Het Californische bedrijf Biosys gebruikte in 1987 voor het eerste het vloeibare productiesysteem voor commerciële toepassing. In Europa tellen we 4 bedrijven die nematoden produceren: Becker-Underwood (Engeland), Koppert (Nederland), E-nema (Duitsland) en Andermatt (Zwitserland). Door de ontwikkeling van een vloeibare productiesysteem werden EPN commercieel toepasbaar, maar het blijven dure insecticiden vanwege de hoge dosering en de korte werkingsduur.

Van de geslachten *Steinernema*, *Heterorhabditis* en *Phasmarhabditis* zijn commerciële producten beschikbaar (Tabel 1). Ze worden als infectieuze juvenielen geleverd in klei-, vermiculiet- of gelformulering. De gelformulering is speciaal ontwikkeld voor bladtoepassingen, en laat geen zichtbaar residu achter op het gewas. De soorten *Steinernema riobrave*, *S. scapterisci* en *S. glaseri* zijn niet endemisch in Europa, en worden alleen in Noord-Amerika (alle 3 soorten) of in Japan (*S. glaseri*) verkocht.

Tabel 1: Lijst van commercieel beschikbare nematoden

Soort nematoden	Doelorganismen
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	kevers
<i>Heterorhabditis megidis</i>	taxuskever
<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>	slakken
<i>Steinernema carpocapsae</i>	fruitmot
<i>Steinernema feltiae</i>	sciara's en trips
<i>Steinernema kraussei</i>	taxuskever

Voor bodemtoepassing bevelen de fabrikanten een dosering van 5×10^9 aaltjes (IJ's)/ha aan. De productkosten hiervan bedragen ca. € 850. Voor bladtoepassing wordt $1,25-2,5 \times 10^9$ aaltjes (IJ's)/ha aanbevolen als preventieve behandeling tegen trips (ca. € 215). Wij hebben in deze studie niet kunnen achterhalen waar deze doseringen op gebaseerd zijn.

4 Effect van nematoden op trips

4.1 *Frankliniella occidentalis* (californische trips)

De laatste 15 jaren zijn diverse soorten van *Steinernema* en *Heterorhabditis* getest tegen californische trips. Hoewel nematoden in de praktijk al tegen trips worden geadviseerd, blijven de meningen van deskundigen verdeeld. In dit verslag wordt een overzicht gegeven van gedocumenteerd onderzoek over nematoden tegen trips. In sommige proeven werden tripsen direct behandeld, in andere grond met tripspoppen en in weer andere gehele planten. Slechts weinig onderzoekers hebben de directe mortaliteit bepaald. Meestal is gekeken naar een afgeleide parameter, bijvoorbeeld het aantal volwassen tripsen op vangplaten na een bepaalde tijd.

4.1.1 Directe blootstelling van trips

In 1994 toonde de Poolse onderzoeker Tomalak in het laboratorium aan dat californische trips door nematoden kan worden gedood. Het effect was echter zeer wisselend en varieerde van 3% tot 72% doding (Tomalak, 1991 en 1994). *Steinernema feltiae* doodde poppen van californische trips binnen 2 à 4 uur na toepassing. De nematoden kunnen zich niet vermeerderen. Tripsen zijn daarvoor te klein. Blijkbaar wordt de trips inwendig beschadigd door een binnengedrongen IJ, maar het normale infectieproces via commensale bacteriën blijft uit (Tomalak, 1994).

In Engeland voerde de ADAS van 2002 tot 2006 een serie van experimenten uit met *Steinernema feltiae* Nemasys F van Becker Underwood (Bennison *et al.*, 2005a, 2005b; Defra, 2006). Op ponsjes van chrysantenblad werd doding van larven geobserveerd bij de doseringen 90, 200 en 800 IJ's/cm². Het verschil met een waterbehandeling was niet in alle proeven significant. Doding van de adulten trad alleen bij de hoogste dosering (800 IJ's/cm²) op. Er werd waargenomen dat adulten en larven probeerden aan de aaltjes te ontsnappen.

In Canada werd *Steinernema feltiae* getest op de afzonderlijke stadia van trips (Buitenhuis & Shipp, 2005). Tripsen van één ontwikkelingsstadium werden geplaatst op filtreerpapier in Petrischalen. De nematoden werden getest in de concentraties 2.500, 5.000, 10.000, 20.000, 40.000 IJ's/ml, overeenkomend met 40, 80, 160, 320, 640 IJ's per cm² petrischaal. De twee hoogste concentraties werden alleen op de larven getest. Na dissectie vonden de Canadese onderzoekers nematoden (meestal één per trips) in alle stadia van trips. Poppen en prepopen waren het meest gevoelig: 45, 60 en 70% gecorrigeerde doding op prepopen en 54, 62 en 50 % op poppen met respectievelijk 40, 80, 160 IJ's per cm². Voor het doden van de larven moest de dosis nog verder worden opgevoerd. Alleen de beide hoogste concentraties gaven een significant, maar nog steeds matig effect (ongeveer 30%). De sterfte had vooral plaats op de eerste dag na de toediening van de aaltjes, met additionele doding op dag 2. Ook de uitvloeier Agral 90 veroorzaakte significante doding (bij het 1^{ste} larvale stadium en de prepop). Het effect op volwassen tripsen was laag (3 - 6% gecorrigeerde mortaliteit) en niet significant verschillend van de controle. Volwassen tripsen vastgeplakt op een vangplaat werden wel gedood. Hieruit, en uit de grotere gevoeligheid van de (pre)poppen, concluderen de onderzoekers dat de mobiliteit van de tripsen hen in staat stelt de aaltjes te ontwijken.

4.1.2 Behandeling van de grond

In Engeland werd *Steinernema feltiae* (Nemasys F van Becker Underwood) door de ADAS getest in potgrond tegen tripspoppen in doseringen van 20, 100 en 200 IJ's/cm² (Bennison *et al.*, 2005a, 2005b; Defra, 2006). Bij toediening aan grond was het verschil met een waterbehandeling niet significant.

Een aantal preparaten op basis van aaltjes (*Heterorhabditis* sp. van *Fightagrub*, *Heterorhabditis megidis*, *Steinernema feltiae* Nemasys en *S. carpocapsae* stam HRI-1.84) werden getest op poppen van californische trips in compost onder labomstandigheden (Helyer *et al.*, 1995). De *S. carpocapsae* stam HRI-1.84 gaf bij een concentratie van 250 IJ's/ml compost het beste resultaat. Slechts 23% van de tripspoppen ontwikkelde zich tot volwassenen.

Zes stammen van nematoden: *H. bacteriophora* HK3, *H. bacteriophora* HB Bredan, *S. feltiae* Sylt, *S. feltiae* OBSIII, *S. feltiae* CR en *S. carpocapsae* DD136 werden aan de universiteit van Hannover getest op larven, prepopen en poppen van trips in potgrond (Ebssa *et al.*, 2001a). De meest effectieve stammen waren *S. feltiae* Sylt, *H. bacteriophora* HK3, *H. bacteriophora* HB Bredan en *S. carpocapsae* DD136. Met een concentratie van 400 IJ's/cm² werd 60% reductie van de tripspopulatie verkregen bij behandeling van de larven van het tweede stadium of de prepopen en 30% bij behandeling van de poppen. Verhoging van de dosering tot 1.000 IJ's/cm² gaf niet altijd betere resultaten (Ebssa *et al.*, 2001a en b). 16 stammen van aaltjes werden getest op tripspoppen in potgrond (Ebssa *et al.*, 2004), in doseringen variërend van 100 tot 1.000 IJ's/cm². *Heterorhabditis indica* scoorde het beste met een reductie van de tripspopulatie met 80% bij 400 IJ's/cm² en 90% bij 1.000 IJ's/cm² gevolgd door *H. bacteriophora* PAL H04 met respectievelijk 70% en 85% reductie.

In petrischalen werden zes stammen van *Steinernema*-soorten en vijf stammen van *Heterorhabditis*-getest in potgrond tegen volgroeide tripslarven (einde L2-stadium) in een concentratie van 300 IJ's/cm² (Premachandra *et al.*, 2003a). Overlevende volwassen tripsen werden gemonitord met vangplaten vanaf 7 dagen na de behandeling totdat geen adulten meer uitkwamen. De reductie van de tripspopulatie varieerde van 19% (*H. bacteriophora* 'Nematop®') tot 71% (*H. bacteriophora* HK3).

De drie beste stammen, *H. bacteriophora* HK3, *S. feltiae* 'Nemaplus®' en *H. bacteriophora* HD01, werden opnieuw getest in de doseringen 100, 400 en 800 IJ's/cm². *H. bacteriophora* HK3 bleek in beide tests het meest effectief. De hoogste dosering gaf geen significant additioneel effect.

In een Israëliësch onderzoek werd de effectiviteit van nematoden op (pre)poppen van californische trips in zandgrond onderzocht. Getest werden *Steinernema riobris*, een Duitse en een Engelse stam van *Steinernema feltiae* en twee stammen ('HP88' en 'IS5') van *Heterorhabditis bacteriophora*. *H. bacteriophora* IS5 scoorde laag op deze gastheer. Met de overige preparaten werd 50 à 25% overleving van de trips verkregen bij een dosering van 400 IJ's/cm², naast ca 70% in de waterbehandeling (Chysik *et al.*, 1996). In een dikker zandlaagje (4 in plaats van 0,7 cm) was het effect wat minder: 82 à 50 % overleving, naast 87% in de waterbehandeling.

Kooipopulaties van californische trips op bonenplanten werden bemonsterd na eenmalige behandeling met *Steinernema feltiae* of *Heterorhabditis bacteriophora* (Premachandra *et al.*, 2003b) in de dosering 400 IJ's/cm². Overlevende volwassen tripsen werden met vangplaten gemonitord. De onderzoekers berekenden een reductie van de tripspopulatie met 46% respectievelijk 61%.

In een kooiproef met bonenplanten werden volgroeide tripslarven (einde L2-stadium) in potgrond behandeld met *Steinernema carpocapsae* DD136 of *Heterorhabditis bacteriophora* HK3 in de doseringen 200 en 400 IJ's/cm². *H. bacteriophora* reduceerde het uitkomen van volwassen tripsen met 56% respectievelijk 76%. Met *S. carpocapsae* was dat 26% respectievelijk 38% (Belay *et al.*, 2005). Van beide soorten werden na 6 dagen nog levende aaltjes in de potgrond aangetroffen.

Potchrysanen werden twee keer gespoten met 200 IJ's/cm², met een interval van een week. Het aantal levende aaltjes in de potgrond nam af met 67% in de eerste 5 weken. Na 8 weken werden nog levende nematoden teruggevonden (Bennison *et al.*, 2005a, 2005b; Defra, 2006).

4.1.3 Bladbespuitingen

In een kasexperiment op potchrysanen en op komkommers werden 3 uren na de toepassing geen actieve nematoden meer op het blad gevonden (Bennison *et al.*, 2005a, 2005b; Defra, 2006).

In kooiproeven met potchrysanen werd Nemasys F (5.000 IJ's/ml *S. feltiae*) + Agral (0,04%) wekelijks gespoten, 8 weken lang. Het aantal tripsen nam af wanneer zowel de potgrond als de plant werd behandeld, maar niet bij toediening op de plant alleen.

Buitenhuis voerde een kooiproef uit met trips op potchrysanen in een verwarmde kas (Buitenhuis & Shipp, 2005). De planten werden bespoten met *S. feltiae* (5.000 IJ's/ml) + 0,02% uitvloeier (Agral). De luchtvochtigheid werd verhoogd tot 90% gedurende 12 uur, en daalde daarna tot 60%. Na 3 dagen werden de planten bemonsterd op trips met een spoelmethode. Er kon geen significant effect van de nematodenbehandeling worden aangetoond.

In mei-juni 2002 voerde PPO Glastuinbouw een experiment uit in grondteelt van snijchrysan onder glas (Beerling & Berg vd, 2004). Het gewas werd 1 week na de planting met trips besmet. Vervolgens werd wekelijks *Steinernema feltiae* (Nemasys F, 2 600 IJ's/ml, 125 ml/m²) + de uitvloeier Agral (0,03%) toegepast gedurende 9 weken. Op het moment van de eerste bespuiting werd 1,5 trips/plant geteld. Een week na de 4^{de} bespuiting werd 74% minder trips gevonden in de met aaltjes behandelde vakken.

In 2004 vond een kasexperiment plaats aan de Universiteit van Ljubljana in Slovenië (Trdan *et al.*, 2007b). Het effect van *Steinernema feltiae* (Entonem) op californische trips werd vergeleken met het effect van abamectine (0,125% Vertimec) op komkommer. De temperatuur fluctueerde tussen 24-32°C overdag en 16-22°C 's nachts. De relatieve luchtvochtigheid varieerde van 65-75%. Een standaard dosering van 2.500 IJ's *Steinernema feltiae*/ml werd negen keer bespoten met de uitvloeier Nu-Film-17 (0,05%). Om uitdroging van de aaltjes te voorkomen werden de behandelingen 's avonds uitgevoerd met 1000L/ha. Negen bespuitingen met nematoden gaven eenzelfde effect als drie bespuitingen met Vertimec.

Amerikaanse onderzoekers experimenteerden met bladbespuitingen in zeer hoge frequentie (om de 3 dagen) tegen californische trips in potchrysan. Gebruikt werd *Steinernema feltiae* in een dosering van ongeveer 2.000 IJ's/ml en een waterverbruik van 1.000 à 2.000 liter per ha. Bladbehandeling, al of niet in combinatie met grondbehandeling, gaf een duidelijke reductie van de tripspopulatie, maar kon schade door aanvliegende tripsen niet voorkomen. In de bloemen vonden men levende IJ's tot 48 uur na behandeling, maar slechts weinig geïnfecteerde tripsen (Arthurs & Heinz, 2006).

4.1.4 Natuurlijke infecties

In tripsen komen ook van nature aaltjes voor. Het gaat om enkele nauw verwante soorten, die in het geslacht *Thripinema* (= "trips-aaltje") zijn ondergebracht: *Thripinema nickelwoodi*, *Thripinema khrustalevi*, *Thripinema fuscum*, *Thripinema renirai* en *Thripinema aptini* (Greene & Parella, 1993; Tipping *et al.* 1998). Hun effect op de gastheer is niet directe doding, maar verkorting van de levensduur, remming van de voedselopname en – als belangrijkste – onvruchtbaarheid van de wijfjes. Greene en Parella vonden dat populaties van californische trips tot 33% spontaan geparasiteerd waren door *Thripinema nickelwoodi*. Deze sterk gespecialiseerde aaltjes kunnen (nog) niet commercieel worden gekweekt. In tegenstelling tot de commercieel beschikbare aaltjes kan *Thripinema* zich zelfstandig vermeerderen en verspreiden in een tripspopulatie. Arthurs & Heinz (2006) voerden een inoculatieve introductie uit door reeds geparasiteerde californische trips los te laten in potchrysanen. De verspreiding van *Thripinema nickelwoodi* was te traag om binnen een teeltcyclus effect te sorteren. In een kooiproef handhaafde *Thripinema nickelwoodi* zich gedurende 9 generaties van de gastheer, en bereikte een parasiteringspercentage van 83% in volwassen californische trips.

4.2 *Hercinothrips femoralis* (zwarte kastrrips)

Aan de Universiteit van Ljubljana in Slovenië werden de nematoden *Steinernema feltiae* en *Heterorhabditis bacteriophora*, beide geleverd door de firma Koppert, getest op larven en adulten van *Hercinothrips femoralis* (Trdan *et al.*, 2007a). De tests werden uitgevoerd onder laboratoriumomstandigheden op bonenbladeren bij 90% RV. Per trips werden 200 infectieuze juveniele (IJ's) aaltjes toegediend. Vier dagen na toepassing werd het aantal dode tripsen bepaald. Larven van trips bleken gevoeliger dan adulten, met een doding van respectievelijk 37% en 15%. *H. bacteriophora* gaf meer doding (30% doding) dan *S. feltiae* (22%), maar het verschil was niet significant.

4.3 *Thrips palmi*

In het Central Science Laboratory in York, Engeland werd het effect van de nematode *Steinernema feltiae* (Nemasys geleverd door Microbio) getest op poppen van *F. occidentalis* en *Thrips palmi* (Smith, 2005; North *et al.*, 2006). De proef werd onder laboratoriumomstandigheden uitgevoerd met tripspoppen op vochtig gesteriliseerd zand. De aaltjes werden aangegoten in doseringen van 2.000 en 4.000 per ml. Geïncubeerd werd gedurende 3 dagen bij 20°C en 16L:8D. De doding bij *F. occidentalis* bedroeg respectievelijk 39% en 52%, tegenover 5% bij de waterbehandeling. Men vond geen effect op (de poppen van) *T. palmi*.

S. feltiae werd opnieuw getest op larven en volwassen *Thrips palmi*, dit maal op afgesneden chrysantenbladeren (North *et al.*, 2006). De bladeren werden bespoten tot run-off met aaltjes en de uitvloeier Agral; berekend werd een dichtheid van 80 IJ's/cm². Geïncubeerd werd gedurende 3 dagen bij 20°C en 90% RV. Men scoorde ca. 40% doding bij de larven, maar geen effect werd gevonden op volwassen tripsen.

4.4 Praktijkervaringen

Tripsbestrijding met nematoden (*Steinernema feltiae*) werd voor het eerst uitgetest bij Engelse telers in 2000 en 2001. Wekelijkse gewasbespuitingen werden uitgevoerd in potchrysanten, Saintpaulia's en cyclamen met de standaard dosering van 2.500 nematoden per ml. Agral werd toegevoegd als uitvloeier en het geadviseerde volume was 1.000L spuitvloeistof/ha. De bespuitingen werden aan het eind van de middag uitgevoerd. De proeven werden begeleid door de particuliere voorlichter Les Wardlow en Simon Piggott, een onderzoeker van producent Microbio Ltd. (Bennison *et al.*, 2005a, 2005b). De adviseurs rapporteren een succesvolle tripsbestrijding gedurende twee opeenvolgende productie jaren (Wardlow *et al.*, 2001; Piggott & Wardlow, 2002). Dezelfde onderzoekers deden in 2001 soortgelijke ervaringen op bij Nederlandse bedrijven, te weten 700 m² chrysant bij H. van Steekelenburg en 1.000 m² gerbera bij J. van der Wel (Piggott & Wardlow, 2002).

Een door DLV begeleide proef werd in 2003 van week 16 tot 36 uitgevoerd bij een Nederlands chrysantenbedrijf met de tripstolerante cultivar 'Mona Lisa'. Proefvakken werden gespoten met bovengenoemde standaard dosering. Andere plantvakken werden gespoten met Curater (carbofuran), Ypsilon (acefaat), Mesurol (methiocarb) en Methomex (methomyl). De tripsaantallen op de vangplaten liepen hoog op, maar de schade bleef in alle vakken beperkt.

In 2008 is ook een aantal rozentelers nematoden gaan spuiten. Ervaringen zijn wisselend en meningen zijn verdeeld. Goede bemonsteringen ontbreken en naast de nematoden zijn ook andere middelen toegepast, wat het trekken van harde conclusies onmogelijk maakt. Momenteel worden ook ervaringen opgedaan in potplanten en anjer onder begeleiding van LTO Groeiservice (Hooijmans, 2009; van der Knaap, pers. com. 2009).

5 Discussie en conclusie

Tripsen kunnen worden aangetast door aaltjes van het geslacht *Thripinema*. Binnen dit op trips gespecialiseerd geslacht zijn een handvol soorten bekend. Zij beïnvloeden tripspopulaties vooral door het onvruchtbaar maken van de wijfjes. Omdat het tot op heden niet is gelukt ze kunstmatig te kweken, spelen ze in de praktijk van de gewasbescherming geen rol. Er is sowieso weinig over deze aaltjes bekend.

De laatste jaren wordt geprobeerd tripsen te bestrijden met aaltjes van de geslachten *Steinernema* en *Heterorhabditis*, die wél op een kunstmatig dieet kunnen worden vermeerderd. In de natuur zijn ze met veel grotere gastheren (keverlarven, rupsen, maden) geassocieerd. Tripsen zijn in wezen niet geschikt voor deze parasieten. Toch blijkt bij intensief contact met deze preparaten onder de tripsen een verhoogde sterfte op te treden. Eén of hoogstens enkele aaltjes dringen de relatief kleine gastheer binnen. Deze sterft binnen twee dagen, echter zonder dat de aaltjes (en de bijbehorende commensale bacteriën) zich hebben kunnen voortplanten. Ook bij redelijk goede resultaten worden toch nog maar zelden een aaltje in een trips gevonden. (Sommige onderzoekers hebben daar niet naar gezocht.)

De meeste studies zijn uitgevoerd in een laboratoriumsetting, op filtreerpapier of op bladponsjes. De gerapporteerde resultaten zijn sterk wisselend, soms zelfs binnen een studie. De rode draad lijkt te zijn dat zelfs bij deze extreme blootstelling zeer hoge aaltjesconcentraties nodig zijn voor het sorteren van een nog steeds matig effect. De studie van Buitenhuis is op dit punt het meest nauwkeurig, onder andere omdat directe mortaliteit is bepaald. Uitgaande van een leafarea-index van 2,5 voor een volgroeid rozengeewas en een tweezijdige behandeling van het blad, is de berekende dosering voor een volveldse bladbehandeling $1,6 \times 10^{11}$ IJ's per hectare, dus aanzienlijk hoger dan de fabrikant adviseert.

Met *Heterorhabditis*-soorten wordt i.h.a. wat beter gescoord, terwijl in de praktijk meestal met *Steinernema feltiae* wordt gewerkt. Binnen de soorten kunnen stammen of isolaten verschillen in effectiviteit. Volwassen tripsen zijn niet of nauwelijks gevoelig.

Verwarrend is dat er vaak geen duidelijk of zelfs een negatief verband wordt gevonden tussen dosis en effect. In combinatie met de soms hoge "natuurlijk" sterfte in onbehandelde controles roept dit twijfels op omtrent de kwaliteit van de proefopstelling en de reproduceerbaarheid van de cijfers.

Blad- of grontoepassing?

Bij bovengrondse toepassing worden aaltjes snel geïnactiveerd en vervolgens gedood door lage luchtvochtigheid (Lello *et al.*, 1996), hoge temperatuur (Grewal *et al.*, 1994) en ultraviolette straling (Gaugler *et al.*, 2002). Het ligt dan ook voor de hand – althans bij in de grond verpoppende tripsen – de aaltjes aan de grond of het teeltsubstraat toe te dienen. Een enkele onderzoeker heeft geprobeerd deze situatie in het lab enigszins na te bootsen. De benodigde hoeveelheid aaltjes blijkt dan nog veel groter. Aaltjes zijn weliswaar beweeglijk, maar hun actieradius is gering. In de bodem moet bovendien rekening worden gehouden met predatoren, andere (mogelijk geschiktere) gastheren en concurrerende microflora (b.v. aaltjesvangende schimmels). De onderzoekers zijn het er over eens dat, hoewel de aaltjes in vochtige grond langer leven, hun aantal vanaf het moment van toepassing afneemt. Als we uitgaan van de "effectieve dosis" volgens de labtests, dan moeten we eigenlijk concluderen dat de benodigde aaltjesdichtheid in een driedimensionaal systeem (grond of substraat) in de praktijk niet realiseerbaar is. Daarbij komt nog het probleem van de bereikbaarheid van de target, de tripspoppen, onder dood blad, folie, steenwolmatten, potten e.d.

Praktijkproeven

Uit de tot nu toe uitgevoerde praktijkproeven zijn weinig conclusies te trekken. De proeven zijn nooit “dubbelblind”, de proefobjecten zijn niet goed vergelijkbaar, voor effectiviteitsmeting is de plaagdichtheid te laag en er worden ook andere bestrijdingsmiddelen gebruikt. Omdat het eigenlijke parasiteringsproces zich bovendien aan waarneming onttrekt, moeten de onderzoekers uitwijken naar indirecte telmethodes (b.v. aantal tripsen op vangplaten). Negatieve resultaten worden hoogstens mondeling gerapporteerd, zelden gedocumenteerd. Opvallend is de hoge frequentie van de bespuitingen. Dit roept de vraag op in hoeverre we te maken hebben met effecten van de formulering. Met name uitvloeiers kunnen een insecticide werking hebben.

Bij vergelijking van de verschillende rapporten komen we tot de slotsom dat het nog veel te vroeg is voor het opstellen van een advies. De nu alom gehanteerde standaarddosering van enkele miljarden aaltjes per hectare is blijkbaar niet gebaseerd op biologische effectiviteit, maar mogelijk op commerciële afwegingen: de materiële kosten van de massaweek, en het bedrag dat een tuinder bereid is neer te tellen.

Samenvattend concluderen we dat de praktijk, met name de sierteelt, vraagt om betere biologische bestrijders voor trips dan de nu beschikbare (predatoren). De beschikbare aaltjespreparaten hebben bij hoge dosering en frequente toepassing mogelijk een effect op tripspopulaties. Het is niet duidelijk in hoeverre dit effect aan de levende component van die preparaten, de aaltjes zelf, moet worden toegeschreven. De effectiviteit tegen tripspoppen in bodem en substraat is nog goeddeels onbekend.

Literatuur

- Arthurs S. & K.M. Heinz, 2006.
Evaluation of the nematodes *Steinernema feltiae* and *Thripinema nicklewoodi* as biological control agents of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* infesting chrysanthemum. *Biocontrol Science and Technology*, 16(2): 141-155.
- Bedding R.A., 1984.
Large-scale production, storage and transport of the insect-parasitic nematodes *Neoaplectana* spp. and *Heterorhabditis* spp. *Annals of Applied Biology*, 104: 118-120.
- Beerling E. & D. van den Berg, 2005.
Evaluation of two microbial products and an insecticide for integrated thrips control in glasshouse chrysanthemums. *Bulletin OILB/SROP*, 28: 3, 179-184.
- Bedding R.A., 1981.
Low cost in vitro mass production of *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests. *Nematologica* 27: 1, 109-114.
- Bedding R.A., 1984.
Large scale production, storage and transport of the insectparasitic nematodes *Neoaplectana* spp. and *Heterorhabditis* spp. *Annals of Applied Biology* 104: 1, 117-120.
- Bedding R.A & L.A. Miller 1981.
Use of a nematode, *Heterorhabditis heliothidis*, to control black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*, in potted plants. *Annals of Applied Biology* 99: 3, 211-216.
- Belay D., L Ebssa & C. Borgemeister, 2005.
Time and frequency of applications of entomopathogenic nematodes and their persistence for control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Nematology*, vol. 7(4), 611-622.
- Bennison J., K. Maulden & M. Tomiczek, 2005a.
Update on the use of entomopathogenic nematoden against WFT in the UK. *Sting* 27:7-9.
- Bennison J., M. Tomiczek & K. Maulden, 2005b.
WFT behaviour helps improve bio-control. *Grower* 1 september 2005: 13-15.
- Buitenhuis R. & J. L. Shipp, 2005.
Efficacy of Entomopathogenic Nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) as Influenced by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) Developmental Stage and Host Plant Stage. *Journal of Economic Entomology* 98(5): 1480-1485.
- Chyzik R., I. Glazer & M. Klein, 1996.
Virulence and Efficacy of Different Entomopathogenic Nematode Species against Western Flower Thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Phytoparasitica* 24(2): 103-110.
- Cuthbertson A.G.S., J. Head, K.F.A. Walters, A.W.A. Murray, 2003.
The integrated use of chemical insecticides and the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, for the control of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Nematology*, Volume 5, Number 5: 713-720(8).
- Cuthbertson A.G.S., North J.P., Walters K.F.A., 2005.
The effect of temperature and host plant leaf morphology on the efficacy of two entomopathogenic biocontrol agents of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). *Bull. Entomol. Res.* 95, 321-327.
- Defra, 2006.
Research Project Final Report Expoliting knowledge of western flower thrips behaviour to improve effcicay of biological control measures.
- Ebssa L., C. Borgemeister, O. Berndt & H.-M. Poehling, 2001a.
Efficacy of entomopathogenic nematoden against soil-dwelling life stages of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *J. Invertebr. Pathol.* 78: 119-127.

- Ebssa L., C. Borgemeister, O. Berndt & H.-M. Poehling, 2001b.
Impact of entomopathogenic nematodes on different soil-dwelling stages of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), in the laboratory and under semi-field conditions. *Biocontrol Sci. and Technol.* 11: 515-525.
- Ebssa L., C. Borgemeister & H.-M. Poehling, 2004.
Effectiveness of different species/strains of entomopathogenic nematodes for control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) at various concentrations, host densities, and temperatures. *Nematology*, 2004, Vol. 6(4), 495-505.
- Greene I. D. & M.P. Parrella, 1993.
An entomophilic nematode, *Thripinema nicklewoodii* and an endoparasitic wasp, *Ceranisus* sp. parasitizing *Frankliniella occidentalis* in California. *Bulletin OILB/SROP* 16: 2, 47-50.
- Helyer N. L., P. J. Brobyn, P. N. Richardson & R. N. Edmondson, 1995.
Control of Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) pupae in compost. *Ann. Appl. Biol.* 127: 405-412.
- Liu J., G.O. Poinar & R.E. Jr. Berry, 2000.
Control of insect pests with entomopathogenic nematodes: the impact of molecular biology and phylogenetic reconstruction. *Annual Review of Entomology* 45: 287-306.
- North J.P., A.G.S. Cuthbertson & K.F.A. Walters, 2006.
The efficacy of two entomopathogenic biocontrol agents against adult *Thrips palmi* (Thysanoptera:Thripidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 92: 89-92.
- Peters A., 2009.
Research needs for entomopathogenic nematodes-an industry's perspective. *IOBC/wrps bulletin* vol. 45, 35-39.
- Perme S. , 2005: Testing the efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) against foliar pests of vegetables. M.Sc. Thesis, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy, XIII, pp. 1–89.
- Piggot S. & L. Wardlow, 2002.
A fresh solution for the control of Western Flower thrips; Dramatic results in trial. *Pest & Disease Control*, 20-24.
- Poinar G.O., , G.M. Jr. Thomas & R. Hess, 1977.
Characteristics of the specific bacterium associated with Heterorhabditis bacteriophora (Heterorhabditidae: Rhabditida). *Nematologica*. 23: 1, 96-102.
- Poinar G.O., 1992.
Steinernema feltiae (Steinernematidae : Rhabditida) parasitizing adult fungus gnats (Mycetophilidae: Diptera) in California. *Fundamental and applied nematology* vol. 15 (5), 427-430.
- Poinar G.O. & G.M. Thomas, 1966.
Significance of *Achromobacter* nemato-philus Poinar and Thomas (Achromobacteraceae: Eubacteriales) in the development of the nematode, DD-136 (Neoplectana sp. Steinernematidae). *Parasitology* 56: pt. 2, 385-390.
- Premachandra D.W.T.S., C. Borgemeister, O. Berndt, R. U. Ehlers & H. M. Poehling, 2003a.
Laboratory bioassays of virulence of entomopathogenic nematodes against soil-inhabiting stages of *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). *Nematology* 5: 539-547.
- Premachandra D.W.T.S., C. Borgemeister, O. Berndt, R. U. Ehlers & H. M. Poehling, 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.
- Smith R.M., A.G.S. Cuthbertson & K.F.A. Walters, 2005.
NOTE: Extrapolating the Use of an Entomopathogenic Nematode and Fungus as Control Agents for *Frankliniella occidentalis* to *Thrips palmi*. *Phytoparasitica* 33 (5): 436-440.
- Stoll N.R., 1952. Axenic cultivation of the parasitic nematode, *Neoplectana glaseri*, in a fluid medium containing raw liver extract. *The Journal of Parasitology*, Vol. 39 (4), Section 1, 422-444.
- Strong D.R., 2002.
Populations of entomopathogenic nematodes in foodwebs. R. Gaugler *Entomopathogenic nematology*. 225-240. CABI Publishing New York.

- Tipping C., K.B. Nguyen, J.E. Funderburk, G.C. Jr. Smart, 1998.
Thripinema fuscum n. sp. (Tylenchida: Allantonematidae), a parasite of the tobacco thrips, *Frankliniella fusca* (Thysanoptera). *Journal of Nematology* 30: 2, 232-236.
- Tomalak M., 1991.
Selection of a nematode, *Steinernema feltiae*, for control of *Frankliniella occidentalis* and fungus gnats, *Bradysia* spp., in glasshouse crops. Joint EPPO-IOBC/EPSC Conf. on Plant Protection in Glasshouses (Naramowice, Poland), p. 33. (abstr).
- Tomalak M., 1994.
Genetic improvement of *Steinernema feltiae* for integrated control of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. IOBC/WPRS Bull. 17: 17-20.
- Trdan S., L. Kuznik & M. Vidrih, 2007a.
First results concerning the efficacy of entomopathogenic nematodes against *Hercinothrips femoralis* (Reuter). *Acta agriculturae Slovenica*, 89 - 1, august 2007: 5-13.
- Trdan S., D. Znidarcic & M. Vidrih, 2007b.
Control of *Frankliniella occidentalis* on glasshouse-grown cucumbers: an efficacy comparison of foliar application of *Steinernema feltiae* and spraying with abamectin. *Russian Journal of Nematology* 15 (1): 25-34.
- Wardlow L. R., S. Piggot & R. Goldsworthy, 2001.
Foliar application of *Steinernema feltiae* for the control of flower thrips. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent* 2001. 66:285–291.
- Williams E. C. & O. C. MacDonald.
Critical factors required by the nematode *Steinernema feltiae* for the control of the leafminers *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza bryoniae* and *Chromatomyia syngenesiae*. *Ann. Appl. Biol* 1995. 127:329–341.
- Williams E. C. & K. F. A. Walters.
Foliar application of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* against leafminers on vegetables. *Biocontrol Sci. Technol* 2000. 10:61–70.

