



Biologische bestrijding van rouwmuggen

Inventarisatie natuurlijke vijanden

Optimalisatie toepassing nematoden

Ontwikkeling van een openkweekstelsel voor bodemroofmijten

Juliette Pijnakker, Amir Grosman, Ada Leman, Anton van der Linden en Eric De Groot



Referaat

Rouwmuggen zijn zeer algemeen in kassen, en meestal talrijker dan de typische plaag-insecten. De meeste soorten voeden zich met schimmels en met organisch materiaal, en zijn onschadelijk voor planten. Enkele soorten kunnen schadelijk zijn in zaaibedden, aan stekmateriaal en aan jonge planten. Veel breedwerkende insecticiden hebben een effect op de muggen en hun larven, maar het probleem blijft dat de populaties zich echter snel herstellen. De afgelopen jaren zijn er een aantal biologische bestrijders getest als alternatief voor synthetische bestrijdingsmiddelen, waaronder nematoden, bacteriën, bodemroofmijten en kortschildkevers. Dit project has als doel om de biologische bestrijding van rouwmug te verbeteren. Natuurlijke vijanden van rouwmuggen werden verzameld in Nederlandse kassen. Roofvliegen, roofmijten en sluipwespen bleken algemene natuurlijke vijanden van rouwmuggen. Een literatuurstudie over natuurlijke vijanden en vangmethoden werd uitgevoerd. Verschillende strategieën met nematoden werden getest. Nematoden bleken goed toepasbaar te zijn op pluggen in tegenstelling tot wat veel telers denken. De toepassing van nematodes bleek het meest optimaal op een periode van zes weken. Openweeksystemen voor bodemroofmijten werden ontwikkeld om de effectiviteit van deze predatoren te verbeteren. In kasproeven is aangetoond dat de ontwikkelde openweeksystemen de dichtheid van bodemroofmijten in het gewas vergroten t.o.v. huidige introducties. In praktijkproeven bleken de openweeksystemen gevoelig voor uitdroging. Deze werden aangepast om dit probleem te vermijden.

Abstract

Fungus gnats are very common in greenhouses and are usually more numerous than any other pests. Most of the species feed on fungi and organic matter and are harmless to plants. Some species can cause damages in seedlings, cuttings and young plants. Many broad spectrum insecticides have an effect on the adult gnats and their larvae, but the problem persists because of the fast recovery of the populations. The last years a number of biological control agents were tested as alternatives to synthetic pesticides, including nematodes, bacteria, soil dwelling predatory mites and rove beetles. This project aimed at improving biological control of fungus gnats. Natural enemies of fungus gnats were collected in Dutch greenhouses. Predatory flies, predatory mites and wasps seemed to be common natural enemies of fungus gnats. A literature study on natural enemies and trapping methods were done. Several strategies with nematodes were tested. Nematodes were found to be effective in plugs contrary to what many growers think. The use of nematodes was the most optimal when these were applied for a period of six weeks. Open rearing systems for soil dwelling predatory mites were developed in order to improve the efficacy of the predators. Greenhouse experiments have demonstrated that the systems increase the density of predatory mites in the growing substrate in comparison with the current introductions of predatory mites. The main problem in the first field trials was moisture loss. The rearing systems have been adapted to solve this problem.

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO. Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax: 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl / info@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Probleembeschrijving en doelstelling	5
	Deel I - Juliette Pijnakker	7
1	Rouwmuggen	9
2	Vangtechnieken	11
3	Verzamelen van natuurlijke vijanden in de praktijk	13
	3.1 Materiaal en Methode	13
	3.2 Resultaten	13
	3.3 Conclusie	13
4	Natuurlijke vijanden van rouwmuggen	15
	4.1 Roofvliegen	15
	4.1.1 <i>Coenosia spp.</i>	15
	4.2 Sluipwespen	16
	4.2.1 <i>Synacra sp.</i>	16
	4.2.2 <i>Cryptoserphus aculeator</i>	16
	4.2.3 <i>Disogmus</i>	16
	4.3 Roofkevers	17
	4.3.1 <i>Atheta coriaria</i> (kortschildkever)	17
	4.4 Insectenparasitaire aaltjes	17
	4.4.1 Werking	17
	4.4.2 Doseringen	18
	4.5 Roofmijten	19
	4.5.1 <i>Hypoaspis miles</i> en <i>Hypoaspis aculeifer</i>	19
	4.5.2 <i>Stratiolaelaps scimitus</i>	20
	4.5.3 <i>Arctoseius semiscissus</i>	20
	4.5.4 <i>Parasitus spp.</i>	20
	4.5.5 <i>Protogamasellopsis posnaniensis</i>	20
	4.5.6 <i>Macrocheles robustulus</i>	20
	4.6 Entomopathogene schimmels	21
5	Optimaliseren van de toepassing van aaltjes	23
	5.1 Wordt een deel van de aaltjes uitgespoeld?	23
	5.1.1 Materiaal en methode	23
	5.1.2 Resultaten	23
	5.2 Testen van het effect van 6 substraatmengsels op het effectiviteit van de nematode <i>Steinernema feltiae</i>	24
	5.2.1 Materiaal en methode	24
	5.2.2 Resultaten	25
	5.3 Test van 3 toepassingen van de nematode <i>Steinernema feltiae</i>	25
	5.3.1 Materiaal en Methode	25
	5.3.2 Resultaten	26

	Deel II - Amir Grosman	29
6	Openkweeksyteem voor bodemroofmijten	31
	6.1 Introductie	31
	6.1.1 Bestrijding van rouwmuggen met bodemroofmijten	31
	6.1.2 Toplaag verbetert de populatieopbouw van bodemroofmijten	31
	6.1.3 Van toplaag naar openkweekstelsel voor bodemroofmijten	32
	6.1.4 Inventarisatie randvoorwaarden openkweekstelsel	33
	6.2 Samenstelling openkweekstelsel	34
	6.2.1 Screening kweekmedia	34
	6.2.1.1 Materiaal en methode	34
	6.2.1.2 Resultaten en conclusie	36
	6.2.2 Doortesten beste kweekmedia	37
	6.2.2.1 Materiaal en methode	37
	6.2.2.2 Resultaten en conclusie	38
	6.2.3 Ontwikkeling prooi- en roofmijten	39
	6.2.3.1 Materiaal en methode	39
	6.2.3.2 Resultaten en conclusie	40
	6.3 Vorm van openkweekstelsel	41
	6.3.1 Ontwerp potentiële openkweeksystemen	42
	6.3.2 Prototypes openkweeksystemen	43
	6.3.2.1 Materiaal en methode	43
	6.3.2.2 Resultaten en conclusie	45
	6.3.3 Aangepaste openkweeksystemen	47
	6.3.3.1 Materiaal en methode	47
	6.3.3.2 Resultaten en conclusie	49
	6.4 Praktijkproeven	51
	6.4.1 Praktijkproef 1	51
	6.4.1.1 Materiaal en methode	51
	6.4.1.2 Resultaten en conclusie	51
	6.4.2 Praktijkproef 2	52
	6.4.2.1 Materiaal en methode	52
	6.4.2.2 Resultaten en conclusie	54
	6.4.3 Praktijkproef 3	55
	6.4.3.1 Materiaal en methode	55
	6.4.3.2 Resultaten en conclusie	56
	6.5 Conclusies en aanbevelingen	57
7	Conclusies & aanbevelingen	59
8	Literatuur	61

Probleembeschrijving en doelstelling

Rouwmuggen kunnen massaal optreden bij aanwezigheid van vers organisch materiaal, bijvoorbeeld op compostering-bedrijven. Ze zijn zeer algemeen in kassen, en meestal talrijker dan de typische plaag-insecten. De meeste soorten voeden zich met schimmels en met dood organisch materiaal en zijn onschadelijk voor planten. Enkele soorten hebben de grens tussen dood en levend materiaal overschreden: hun larven voeden zich ook met jonge wortels en zachte stengels. Zij kunnen schadelijk zijn in zaaibedden, aan stekmateriaal en aan jonge planten. De vraatschade levert toegangspoorten op voor ziekteverwekkers zoals de schimmels *Fusarium*, *Pythium*, *Phoma* en *Verticillium*. Omdat beschimmeld materiaal vervolgens weer meer rouwmuggen aantrekt, ontstaat een vicieuze cirkel, waarbij niet altijd duidelijk is wat de primaire oorzaak van het probleem is. Volwassen rouwmuggen worden er bovendien van verdacht een rol te spelen bij het verspreiden van schimmelsporen en bacteriën. De schade aan volwassen planten met een gezond en goed ontwikkeld wortelgestel is over het algemeen verwaarloosbaar. Bij massaal optreden kunnen de muggen hinderlijk zijn voor de medewerkers en vervuiling veroorzaken door de uitwerpselen.

Het doel van het project is om maatregelen te ontwikkelen waarmee rouwmuggen beter beheersbaar zijn in sierteelt-gewassen voor de glastuinbouw.

Het project bestaat uit de volgende onderdelen:

- Literatuurstudie over natuurlijke vijanden en vangtechnieken
- Opsporen van natuurlijke vijanden in de praktijk
- Optimaliseren van de toepassing van aaltjes
- Ontwikkeling van een openkweekstelsel voor bodemroofmijten
- Ontwikkeling van beheerstrategieën voor rouwmuggen

Deel I - Juliette Pijnakker

Inventarisatie natuurlijke vijanden

Optimalisatie toepassing nematoden

1 Rouwmuggen

Rouwmuggen (Sciaridae of in de praktijk sciara's genoemd) komen zeer algemeen voor in kassen, met name bij aanwezigheid van vers organisch materiaal. Ze kunnen massaal optreden. Deze kleine zwartgrijze mugjes behoren tot de familie van de Sciaridae en tot de orde van de Diptera. Rouwmuggen werden vroeger tot de paddestoelmuggen (Mycetophilidae) gerekend, maar tegenwoordig als aparte familie beschouwd. Het is een zeer grote groep, met zo'n 600 beschreven soorten in Europa en duizenden soorten wereldwijd.

De meeste soorten voeden zich met schimmels en met dood organisch materiaal en zijn onschadelijk voor planten (Freeman, 1983). Enkele soorten hebben de grens tussen dood en levend materiaal overschreden: hun larven voeden zich ook met jonge wortels en zachte stengels (Hamlen & Mead, 1979). De belangrijkste schadelijke soorten in de tuinbouw zijn *Lycoriella auripila* (de champignonmug), *Sciara prothalliorum* (de varenrouwmug) en *Bradysia paupera* (Harris *et al.* 1995). In Europese kassen is *Bradysia paupera* de meest gemelde soort (Harris *et al.* 1995). De rouwmuggen, *Sciara prothalliorum*, zijn vrijwel over de hele wereld bekend. *Bradysia coprophila* (Lintner) en *Bradydia impatiens* (Johannsen) worden veel in Amerikaanse kassen waargenomen.

De volwassen rouwmuggen zijn klein (3-8 mm) met betrekkelijke lange poten. Ze veroorzaken geen schade aan het gewas. Na paring leggen vrouwtjes zo'n 1000 eieren, in groepen van 200, op vochtige grond of substraat (Nielsen, 2003). Dit is meestal in de buurt van rottend materiaal, mossen of algen. De eieren komen binnen 2-3 dagen uit bij 25 °C, na 9-12 dagen bij 15 °C. De ontwikkeling van de vier larven stadia duurt 24-27 dagen. De pootloze larven zijn ongeveer 5 mm lang, helder wit en hebben een glanzend zwarte kopkapseltje (Figuur 1.). De larven leven van organisch materiaal, schimmels of wortels. De verpopping vindt in het substraat of de grond plaats. De poppen zijn grijsbruin van kleur en ongeveer 3 mm groot. Na 8 dagen komen de poppen uit. De totale levenscyclus duurt ongeveer 44 dagen. In de zomer duurt de cyclus slechts 20-25 dagen (Wilkinson & Daugherty, 1970; Nielsen, 2003).

De larven van rouwmuggen kunnen grote schade aanrichten. Ze boren zich in de wortel en/of stengel van stekken, zaailingen of jonge planten. De door larven aangevreten plekken zijn invalspoorren voor schadelijke schimmels, bacteriën en virussen. Zowel de larven als de volwassenmuggen worden er van verdacht dat ze virussen, bacteriën en schimmelsporen verspreiden. De schade aan volwassen planten met een gezond en goed ontwikkeld wortelstelsel is over het algemeen verwaarloosbaar. De muggen kunnen, bij massaal optreden, hinderlijk zijn voor de medewerkers en vervuiling van de producten veroorzaken door de uitwerpselen.



Figuur 1. Larve en volwassen varenrouwmug.

2 Vangtechnieken

Gele vangplaten worden voornamelijk gebruikt om volwassen rouwmuggen te vangen en monitoren. Deze worden boven het gewas individueel opgehangen of in de vorm van een rollertrap (Figuur 2.). Soms wordt een rollertrap gekoppeld aan een systeem dat wekelijks langzaam bovenlangs over het gewas wordt gerold.

Sommige onderzoekers maken gebruik van **aardappelponsjes** op het teeltmedium om rouwmuggen nauwkeurig te monitoren. Deze methode wordt alleen in het onderzoek toegepast.

De volwassen rouwmuggen worden agetrokken door **licht**. Ze hebben een voorkeur voor een hoge lichtintensiteit. Een val, de “sticky light trap”, werd ontwikkeld en getest met *Lycoriella mali* en *Bradysia paupera* (Ishitani, 1997). De val bestond uit een plastic cilinder (27-cm hoog x 13-cm diameter) met een vangplaat gerold om een zwart fluorescentielamp die zichtbare blauwe en UV licht uitstootte. De val ving 2,5 keer meer rouwmuggen dan een electrocutie lamp met dezelfde lichtbron.

Telers gebruiken over het algemeen vanglampen of insectenverdelgers met ultra violet licht om rouwmuggen aan te trekken. De muggen vliegen tegen het rooster van de lampen, dat onder stroom staat en worden door electrocutie gedood. Vrouwtjes van sommige soorten rouwmuggen zoals *Bradysia difformis*, *Bradysia tritici*, *Bradysia optata* en *Bradysia tilicola* produceren seksuele lokstoffen. Niet alle mannelijke rouwmuggen reageren op deze stoffen. In de praktijk wordt er geen gebruik van deze seksuele **feromonen** gemaakt om rouwmuggen te vangen. Vermoedelijk komt het door het grote scala aan aanwezige soorten.

Om plagen **op te zuigen** bestaan verschillende systemen. De meesten werden ontwikkeld om kevers te vangen, maar kunnen ook tegen rouwmuggen worden toegepast. Tegen rouwmuggen worden ze zelden gebruikt.



Figuur 2. Vangtechnieken.

3 Verzamelen van natuurlijke vijanden in de praktijk

3.1 Materiaal en Methode

Bakken met een kweekmedium en larven van rouwmuggen werden in 2011 en 2012 bij drie telers geplaatst om natuurlijke vijanden op te sporen.

3.2 Resultaten

Tijdens het project zijn sluipwespen-, roofmijten- en roofvliegensoorten en een roofkever verzameld. Veel roofvliegen *Coenosia attenuata* werden verzameld. *Atheta coriaria* werd bij één teler waargenomen.

De drie commerciële beschikbare bodemroofmijten *Hypoaspis miles*, *Hypoaspis aculeifer* en *Macrocheles robustulus* en de spontaan optredende soorten *Lasioseius* sp. en *Parasitus* spp. (twee soorten) werden in de monsters aangetroffen. Onbekend is of *Lasioseius* op rouwmuggen predeert. De sluipwespen die werden gevangen werden door specialisten geïdentificeerd als *Synacra paupera* en *Aphaereta debilitata* (Morley) (Braconidae: Alysiniinae). *Aphaereta debilitata* is bekend als parasieten van Ephydridae (zoals de oevervliegen), maar niet van Sciaridae.

3.3 Conclusie

Wanneer de bodem rijk is aan organische stof worden veel larven van Sciaridae gevonden. Dit bevordert het optreden van *Coenosia* soorten, Empididae en Dolichopodidae. Goede omstandigheden handhaven is essentieel om predatoren te bevorderen.

Sluipwespen die op rouwmuggenlarven parasiteren waren in 2011 en 2012 moeilijk te vinden. De meeste voorkomende soort was *Synacra paupera*.

4 Natuurlijke vijanden van rouwmuggen

4.1 Roofvliegen

Er bestaan veel soorten vliegen (Diptera of tweevleugeligen) die op andere insecten jagen (Figuur 3.). Ze komen uit diverse families, de bekendste familie is Muscidae met verschillende *Coenosia* soorten. Andere families zijn Hybotidae, Empididae (dansvliegen) en Dolichopodidae (langpootvliegen). Officieel worden alleen soorten uit de familie Asilidae roofvliegen genoemd al zijn het niet de enige rovers. Asilidae komen meest voor in droge zonnige (natuur)gebieden. Van veel soorten uit de genoemde families is nauwelijks iets bekend over de biologie.



Figuur 3. links Vermoedelijk *Platypalpus* sp. (Diptera:Hybotidae), midden en rechts *Coenosia attenuata*.

4.1.1 *Coenosia* spp.

Vliegen van het geslacht *Coenosia* treden in kassen vaak massaal op. Ze zijn gemakkelijk te kweken op oevervliegen. *Coenosia*'s kunnen 2-3 maanden oud worden.

Tot de groep Coenosiini behoren onder andere de soorten *Coenosia attenuata*, *Coenosia atra*, *Coenosia humilis*, *Coenosia strigipes*, *Coenosia testacea*, *Coenosia tigrina* en *Schoenomyza litorella*. Sommige soorten komen voor in kassen waar weinig chemische bestrijdingsmiddelen worden toegepast.

Levenscyclus

- Eieren: afzonderlijk gelegd in vochtige grond, komen na 5-6 dagen uit bij 25 °C.
- Larven: witte maden van ca. 1,5 mm, in de grond/ teeltmedium. Ze eten larven van bodeminsecten, zoals sciara's.
- Larve- en popstadium duurt ieder 11 dagen bij 25 °C.

Uiterlijk is *Coenosia* een kleine uitvoering van een kamervlieg.

Prooien

Roofvliegen opereren vanaf een hoge uitzichtspost; in een kas zitten ze meestal op de gewasdraden.

Als er een insect voorbijvliegt, even groot of iets kleiner dan zij zelf, vliegt de jachtvlieg er naar toe en vangt het insect met haar poten uit de lucht.

Met haar prooi keert ze terug naar haar zitplaats; is het slachtoffer aan de grote kant, dan tuimelt ze vaak met prooi *et al.* op de grond. Met haar steeksnuit doorboort ze de cuticula op een zachte plek, b.v. in de nek, en zuigt haar prooi leeg.

Coenosia valt vliegende insecten aan uit de orde van de Diptera:

- rouwmuggen: *Lycoria*, *Sciara*;
- oevervliegen: *Scatella*, *Scatophila*;
- bloemvliegen: *Delia*;
- dansmuggen; halmvliegen;
- fruitvliegen: *Scaptomyza*;
- mineervliegen: *Lyriomyza*, *Chromatomyia* en vliegende insecten uit de orde van de Hemiptera;
- wittevliegen: *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*.

4.2 Sluipwespen

4.2.1 *Synacra* sp.

De sluipwesp *Synacra paupera* (Figuur 4.) komt spontaan voor in onze kassen. Ze wordt vaak bij telers aangetroffen op gele vangplaten. De sluipwesp behoort tot de familie Diapriidae en de subfamilie Belytinae. De volwassen sluipwesp is net zo groot als een volwassen rouwmug. Zoals alle sluipwespen onderscheidt *Synacra* zich van rouwmuggen door de constructies tussen het hoofd en de thorax en de thorax en het achterlijf. Haar achterlijf is puntig, de antennes zijn geknikt met zwarte en verdikte uiteinden. De vrouwtjes zijn roodbruin met zwarte ogen, de mannetjes zijn zwart van kleur, met antennes die ongeveer zo lang zijn als het lichaam. *Synacra* legt haar eieren en ontwikkelt zich in de larven van *Bradysia paupera*, maar niet in die van *Lycoriella solani*. De drie larvale stadia van rouwmuggen kunnen worden geparasiteerd. *Synacra* is een solitaire sluipwesp: slechts één sluipwesp komt uit een pop van een rouwmug. De geparasiteerde larve blijft in leven tot het popstadium en blijft in die tijd schade veroorzaken.

Bij 23 °C ontwikkelt de sluipwesp zich in 25 dagen en bij 17 °C in 45 dagen. De vrouwtjes produceren gemiddeld 272 nakomelingen bij 23 °C en 290 bij 17 °C (Hellqvist, 1994). Bij de Universiteit van Illinois Plant Sciences Conservatory leverde *Synacra* voldoende bestrijding van rouwmuggen, zodat het ingrijpen met insecticiden niet nodig was (Cloyd, 2004).



Figuur 4. *Synacra* sp.

4.2.2 *Cryptoserphus aculeator*

Cryptoserphus aculeator Haliday (Figuur 5.) is een Proctotrupidae. Bij 23 °C duurt de ontwikkeling van deze sluipwesp 25 dagen, bij 17 °C 45 dagen. Al in 1914 melde Kieffer dat *Cryptoserphus aculeator* (Haliday) een soort is die rouwmuggen parasiteert. Dit werd vastgelegd door Masner in 1968. Hij kweekte de wesp uit poppen van *Mycetophila ruficollis* Meig. en *Exechia contaminata* Winnertz.



Figuur 5. *Cryptoserphus aculeator* Bron: http://arthropoda.pavouci-cz.eu/CZ%20INSECTA/CZ%20HYMENOPTERA/Karta_Cryptoserphus_aculeator.htm.

4.2.3 *Disogmus*

Sommige soorten van het geslacht *Disogmus* Förster en de familie Proctotrupeoidea kunnen rouwmuglarven bestrijden (Kolyada & Perkovsky, 2011). Er is weinig bekend over deze sluipwespen.

4.3 Roofkevers

4.3.1 *Atheta coriaria* (kortschildkever)

Het volwassen *Atheta coriaria* (Figuur 6.) is ca 3 tot 4 mm lang, donkerbruin tot zwart glimmend van kleur. Over het hele lichaam is de kever behaard. Er zijn drie larvale stadia die van wit naar bruin-oranje gekleurd zijn.

Zowel de larven als de volwassenen zoeken actief naar prooien. De ontwikkelingsduur van ei tot volwassen kever duurt ca. 3 weken bij 25 °C. *Atheta coriaria* voedt zich o.a. met rouwmuggen en oevervliegen (Jandricic *et al.* 2006). Onder laboratoriumomstandigheden kan een volwassen *Atheta* meer dan 150 eieren van de rouwmugsoort *Bradysia impatiens* eten gedurende een periode van 24 uur (Carney *et al.* 2002). In een proef van Birken *et al.* 2007 at de volwassen kortschildkever 82 larven van *Bradysia* sp. in 6 dagen en de larve 73 rouwmuglarven. De volwassen roofkever kan hierna nog ongeveer 3 weken actief zijn, waarbij zij in de eerste twee weken ongeveer 8 eieren per dag zal afzetten.



Figuur 6. Volwassen *Atheta coriaria*.

4.4 Insectenparasitaire aaltjes

4.4.1 Werking

In kassen is het gebruik van commercieel geproduceerde insectparasitaire nematoden uitgegroeid tot een belangrijk alternatief voor de chemische bestrijding van rouwmuggen (Grewal & Georgis, 1998; Tomalak *et al.* 2005). Insectenpathogene nematoden werden meer dan 70 jaar geleden voor het eerste gekweekt en worden nu voor commerciële doeleinden als biopesticide geproduceerd met drie kweekmethoden: in vivo, in vitro met vaste en vloeibare fermentatie.

Het effect van *Steinernema feltiae* (Figuur 7.) tegen sciaralarven (*Bradysia* sp.) is goed onderzocht zowel in potplanten in kassen (Gouge & Hague, 1994, Lindquist *et al.* 1994, Harris *et al.* 1995) als in vermeerderingspluggen in opweekkassen (Gouge & Hague, 1993) of in compost van champignonsteelt (Grewal & Richardson, 1993).

Entomopathogene nematoden doden rouwmuggen met de hulp van mutualistische bacteriën, die zich in de darm van de nematoden bevinden. Infectieuze juveniele nematoden dringen de gastheer binnen via natuurlijke openingen zoals mond, anus en spiracelen of soms via de cuticula van het insect. IN het insect komen de bacteriën van uit de nematoden vrij. Deze zijn de primaire oorzaak van de doding van de rouwmuggen. Dat vindt plaats tussen 24 en 72 uur. Nadat de nematoden zich één tot drie generaties in het dode insect hebben ontwikkeld, komen nieuwe infectieuze juvenilen uit het dode insect om nieuwe gastheren te vinden.

De nematoden en bacteriën helpen elkaar (symbiose). De bacteriën helpen de nematoden aan nutriënten, produceren antibiotica die microben inhiberen, en doden het gastheer-insect door septicaemia. De nematoden zelf spelen ook een rol bij de doding van rouwmuggen via het stilleggen van het immuun systeem en de productie van een toxine. Ze zijn ook de vectoren voor de bacteriën. Zonder de nematoden kunnen de bacteriën niet overleven en ze zijn niet pathogeen als ze door het gastheer-insect gegeten worden. Steinernematidae zijn geassocieerd met de bacterie *Xenorhabdus* spp. en *Heterorhabditidis* met *Photorhabdus* spp.

De meest kritieke periode voor de nematoden zijn de eerste paar minuten en uren direct na de toediening. Grote verliezen, in de orde van 40-80%, treden vaak op tijdens deze fase. Predatie, infectie door antagonisten, uitputting van energie en

verdroging, invloed van een mestof bestrijdingsmiddel zijn belangrijke factoren voor sterfte bij het toedienen van aaltjes in de praktijk. Ultraviolette straling en uitdroging zijn waarschijnlijk de belangrijkste mortaliteitsfactoren. De aaltjes dat in de bodem heeft overleefd en zich heeft vestigd, neemt geleidelijk met 5 tot 10% per dag af. Sommige onderzoekers denken dat minder dan 1% van de toegediende populatie nog steeds leeft na 2-6 weken. Door het ontstaan van een nieuwe generatie in gastheerinsecten kunnen nematoden jaren lang in leven blijven.

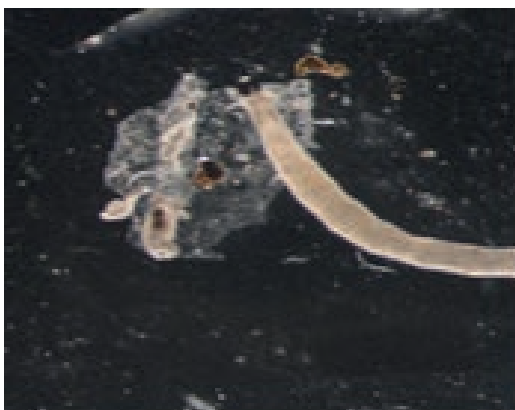
Een breed scala aan technologieën is beschikbaar voor het toepassen van entomopathogene nematoden waaronder diverse irrigatiesystemen en spuitapparaturen. De keuze van een apparaat voor de toepassing van aaltjes kan aanzienlijke gevolgen hebben op het bestrijdingseffect. Verschillende soorten spuitdoppen of pompsysteem kunnen het effect van de nematoden beïnvloeden. Aaltjes kunnen beschadigd worden en doppen kunnen verstopt raken. De spuitdruk bij toediening van aaltjes mag voor sommige nematodensoorten oplopen tot 2000 kPa zonder dat noemenswaardige schade optreedt, terwijl andere soorten een lagere druk vereisen, bijvoorbeeld 1380 kPa voor *Heterorhabditis megidis*.

4.4.2 Doseringen

De nematode *Steinernema feltiae* wordt het meest gebruikt door telers tegen rouwmuggen. De nematoden worden over het algemeen in een watersuspensie toegepast en gespoten op het substraat van de plant om zowel het larvalestadium als het popstadium te bestrijden. Het kiezen van een juiste concentratie van nematoden en het juiste tijdstip zijn cruciaal om de kosten te beperken en een effectieve bestrijding van rouwmuggen in de kas te krijgen.

In het algemeen is een toepassing van $2,5 \times 10^5$ infectieuze jonge exemplaren van *S. feltiae* per m^2 dodelijk voor meer dan 50% van de varenrouwmuggen in de kas. Gegevens over effectieve doseringen verschillen volgens de studies. Onderzoeker Shapiro adviseert ook doseringen van minimum $2,5 \times 10^5$ aaltjes/ m^2 . Andere onderzoekers melden effectieve toedieningen van *Steinernema feltiae* met de dosering $1,5 \times 10^6$ nematoden/ m^2 , $1,25 \times 10^5$ aaltjes/ m^2 in een enkele toepassing of $2,5 \times 10^5$ aaltjes/ m^2 in vier split toepassing, $7,8 \times 10^5$ *Steinernema feltiae* / m^2 (Gouge *et al.* 1995), 1×10^6 nematoden van gemengde soorten/ m^2 gebruikt in het veld (Zhang *et al.* 1994), twee toepassing van 1×10^6 of $1,5 \times 10^6$ nematoden/ m^2 met een interval van 3 weken (Buxton, 1993).

Het teeltmedium in de potten heeft invloed op de overleving, persistentie en de werkzaamheid van insectenparasitaire nematoden in productiekassen (Nielsen, 2003) en ook op de te gebruiken dosering. Pluggen worden vaak beschouwd als ongeschikt voor het toedienen van aaltjes. Aan dit aspect werd in een aparte deel van dit project aandacht besteed. Sommige adviezen wijzen uit dat frequente toedieningen van lage aantallen nematoden kan resulteren in aanzienlijke onderdrukking van de plagen. Dat werd ook in dit project getest.



Figuur 7. Nematoden *Steinernema feltiae*.

4.5 Roofmijten

4.5.1 *Hypoaspis miles* en *Hypoaspis aculeifer*

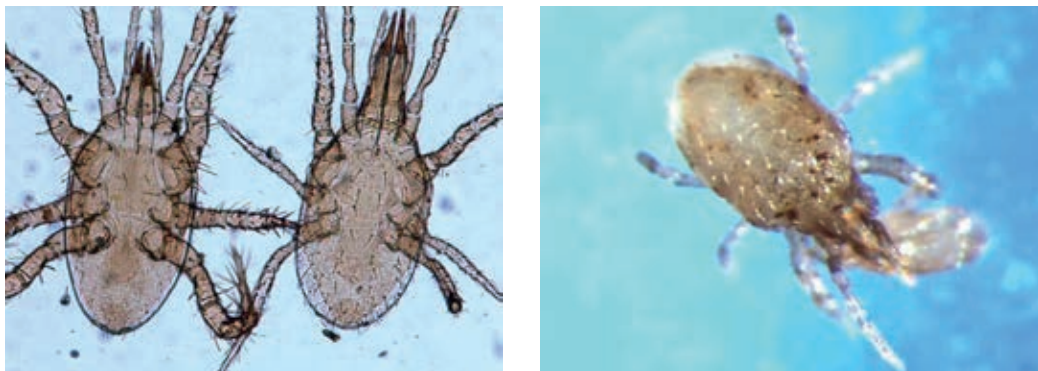
Twee soorten bodemroofmijten van het geslacht *Hypoaspis*: *Hypoaspis miles* Berlese en *Hypoaspis aculeifer* Canestrini (Acari: Laelapidae) (Figuur 8.) werden in 1995 op de markt gebracht ter bestrijding van tripspoppen, springstaarten, bollenmijt *Rhizoglyphus robini* (Enkegaard *et al.* 1997; Lesna *et al.* 1996) en larven van vliegen en rouwmuggen (Ali *et al.* 1999; Ydergaard *et al.* 1997). Over het algemeen worden beide roofmijtensoorten in een dosering van 100 roofmijten/m² aan telers geadviseerd.

Deze roofmijten zijn vaak onderzocht in projecten rond biologische bestrijding. De biologie van *Hypoaspis miles* werd goed vastgelegd door Ydergaard *et al.* in 1997 en Wright en Chamber in 1994.

Deze roofmijten kunnen zeer talrijk in de strooilaag en aan het grondoppervlakte worden waargenomen. *Hypoaspis*-soorten zoeken meestal hun prooien in de eerste centimeters van de potgrond (ca. 1,3 cm diep) (Karg, 1979 ; Karg & Freier, 1995). De bodemroofmijten zijn zeer polyfaag. Ze vallen de kleinste insecten in de grond aan (aaltjes, springstaarten, muggenlarven, tripspoppen en mijten) (Karg, 1995).

De roofmijtensoorten vallen alle larvestadia van rouwmuggen aan. Het aantal opgegeten rouwmuglarven is afhankelijk van de grootte van de larven. Eieren van *Bradysia* worden weinig gegeten en poppen worden niet aangevallen (Wright & Chambers, 1994). *H. miles* consummerte tussen 1 en 7 larven van rouwmuggen per dag.

Lindquist *et al.* (1994) hebben *H. miles* tegen rouwmuggen en oevervliegen in potplanten getest. De onderzoekers bereikten een afname van de plaag van 17 tot 55% na een experiment van 10 weken. Jess en Schweizer konden ook in 2009 het aantal larven van de rouwmug *Lycoriella ingenua* (Dufour) aanzienlijk reduceren in het teeltsubstraat van een commerciële champignonteelt met het toepassen van de roofmijt *Hypoaspis miles* Berlese in de dosering 830 roofmijten per m² (Jess & Schweizer, 2009). *H. miles* en *H. aculeifer* werden ook getest op muntplanten *Mentha piperita* L. tegen *Scatella tenuicosta* Collin (Diptera: Ephydriidae) in de volgende doseringen: 7, 14 en 36 mijten per 0,3 liter potgrond (1000, 2000 en 5000 /m² turf). De roofmijten werden in de potten uitgezet vóór het loslaten van de rouwmuggen. Met de preventieve dosering van 36 roofmijten per pot, reduceerde *H. aculeifer* na 2 weken met 84 - 100% het aantal rouwmuggen en met 92-97% na 3 weken. Met *H. miles* werd respectievelijk een afname van 92 - 100% en 68 - 97% bereikt.



Figuur 8. *Hypoaspis aculeifer* (links) en *Hypoaspis miles* (midden en rechts).

De biologie van *Hypoaspis miles* is goed bestudeerd (Wright & Chambers, 1994; Ydergaard *et al.* 1997). De ontwikkeling van ei tot volwassen mijt duurt 9 dagen bij 28 °C en 33 dagen bij 15 °C. Bij 10 °C komen eieren niet meer uit, adulten worden weinig mobiel, voeden zich niet en vrouwtjes leggen geen eieren meer. Bij 32 °C komen slechts nog enkele eieren uit.

Adulten van *H. miles* overleven 24 dagen zonder eten en 65 dagen wanneer ze worden gevoerd. Op een gemengde dieet van larven van *Bradysia paupera* Tuomikoski en larven van *B. tritici* Coquillet is de eilegperiode bij 15°C 58 dagen en 25 dagen bij 30°C. *Hypoaspis miles* legt 0,4 eieren per dag bij 15°C en 2,3 eieren bij 30 °C. Vrouwtjes leven 90 dagen bij 15°C en 34 dagen bij 30°C.

4.5.2 *Stratiolaelaps scimitus*

De roofmijt *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) is effectief tegen larven van de rouwmug *Bradysia matogrossensis* (Lane) in teelten van de zwammensoort *Agaricus blazei*. Introducties van 665 of 1330 *S. scimitus* per 15 L container reduceerden aanzienlijk de schade (Freire *et al.* 2007).

4.5.3 *Arctoseius semiscissus*

De roofmijt *Arctoseius semiscissus* is een mijt van de familie van de Ascidae. Ze voedt zich op rouwmugeieren. Op dit voedsel ontwikkelt *Arctoseius* zich (van ei tot volwassen mijt) in ca. 8 dagen, met een overlevingskans van 68% en een seks- ratio van 0,62. De vrouwtjes leggen ca. 60 eieren per vrouwtje in max. 35 dagen en 79% van de eieren komen uit (Rudziska M., 1998).

4.5.4 *Parasitus spp.*

Veel soorten *Parasitus* zoals *P. consanguineus* en *P. bituberosus* zijn bekende predatoren van larven van rouwmuggen. *Parasitus consanguineus* is een predator van larven van de rouwmug *Lycoriella ingenua* (Szlendak & Lewandowski, 2009). In proeven uitgevoerd in commerciële teelten van paddestoelen verminderde *Parasitus bituberosus* het aantal volwassen rouwmuggen *Lycoriella solani* van 50 tot 66%. Het teeltrendement werd met 18% verhoogd en de hoeveelheid onverkoopt product werd met 50% verminderd (Al Amidi *et al.* 1991).

4.5.5 *Protogamasellopsis posnaniensis*

Protogamasellopsis posnaniensis is een mijt van de familie van de Rhodacaridae. Ze voedt zich met eieren en larven van de rouwmug *Bradysia matogrossensis* (Castilho *et al.* 2009a).

4.5.6 *Macrocheles robustulus*

Met financiering van het ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw werd de laatste jaren aan deze soort veel aandacht besteed in diverse projecten (Messelink & van Holstein, 2008 ; Pijnakker *et al.* 2011, PT verslag Bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen, 34 pp, Interne Projectnummer: 3242070400, PT-nummer: 13804). *Macrocheles robustulus* (Figuur 9.) werd door onderzoeker Gerben Messelink van Wageningen UR Glastuinbouw de afgelopen jaren met verschillende andere soorten bodemroofmijten verzameld. *Macrocheles* werd daaruit geselecteerd omdat deze roofmijt vaak talrijker in sommige teelten met grondkoeling was gevonden dan *Hypoaspis*. De bodemroofmijt *Macrocheles robustulus* valt plagen aan zoals tripspoppen, muggen- en vliegenlarven.



Figuur 9. *Macrocheles robustulus*.

Hoewel de eerste experimenten tegen trips werden uitgevoerd bleek deze roofmijtsoort een goede bijdrage in de bestrijding van larven van rouwmuggen te leveren (Pijnakker *et al.* 2011). Echter vestiging van deze bodemroofmijtsoort wordt niet altijd bereikt (Pijnakker & Leman, 2013). In dit project werden proeven uitgevoerd om de vestiging van deze bodemroofmijt te bevorderen en werd een systeem ontwikkeld dat continu voermijten beschikbaar stelt voor de predatoren. In de praktijk wordt deze roofmijtsoort aan telers geadviseerd in een concentratie van 250 roofmijten/m².

4.6 Entomopathogene schimmels

In Engeland werd de entomopathogene schimmel *Furia sciarae* waargenomen op larven van rouwmuggen in kruiden en potplanten. Er is weinig bekend over deze schimmel. Toch worden meldingen gevonden in China en de VS in champignonenteelten met 60 tot 95% bestrijding van de plaag.

Huang vond de schimmel (die hij *Erynia ithacensis* noemde) in populaties van de mug *Phoradonta flavipes*, een plaag in de champignonenteelt in het zuidoosten van China. De schimmel veroorzaakte tot 60% sterfte in vliegenpopulaties (Huang *et al.* 1992). In de Verenigde Staten, testte Betterley (1989) *F. sciarae* (die hij *E. montana* noemde) tegen de rouwmug *Lycoriella mali* in een champignonenteelt. Geïnfecteerde vliegen werden verzameld uit een champignonkwekerij in het noorden van Californië, en de schimmel werd met succes gekweekt op een gespecialiseerd medium. Schimmelsporen of mycelium werden vervolgens aan de compost toegevoegd. Infectieniveau en sterfte van 85 - 95% werden in larven bereikt en 40 - 80% bij volwassen insecten. Er is geen commerciële produkt van deze schimmelsoort op de markt beschikbaar. De produkten die in Nederland commercieel beschikbaar zijn, zijn in potplanten getest zonder resultaten (Pijnakker & Leman, 2011).

5 Optimaliseren van de toepassing van aaltjes

5.1 Wordt een deel van de aaltjes uitgespoeld?

5.1.1 Materiaal en methode

De volgende concentraties van nematoden zijn in januari 2012 in 10 herhalingen in een klimaatkast bij 22 °C en 80% luchtvochtigheid getest: 0,25, 0,5, 1, 2,5, 5 en 10 miljoen/m² in 1 L spuitvloeistof/m². De belichting was ingesteld op 14 uur/dag met 2800-3000 lux. Plugjes van een winter substraatmengsel van Florensis werden in de proef gebruikt. De pluggen kregen na 2 dagen 5 L water/m² tot drop off.

De proef werd in februari herhaald met diverse pluggen in 5 herhalingen. De dosering van aaltjes was 0,5 miljoen aaltjes/m² in 1 L spuitvloeistof/m². 300 nematoden werden per plug toegediend. De pluggen kregen na 2 dagen 5 L water/m² tot drop off.

5.1.2 Resultaten

In de proef zijn geen of weinig nematoden verloren gegaan tijdens het aangieten op de pluggen (Tabel 1.).

Tabel 1. Verlies aan aaltjes bij toepassing van nematoden op pluggen van een wintermengsel van Florensis.

	Doseringen (miljoen/m ²)	Geïntroduceerde aaltjes/plug	Uitgespoelde aaltjes		
		Dag 0	Dag 0	Dag 2	Dag 4
A	0,25/m ²	100	0,1	1,1	0
B	0,5/m ²	200	0,2	1,5	0
C	1/m ²	400	0,2	0,4	0
D	2,5/m ²	1000	0,7	0	0
E	5/m ²	2000	2,6	0	0
F	10/m ²	4000	0,3	0,9	0

In de test met verschillende typen pluggen werden van de 300 toegediende aaltjes slechts 0 tot 46 aaltjes na 6 dagen uitgespoeld: Pluggen Preforma kokos: 13% uitgespoelde aaltjes, Pluggen Preforma veen: 15%, Pluggen vd Knaap kokos: 9%, Pluggen vd Knaap Veen: 0%, Pluggen Potgrond: 8%.

5.2 Testen van het effect van 6 substraatmengsels op het effectiviteit van de nematode *Steinernema feltiae*

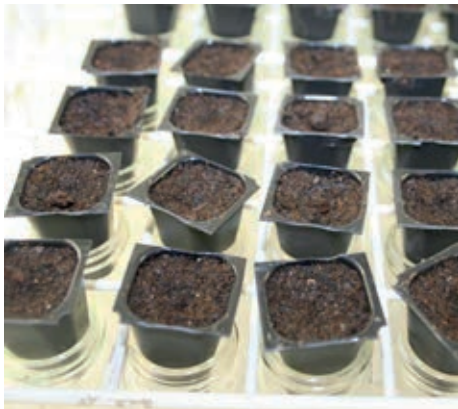
5.2.1 Materiaal en methode

De effectiviteit van de nematode *Steinernema feltiae* op rouwmuggen werd getest bij 5 soorten lijmpluggen en een substraat met potgrond van Tref:

- 2 soorten lijmpluggen van Jiffy (Preforma).
- 2 soorten lijmpluggen van Van der Knaap.
- 1 soort lijmplug van Quick Plug.
- 1 plug van potgrond Tref als standaard.

De proef vond in 2012 in een kas plaats bij 20 °C en 80%RV. De proef is van week 4 tot week 8 in 5 herhalingen uitgevoerd. De pluggen werden verdeeld over 60 opvouwbare kooien van 60x60x90cm met een ritsluiting (Figuur 10.), 10 pluggen per kooien. In week 4 werden 30 rouwmuggenlarven (L2) per kooi geïntroduceerd.

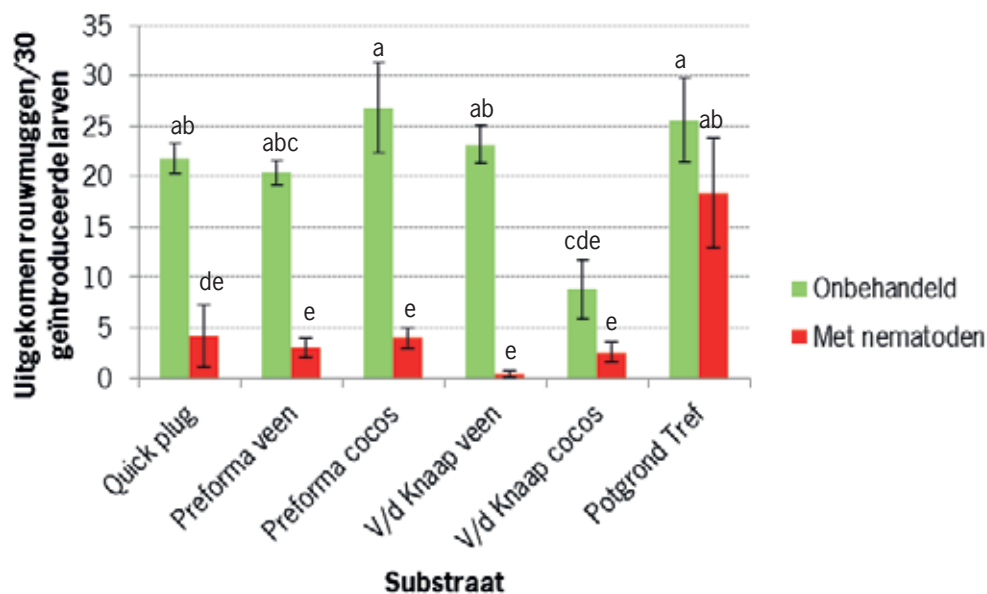
0,5 miljoen aaltjes/m² in 1 L spuitvloeistof/m² werden een dag later toegediend. Water werd elke 3-4 dagen bovenlangs gegeven: 5 L/m². De waarneming heeft wekelijks plaats gevonden op gele vangplaten. De rouwmuggen zijn geteld tot 3,5 weken na uitvoeren van de behandeling.



Figuur 10. Proefopzet.

5.2.2 Resultaten

De nematoden waren effectief in alle lijmpluggen (Figuur 11.). De lijmpluggen bleken geschikt voor het gebruik van aaltjes. Onbekend is waarom de nematoden niet effectief zijn geweest in de potgrond Tref.



Figuur 11. Effectiviteit van nematode *Steinernema feltiae* op rouwmuggenlarven in diverse teeltsubstraten.

5.3 Test van 3 toepassingen van de nematode *Steinernema feltiae*

5.3.1 Materiaal en Methode

De strategieën zijn bepaald in overleg met de begeleidingscommissie Sciaridae (Tabel 2.).

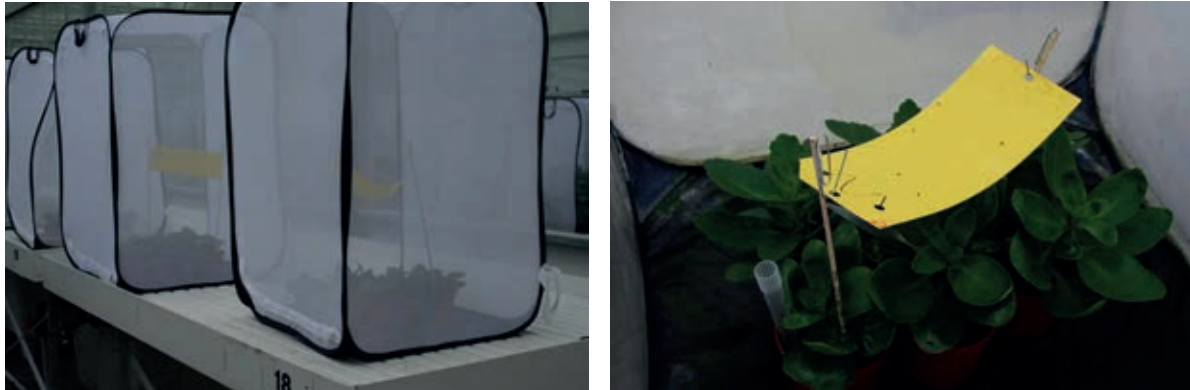
De proef vond plaats van week 16 tot week 27 in 2012 in een kas van 144 m². De kastemperatuur was ingesteld op 20°C en de luchtvochtigheid op 80%. De assimilatiebelichting stond tussen 8 uur 's ochtends en 8 uur 's avonds aan bij minder dan 2000 Watt straling. 150 Kalanchoës cv. Dolcio en Frederico (Figuur 12.) waren afkomstig van een commercieel bedrijf uit 's Gravenzande. De planten werden verdeeld over 25 opvouwbare kooien van 60x60x90cm met een ritssluiting (6 planten per kooi). De kooien stonden op tafels van 6 m² en de planten kregen water met een eb-vloed systeem. De kalanchoës werden in week 16, 17 en 18 met volwassen rouwmuggen (totaal 37 per kooi) besmet. De planten (in 10,5 cm potten) waren niet met pesticiden of natuurlijke vijanden behandeld.

De aaltjes werden door Becker Underwood en Koppert geleverd. De aaltjes werden toegediend met een pipette op de potgrond toegediend (17,3 ml oplossing van aaltjes per pot). Het geactiveerde water werd bij een teler gehaald en werd ook in de potten aangegoten (17,3 ml per pot). De proef werd uitgevoerd met 5 behandelingen in 5 herhalingen.

Tabel 2. Strategieën.

Middel	Frequentie	Dosering per 100l water
Onbehandeld		
<i>Steinernema feltiae</i>	3x toepassen, interval 1 week	0,5 miljoen/m ²
<i>Steinernema feltiae</i>	3x toepassen, interval 2 weken	0,5 miljoen/m ²
<i>Steinernema feltiae</i>	6x toepassen, interval 1 week	0,25 miljoen/m ²
Geactiveerde water*	6x toepassen, interval 1 week	50%

*Deze toepassing heeft geen toelating tegen rouwmuggen in Nederland.

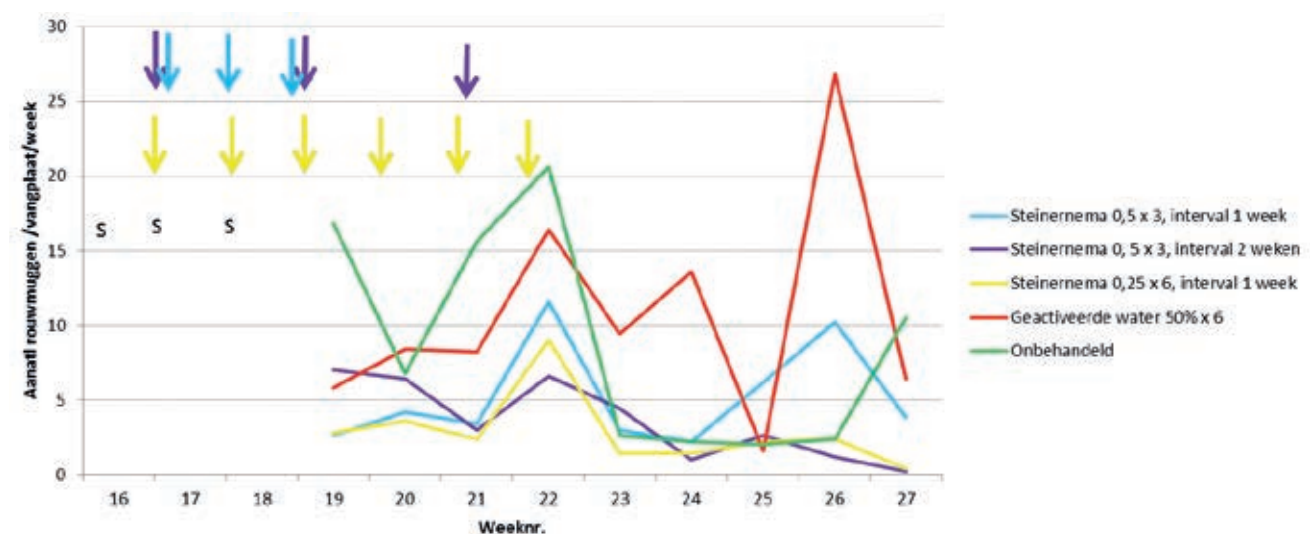


Figuur 12. . Proefopzet.

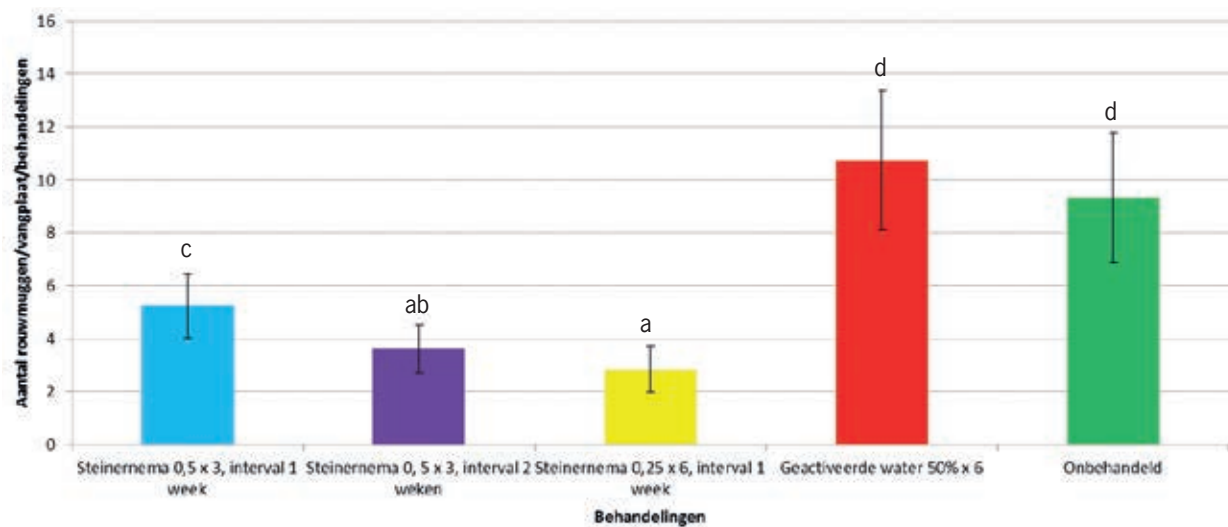
Na de behandeling werd in elke kooi een gele vangplaat opgehangen. Deze werd wekelijks vervangen. Gedurende 5 weken na de laatste bespuiting werd het aantal rouwmuggen op de vangplaten geteld.

5.3.2 Resultaten

De resultaten staan vermeld in Figuur 13. en Figuur 14.



Figuur 13. Populatieontwikkeling van rouwmuggen (S= introductie van larven van rouwmuggen pijlen= toediening bespuiting).



Figuur 14. Vangst rouwmuggen op de gele vangplaten.

- Alle behandelingen met aaltjes waren effectief. De 6 toepassingen van *Steinernema feltiae* bij de dosering 0,25 miljoen/m² en de 3 toepassingen van *Steinernema feltiae* 0,5 miljoen/m² met 2 weken interval gaven de beste resultaten.
- Geactiveerde water heeft geen effect op rouwmuggen en is fytoxisch voor de kalanchoës.
- Vanaf week 22 daalde het aantal rouwmuggen in onbehandeld (Figuur 13.). Dit is mogelijk veroorzaakt door spontaan optredende sluipwespen. Deze werden in grote aantallen gevonden op vangplaten in de onbehandelde kooien.

Deel II - Amir Grosman

Ontwikkeling van openkweekstelsel voor bodemroofmijten

6 Openkweeksyteem voor bodemroofmijten

6.1 Introductie

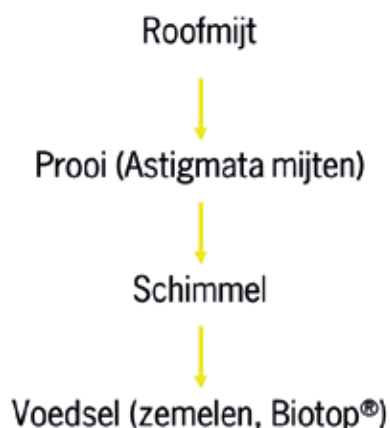
6.1.1 Bestrijding van rouwmuggen met bodemroofmijten

Rouwmuggen (Sciaridae) zijn een belangrijke plaag wereldwijd. Ze veroorzaken schade in de teelt van paddenstoelen en in de opkweek van sierteelt- en groentegewassen (Castilho *et al.* 2009; Chambers *et al.* 1993; Kim *et al.* 2004; Oetting & Braman, 2004). Traditioneel werden deze plagen bestreden met chemische middelen (Bartlett & Keil, 1997). Echter, resistentie tegen bestrijdingsmiddelen en een smaller worden pakket aan middelen hebben de chemische bestrijding steeds moeilijker gemaakt (Bartlett & Keil, 1997). In de afgelopen decennia zijn er een aantal biologische bestrijders getest als alternatief voor chemische middelen, waaronder aaltjes (*Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* (Weiser)), een bacterie (*Bacillus thuringiensis* Berlinger subsp. israelensis-H14), kortschildkevers (*Atheta coriaria* Kraatz) en bodembewonende roofmijten (Castilho *et al.* 2009; Chambers *et al.* 1993; Kim *et al.* 2004; Oetting & Braman, 2004).

De bodembewonende roofmijten *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) en *Hypoaspis miles* (*Stratiolaelaps scimitus*) (Berlese) (Acari: Laelapidae) worden vaak gebruikt voor de bestrijding van rouwmuggen in kassen. In 2008 is onderzoek bij Wageningen UR Glastuinbouw uitgevoerd met de bodembewonende roofmijt - *Macrocheles robustulus* (Berlese) (Acari: Macrochelidae). De studie laat zien dat *M. robustulus* een effectiever bestrijder van tripspoppen kan zijn in potchryasant (t.o.v. *H. aculeifer*) en zich beter kan vestigen in kasgronden (Freesia) dan *H. miles* (Messelink & van Holstein-Saj, 2008). Sinds 2010 is deze roofmijt ook commercieel beschikbaar. Hoewel bodembewonende roofmijten vaak gebruikt worden ter bestrijding van plagen in de bodem, effectieve bestrijding vereist herhaalde introducties vanwege trage populatieontwikkeling van de roofmijten in de bodem, vooral voordat plaagdichtheid toeneemt. Omdat herhaalde introducties hoge kosten met zich meebrengen, is er onderzoek gedaan naar een methode om de populatieopbouw van de roofmijten in de potgrond te stimuleren. Het doel daarbij is dat er volstaan kan worden met lagere uitzet dichtheden, waarna de roofmijten zich vermeerderen in de potgrond.

6.1.2 Toplaag verbetert de populatieopbouw van bodemroofmijten

Met de bodembewonende roofmijten *M. robustulus* en *H. aculeifer* zijn experimenten uitgevoerd (Grosman *et al.* 2011). Gebleken is dat de vestiging en reproductie van de bodembewonende roofmijten sterk gestimuleerd kan worden door het aanbrengen van een toplaag (Biotop®) op de potgrond (Figuur 1.1.1.). Over een periode van 9 weken heeft *H. aculeifer* een drie keer hogere populatiedichtheid bereikt en *M. robustulus* een 11 maal hogere populatiedichtheid door toplaag toediening (Grosman *et al.* 2011). De toename van roofmijten in de toplaag was gekoppeld aan de vestiging van mijten van de groep Astigmata, waarmee roofmijten in de massakweken gevoerd worden (Figuur 1.1.1.). Beide roofmijten hebben rouwmuggen bestreden ook zonder toplaag, maar in combinatie met toplaag was de bestrijding door *M. robustulus* het meest effectief - 99,5% reductie in rouwmuggendichtheid in vergelijking met controles.



Figuur 1.1.1. (Links) Toplaag met Biotop® in potchryasant; (Rechts) De voedselketen in de toplaag.

6.1.3 Van toplaag naar openkweekstelsel voor bodemroofmijten

Dat het aanbrengen van de toplaag de vestiging en prestaties van bodemroofmijten kan verbeteren biedt perspectieven. Dit maakt het mogelijk om de populatie roofmijten in het substraat te laten toenemen nog voordat de plaagdruk hoog wordt en zo de bestrijding optimaliseren. In de ideale situatie, wordt het substraat maar eenmalig met de roofmijten geïnoculeerd waarna ze zelf hun populatie opbouwen. Gedacht kan worden aan verschillende toepassingen - als toplaag, vermengd door het substraat of in een openkweekstelsel. Het eerste prototype van een openkweekstelsel werd in het kader van het project 'Effectieve gewasbescherming in Substraatbedden' (PT nummer: 13720) al ontwikkeld (Figuur 1.1.2.). Roofmijten, die in de advies dichtheid zijn geïntroduceerd in het openkweekstelsel (500/m²), bereikten 3 weken later 30 keer hogere populatiedichtheden en 6 weken later 6 keer hogere populatiedichtheden dan de introductiedichtheid. Een dergelijk openkweekstelsel kan mogelijk de populatieontwikkeling van bodemroofmijten en plaagbestrijding verbeteren.



Figuur 1.1.2. (a) Prototype openkweekstelsel voor bodemroofmijten op basis van Biotop® en bark; (b) Prototype openkweekstelsel in een gewas van snijchryasant.

In een bijeenkomst (BCO rouwmuggen 19/01/2011; Solis Plant, 's-Gravenzande) hebben potplantentelers aangegeven interesse te hebben voor doorontwikkeling van een openkweekstelsel voor de opkweek van sierteelt- en groentegewassen. Later, is er een inventarisatie gepleegd om het inzicht te vergroten in de teeltfasen waarin schade door rouwmuggen optreedt en om de randvoorwaarden te bepalen voor een openkweekstelsel.

6.1.4 Inventarisatie randvoorwaarden openkweekstelsel

Een inventarisatie is gepleegd op basis van een vragenlijst bij zes glastuinbouw bedrijven (BCO leden). Daarbij is aandacht besteed aan de voor varenrouwmuggen gevoelige teeltfasen, teelt-technische aspecten (klimaat, watergift etc.), de voorkeuren en de randvoorwaarden die de bedrijven hebben /stellen ten aanzien van een openkweekstelsel. De resultaten van de inventarisatie zijn samengevat in Tabel 1.1.1.

Tabel 1.1.1. Resultaten inventarisatie randvoorwaarden openkweekstelsel.

Bedrijf	Gevoelige teeltfase	Lengte gevoelige teeltfase (weken)	Watergift	RV (%)	Temp. (C)
Bedrijf 1	Beworteling	3	Nevelleiding, regenleiding	95	22
Bedrijf 2	Opkweek	kort			
Bedrijf 3	Beworteling	4	Eb en vloed	60-100	18-22
	Doorgroei	6-8	Bevloeiingsmatten		
Bedrijf 4	Kieming	kort	Broezen	60 +	21 +
	Doorgroei				
Bedrijf 5	Kieming	2-8	Broezen	60-100	16-22
	Beworteling				
	Doorgroei				
Bedrijf 6	Kieming	2-6	Nevel	80-100	20-25
	Beworteling		Gietleiding		

Uit de inventarisatie bleek dat de meeste bedrijven schade door rouwmuggen ervaren in de jonge teeltfasen: vooral kieming, beworteling, doorgroei maar ook in de opkweek. De gevoelige teeltfase is kort - van 2 tot 8 weken. De watergiftmethode varieert tussen bedrijven - nevelleiding, regenleiding, eb en vloed, bevloeiingsmatten, broezen, nevel en gietleiding. De relatieve luchtvochtigheid varieert tussen 60% en 100% en de temperatuur varieert tussen 16 °C en 25 °C.

Bij het ontwikkelen van een openkweekstelsel zal rekening gehouden moeten worden met deze diversiteit aan klimaat en watergiftmethoden. Andere randvoorwaarden die genoemd zijn door de bedrijven bij het ontwikkelen van een openkweekstelsel zijn:

- Geen stimulering ziekten en plagen
- Geen vervuiling teelt
- Geen lichtverlies
- Geen belemmering voor arbeid
- Onderhoudsvriendelijk
- Lange effectiviteit
- Verplaatsbaar
- Vorm: lang en dun (100 X 20 cm)
- Max. prijs (m²/maand): € 0.15-0.70
- Voorkeur type systeem (wegwerp vs. navul): wegwerp

In het hieronder beschreven projectonderdeel wordt de ontwikkeling van het openkweekstelsel voor bodemroofmijten beschreven.

Het onderzoek is verdeeld in drie fasen:

- **Samenstelling** (Sectie 1.2): Met het doel om de optimale samenstelling van het voedingsmedium te bepalen.
- **Vorm** (Sectie 1.3): met het doel om de optimale vorm te vinden voor een openkweekstelsel.
- **Praktijk** (Sectie 1.4): testen van het ontwikkelde openkweekstelsel onder praktijkomstandigheden.

6.2 Samenstelling openkweekstelsel

Het doel van dit projectonderdeel is om de samenstelling van het kweekmedium te bepalen waarbij optimale populatiegroei plaatsvindt van de prooimijt en de roofmijt.

In (massa)kweken worden bodemroofmijten gevoed met mijten uit de groep Astigmata, zoals *Acarus siro*, *Carpoglyphus lactis* en *Tyrophagus putrescentiae* (hierna genoemd: prooimijten). De prooimijten voeden zich met schimmels die groeien op de voedselbron, meestal zemelen. Het voedsel in het voedingsmedium bepaalt de populatiegroei en kwaliteit van de prooimijt. De hoeveelheid beschikbare prooien bepaalt de populatieontwikkeling van de bodemroofmijten in het openkweekstelsel (Figuur 1.1.1.).

In massakweken worden de prooimijten en roofmijten apart gekweekt in omstandigheden (vocht, temp etc.) die optimaal zijn voor ieder van de soorten apart. De roofmijten worden regelmatig gevoerd met verse prooimijten, maar het stelsel is er niet op ingericht om doorontwikkeling van de prooimijten te optimaliseren. Een uitdaging bij het ontwikkelen van een openkweekstelsel is om omstandigheden te creëren die zowel voor de bodemroofmijt als voor de prooimijten geschikt zijn. Bodemroofmijten hebben over het algemeen een hoger vochtgehalte nodig dan de prooimijten, die bekend staan als plagen van opslaggraan, en over het algemeen drogere omstandigheden nodig hebben. De draagstof waarmee het voedsel wordt vermengd in het stelsel beïnvloedt het vochtvasthoudend vermogen van het medium en kan daardoor ook van invloed zijn op de populatieontwikkeling van prooi- en roofmijt.

De eerste proeven waren gericht op het vinden van het optimale kweekmedium (draagstof, voedingstof en vochtgehalte) voor de prooimijt *A. siro*. Kweekmedia waarin de populatiegroei van de prooimijt relatief hoog was zijn verder getest, waarbij de populatiegroei van zowel prooimijt als roofmijt gemeten werd.

6.2.1 Screening kweekmedia

Om het optimale voedingsmedium te vinden voor de prooimijt *A. siro* is een brede screening uitgevoerd van verschillende kweekmedia (Proef 1.2.1), waar verschillende combinaties van voedseltypes, draagstoffen en vochtgehalten getest zijn (Tabel 1.2.1.). Kweekmedia die geschikt bleken in de screening zijn vervolgens verder getest in een proef met een groter aantal herhalingen en over een langere periode (Proef 1.2.2).

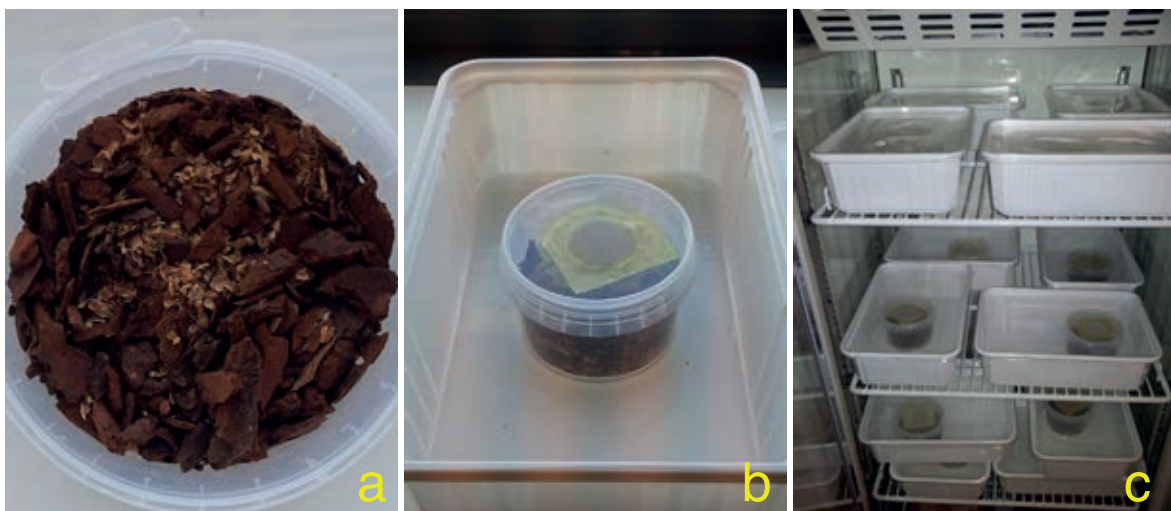
6.2.1.1 Materiaal en methode

Verschiedende voedselsoorten, draagstoffen en vochtgehalten zijn gekozen voor de screening. De verhouding draagstof en voedingstof in alle behandelingen was 70:30. Naast de geteste media is er ook een positieve controle genomen van zemelen zonder draagstof, het medium waar *A. siro* op gekweekt wordt. De grondstoffen zijn 24 uur gedroogd in de stoof en vervolgens gemengd en op vochtgehalte gebracht volgens de desbetreffende behandeling (Tabel 1.2.1.). De proeven zijn uitgevoerd in plastic bekertjes (250ml; Figuur 1.2.1. a). Ieder bekersje was geplaatst in een plastic bak (3L) met een laag van 1 cm verzadigde KNO_3 oplossing om de voor de ontwikkeling van *A. siro* optimale luchtvochtigheid te realiseren.

Het geheel werd afgesloten met een geventileerd deksel (Figuur 1.2.1. b). In deze eerste screening is per behandeling één herhaling (beker) ingezet. Per beker is 200 ml voedingsmedium gemengd met 1 gram zemelen uit een kweek met prooimijten (circa 3000 mijten). De bekens zijn geïncubeerd in een klimaatkast (25 °C/90%RV/24D) gedurende 2 weken (Figuur 1.2.1. c). De dichtheid (aantal per volume) van prooimijten in de bekens is gecontroleerd op dag 1,7 en 14 na inzet. Om de prooimijtdichtheid in dezelfde bekens meermaals te kunnen controleren tijdens de proef, is gekozen voor een niet destructieve bemonsteringmethode. De dichtheid van de prooimijten is geschat door uit iedere beker een monster te halen (20 ml). Dit monster onder de stereomicroscop te observeren en gedurende vijf minuten het aantal mijten te tellen, tot een maximum van 1000 mijten per monster. Het monster is vervolgens teruggezet in de beker.

Tabel 1.2.1: Geteste kweekmedia (Proef 1.2.1).

Draagstof	Voedingstype	Vochtgehalte (V/V)
Bark	Biotop	3.4%
		4.6%
		6.5%
		8.3%
	Zemelen	4.1%
		5.9%
		8.2%
		9.4%
Vermiculite	Biotop	2.3%
		3.2%
		5.1%
		6.1%
	Zemelen	3.2%
		4.7%
		7.3%
		9.9%
Geen	Zemelen	5.2%



Figuur 1.2.1. Opstelling van Proef 1.2.1.

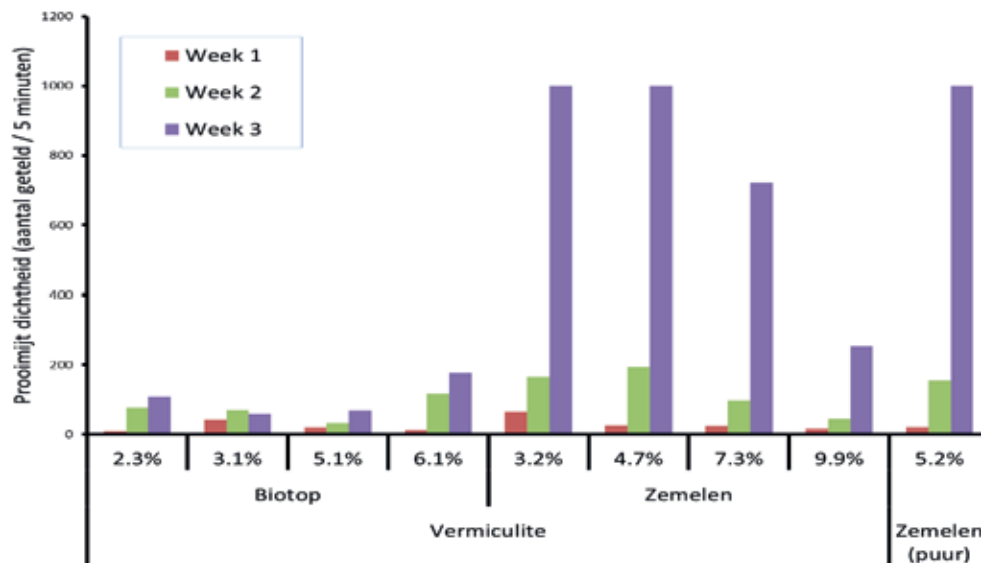
6.2.1.2 Resultaten en conclusie

Voedseltype: De populatiegroei van *A. siro* was hoger in kweekmedia met zemelen dan in media met Biotop ongeacht de gebruikte draagstof of vochtgehalte (Figure 1.2.2. en 1.2.3). Twee weken na de inzet was er gemiddeld een factor 31 toename van de prooimijtdichtheid in de kweekmedia met zemelen in vergelijking met een gemiddeld toename met factor 8 in de kweekmedia met Biotop.

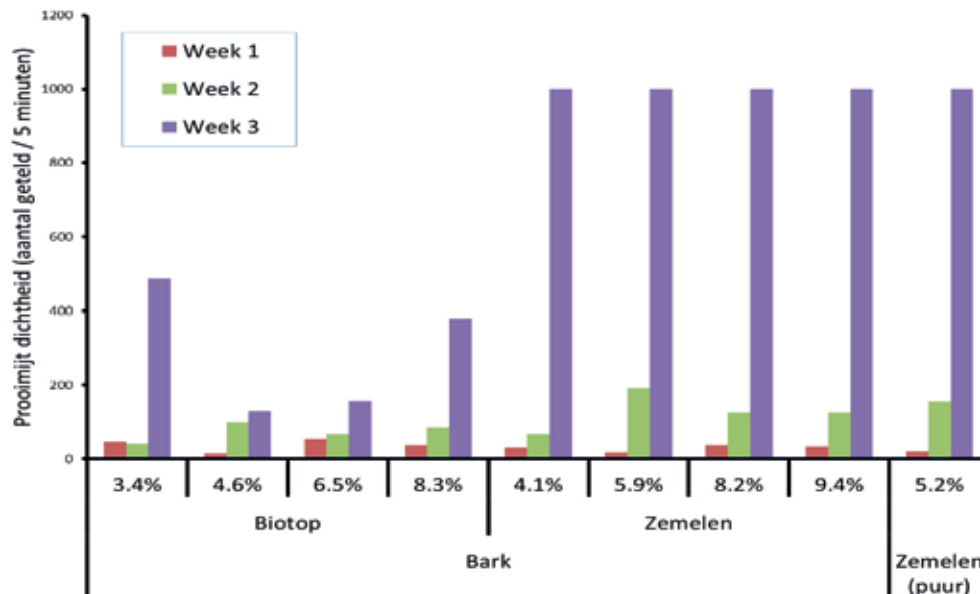
Draagstof: Zowel bark als vermiculite bleken geschikt als draagstof (Figure 1.2.2. en 1.2.3). In de kweekmedia met bark is waargenomen dat de mijten kieren in de bark gebruikten als substraat voor eileg. Als roofmijten niet de eieren in de kieren kunnen bereiken, zullen de eieren beschermd worden tegen predatie. Dit zal mogelijk de productieperiode van het openkweekstelsel verlengen doordat het uitsterven van de prooimijt populatie wordt vertraagd.

Vochtgehalte medium: Het optimale vochtgehalte van het voedingsmedium bleek afhankelijk te zijn van de gebruikte draagstof.

- **Vermiculite:** van de geteste vochtgehalten bleken v/v 3,2% en 4,7% optimaal. De reproductie van prooimijten nam af bij hogere vochtgehalten en was erg laag bij v/v 9.9% (Figuur 1.2.2.).
- **Bark:** bij alle geteste vochtgehalten (v/v 4.1%-9.4%) bereikte de prooimijt de maximale getelde (1000 roofmijten) dichtheid (Figuur 1.2.3.). De populatiegroei van de prooimijt is dus minder gevoelig voor vochtgehalte bij kweekmedia met bark dan met vermiculite. Dat kan een nuttige eigenschap zijn voor latere toepassing in openkweeksystemen - het systeem kan optimaal blijven produceren over een breder spectrum aan vochtgehaltenes.



Figuur 1.2.2. Dichtheid van de prooimijt *A. siro* op kweekmedia met vermiculite als draagstof.



Figuur 1.2.3. Dichtheid van de prooimijt *A. siro* op kweekmedia met bark als draagstof.

Conclusies

- Voedseltype: In deze proef bleken zemelen een betere voedselbron dan Biotop voor de prooimijt *A. siro*. Meerdere types Biotop zijn beschikbaar met verschillende nutriënten samenstelling. Ook is het bekend dat de nutriënten samenstelling kan variëren tussen partijen Biotop van hetzelfde type. Het is mogelijk dat andere Biotop varianten dan de variant gebruikt in deze proef (Biotop basic), of andere partijen van hetzelfde type een ander resultaat geven.
- Draagstof: Zowel vermiculite als bark zijn geschikte voor de prooimijt *A. siro*. Bark lijkt beter omdat het geschikt is over een breder spectrum van vochtgehalten en wordt gebruikt als eilegsubstraat door de prooimijten.

6.2.2 Doortesten beste kweekmedia

Op basis van de resultaten van Proef 1.2.1 zijn een aantal kweekmedia gekozen voor verdere testen. Hoewel Biotop een minder geschikte voedselbron bleek in Proef 1.2.1, is er één voedingsmedium met Biotop getest. Ook is er een voedseltype getest dat door Koppert gebruikt wordt voor het kweken van prooimijten.

6.2.2.1 Materiaal en methode

De grondstoffen zijn 24 uur gedroogd in de stoof en vervolgens op de juiste vochtgehalten gebracht voor de desbetreffende behandeling (Tabel 1.2.2.). De proeven zijn uitgevoerd in plastic bekertjes (250ml; Figuur 1.2.1. a). Iedere beker was geplaatst in een plastic bak (3L) met een laag verzadigde KNO_3 oplossing van 1 cm (Figuur 1.2.1. b) om de voor de ontwikkeling van *A. siro* optimale luchtvochtigheid te realiseren. Het geheel werd afgesloten met een geventileerd deksel. Per behandeling zijn drie herhalingen (bekertjes) ingezet. Per beker is 200 ml voedingsmedium gemengd met 1 gram zemelen uit een kweek met prooimijten (circa 3000 mijten). De bekertjes zijn geïncubeerd in een klimaatkast (25 °C/90%RV/24D) gedurende 5 weken (Figuur 1.2.1. c). De dichtheid (aantal per volume) van prooimijten in de bekertjes is gecontroleerd één week en drie weken na het inzetten. Vijf weken na de inzet zijn de bekertjes in Tullgrentrechtters gezet om de prooimijten te extraheren. Het aantal prooimijten per beker is bepaald.

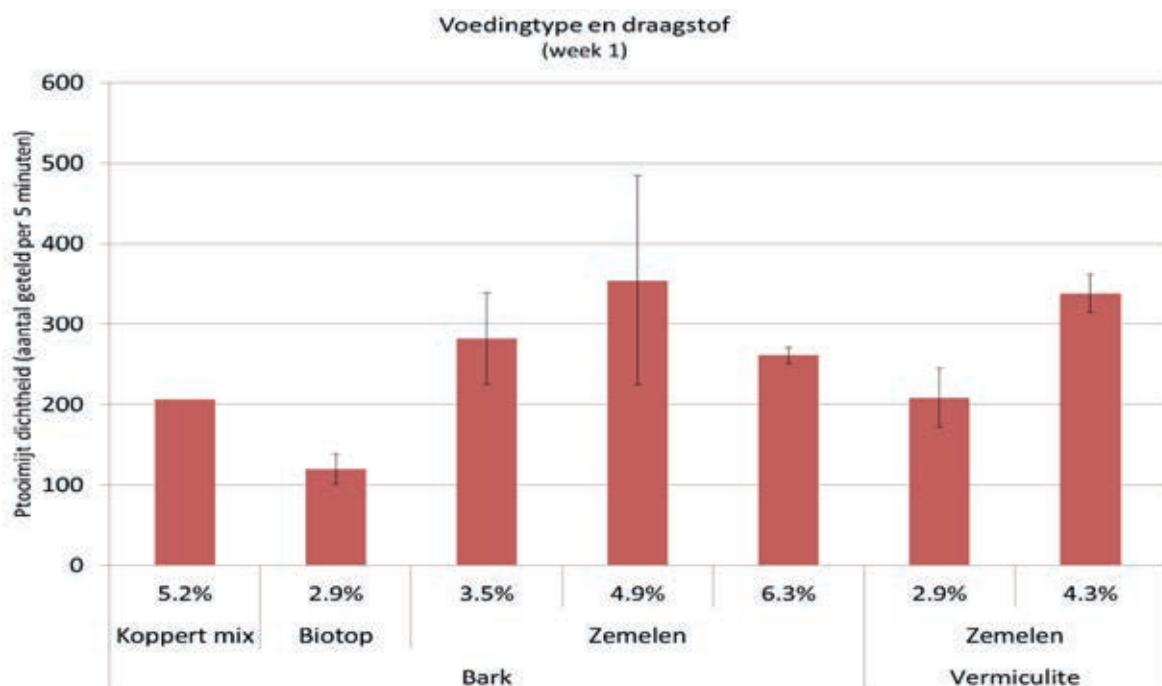
Tabel 1.2.2: Geteste kweekmedia (Proef 1.2.2).

Draagstof	Voedingstype	Aantal herhalingen	Vochtgehalte (V/V)
Bark	Koppert mix	1	5.2%
	Biotop	3	2.9%
	Zemelen	3	3.5%
			4.9%
			6.3%
Vermiculite	Zemelen	3	2.9%
			4.3%

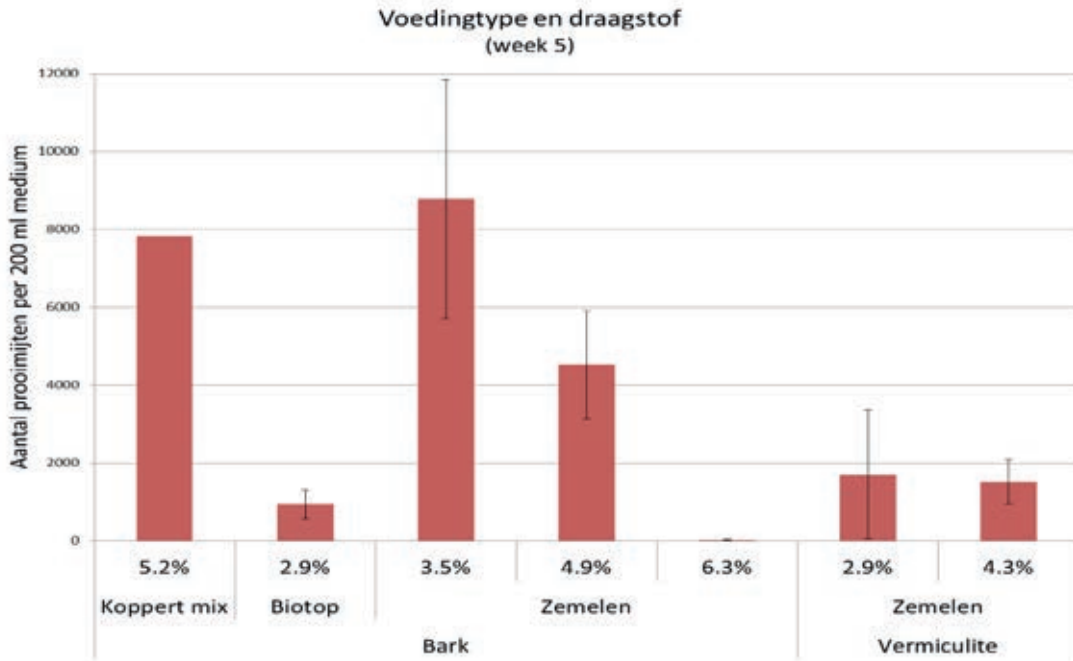
6.2.2.2 Resultaten en conclusie

De tellingen van prooimijten zijn uitgevoerd in week 1 en 5 na de inzet (Figure 1.2.4. en 1.2.5 respectievelijk). In week 3 waren de dichtheden van prooimijten in alle media dusdanig hoog dat een informatieve inschatting van de dichtheid niet mogelijk was zonder de bekertjes in de Tullgren te zetten (en daarmee de proef te beëindigen). Wel is gebleken dat het voedingsmedium met Biotop het enige medium was waarin de prooimijtdichtheid relatief laag was (gemiddeld 58 mijten per 5 minuten telling in vergelijking met >1000 in alle overige media).

- Voedseltype: Ook in deze proef was Biotop minder geschikt. Zemelen en 'Koppert mix' waren even goed.
- Draagstof: Bark was beter dan vermiculite.
- Vochtgehalte medium: Behandeling bark 6.3% was optimaal in week 3, maar de kweek stortte in week 5 in - waarschijnlijk doordat de mijten het voedsel hadden uitgeput. Voor toepassing met roofmijt is dat geen probleem - prooidichtheid zal lager gehouden worden door de predator.
- Keuze: alleen de combinatie bark-zemelen verder testen samen met roofmijten.



Figuur 1.2.4. Dichtheid van de prooimijt A. siro op kweekmedia met bark of vermiculite als draagstof één week na inzet.



Figuur 1.2.5. Dichtheid van de prooimijt *A. siro* op kweekmedia met bark of vermiculite als draagstof vijf weken na inzet.

6.2.3 Ontwikkeling prooi- en roofmijten

In de vorige proeven is gebleken dat de populatiegroei van de prooimijt in kweekmedia met bark en zemelen beter of vergelijkbaar was met andere media. De bark-zemelen media hadden het voordeel dat de populatiegroei minder gevoelig was voor vochtgehalte dan media met vermiculite en zemelen. Gekozen werd om verder te werken met kweekmedia op basis van bark en zemelen. Het doel van deze proef was om te bepalen bij welk vochtgehalte van het voedingsmedium en bij welke initiële prooi-predator verhouding de optimale populatiegroei van de bodemroofmijt *Macrocheles robustulus* plaatsvindt.

6.2.3.1 Materiaal en methode

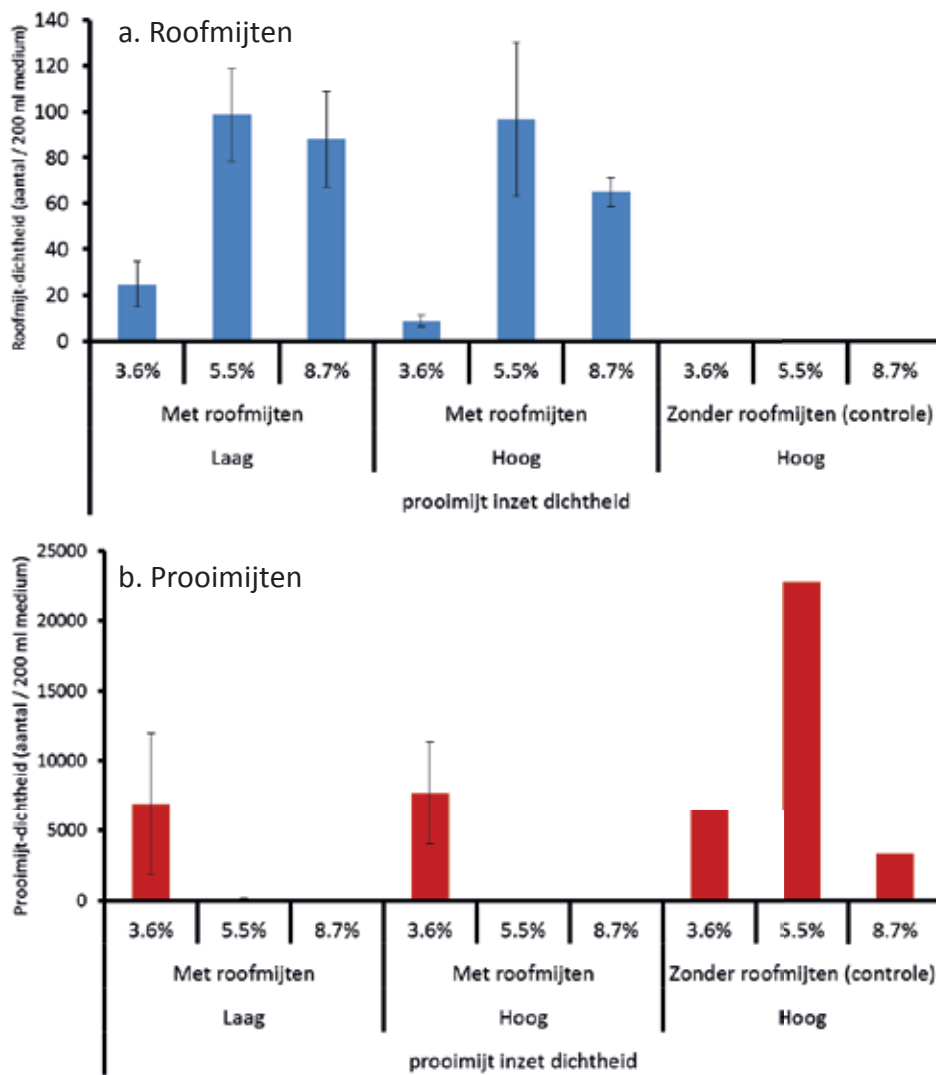
De grondstoffen zijn 24 uur gedroogd in de stoof en vervolgens op vochtgehalte gebracht voor de desbetreffende behandeling (Tabel 1.2.3.). De proeven zijn uitgevoerd in plastic bekertjes (250ml) voorzien van een deksel met een gaasrampje voor ventilatie (Figuur 1.2.1. a en b). Ieder bekersje was geplaatst in een plastic bak (3L) met een laag verzadigde KNO_3 oplossing van 1cm om de voor de ontwikkeling van *A. siro* optimale luchtvochtigheid te realiseren. Het geheel werd afgesloten met een geventileerd deksel (Figuur 1.2.1. c). Per behandeling zijn drie herhalingen (bekertjes) ingezet, behalve in de controle zonder roofmijten (Tabel 1.2.3.). Per bekersje is 200 ml voedingsmedium gemengd met 1 of 0.25 gram zemelen uit een kweek van prooimijt, afhankelijk van de behandeling (respectievelijk circa 3000 of 750 mijten). Bij de proefinzet en één week daarna zijn 10 volwassen vrouwtjes *M. robustulus* per bekersje ingezet. De bekertjes zijn geïncubeerd in een klimaatkast (25 °C/90%RV/24D; Figuur 1.2.1. c). Drie weken na de inzet zijn de bekertjes in Tullgrenrechten gezet om de mijten te extraheren. Het aantal roofmijten en prooimijten per bekersje is bepaald.

Tabel 1.2.3. In Proef 1.2.3 geteste kweekmedia.

Draagstof	Voeding	Inzet prooimijten	Inzet roofmijten	Aantal herhalingen	Vochtgehalte (v/v)
Bark	Zemelen	Laag (ca. 750)	20	3	3.6%
					5.5%
					8.7%
		Hoog (ca. 3000)	20	3	3.6%
					5.5%
					8.7%
	0	1	3.6%		
			5.5%		
			8.7%		

6.2.3.2 Resultaten en conclusie

- De hoogste populatiegroei van prooimijten werd gemeten in het medium met v/v 5.5% (Figuur 1.2.6. b). In eerdere proeven hoorde dit vochtgehalte ook tot de beste, maar werd een even hoge populatiegroei gemeten bij andere vochtgehalten (v/v: 4.1%-9.4%; Figuur 1.2.3.).
- De hoogste populatiegroei van roofmijten is gevonden op de relatief vochtige media (v/v: 5.5% en 8.7%; Figuur 1.2.6. a).
- Inzetsdichtheid van de prooimijten bleek geen effect te hebben op de gerealiseerde dichtheid aan roofmijten (Figuur 1.2.6. a).
- In de kweekmedia met de hoogste populatiegroei van roofmijten was de prooipopulatie volledig uitgeput. In deze bakjes werd aan het einde van de proef overmatige schimmelgroei gevonden. In de controles, waar prooimijten waren ingezet zonder roofmijten was de prooipopulatie hoog aan het einde van de proef en werd er geen overmatige schimmelgroei waargenomen. De overmatige schimmelgroei is het gevolg van het uitsterven van de schimmel-etende prooimijtenpopulatie. De uitdaging in het ontwerpen van een openkweekstelsel is om het uitsterven van de prooipopulatie zolang mogelijk uit te stellen, zodat de productieperiode van het systeem wordt verlengd. Daar zal rekening mee moeten worden gehouden bij het ontwerpen van de vorm van het openkweekstelsel.



Figuur 1.2.6. Dichtheid van (a) roofmijten (*M. robustulus*) en (b) prooimijten (*A. siro*) in de geteste kweekmedia.

6.3 Vorm van openkweekstelsel

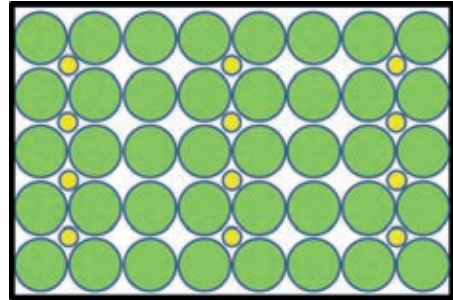
In 2011 lag de nadruk op het bepalen van een optimale samenstelling van het voedingsmedium voor de openkweekstelsel. In 2012 was het onderzoek gericht op het bepalen van de gewenste vorm van de openkweekstelsel.

6.3.1 Ontwerp potentiële openkweeksystemen

Op basis van de inventarisatie (zie 1.1.4) zijn er 5 potentiële openkweeksystemen ontworpen:

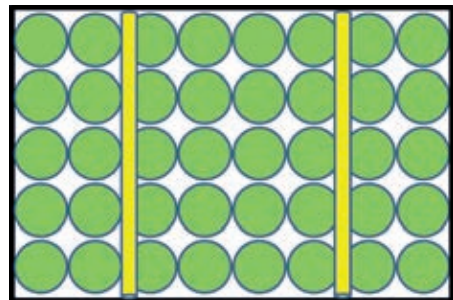
1. Kweekbus

- Bus gevuld met kweekmedium.
- Plaatsen tussen potten → stabiel micro-klimaat.
- Geen ruimte- en lichtverlies.
- Veel kweekmedium per systeem.
- Goede verspreiding roofofrijten.
- Geschikt voor teelt in potten.



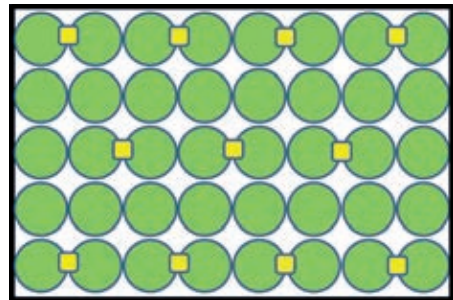
2. Kweekbuis

- Buis gevuld met kweekmedium.
- Plaatsen op / boven potten of trays → weinig stabiel micro-klimaat.
- Makkelijk neerleggen en verwijderen.
- Veel kweekmedium per systeem.
- Optimale verspreiding roofofrijten.
- Geschikt voor teelt in potten en trays.



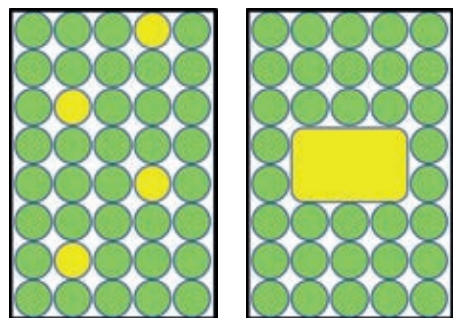
3. Kweekzakje

- Zakje gevuld met kweekmedium.
- Plaatsen op / boven potten of trays → weinig stabiel micro-klimaat.
- Makkelijk neerleggen en verwijderen.
- Weinig kweekmedium per systeem.
- Goede verspreiding roofofrijten.
- Geschikt voor teelt in potten en trays.



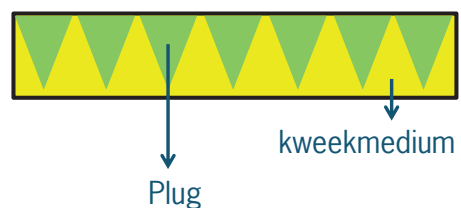
4. kweekbak/pot

- Bak of pot gevuld met kweekmedium.
- Plaatsen tussen potten → stabiel micro-klimaat.
- Veel kweekmedium per systeem.
- Redelijke verspreiding roofofrijten.
- Neemt ruimte in op teelttafel.
- Geschikt voor teelt in potten en trays.



5. Kweektray

- Een 'onder-tray' gevuld met medium waar een normale stektray op staat.
- Plaatsen onder pluggentray → zeer stabiel microklimaat.
- Geen ruimte- en lichtverlies.
- Veel kweekmedium per systeem.
- Redelijke verspreiding roofofrijten.
- Geschikt voor stektrays.



Tabel 1.3.1. Vergelijking openkweeksystemen.

	Bus	Bak	Buis	Zakje	Tray
Ruimteverlies	-	+	-	-	-
Stabiliteit microklimaat	++	+	-	-	++
Verspreiding roofmijten	++	+/-	++	+	+/-
Volume medium / m2 teeltafel	++	++	+	+/-	++
Wegwerp / navul	Wegwerp of navul	Wegwerp of navul	Wegwerp of navul	Wegwerp	Wegwerp
Pottenteelt	+	+	+	+	-
Stektrays	+	+	+	+	+

Bij het ontwerp van de openkweeksystemen is rekening gehouden met de wensen van telers, zoals naar voren gekomen in de inventarisatie (sectie 1.1.4). Eén van de wensen was geen verlies van kweekruimte en licht. Alle systemen, behalve de kweekbak, worden geplaatst onder, tussen of op de potten / tray om ruimteverlies te minimaliseren. Hoe meer beschut het openkweekstelsel in het gewas is aangebracht, des te stabiel het microklimaat naar verwachting zal zijn. Stabiel klimaat, en vooral beschutting van zonlicht, is bevorderlijk voor roofmijtproductie in het stelsel.

De grootte van een systeem zal o.a. ook zijn gevoeligheid voor klimaatschommelingen bepalen - hoe kleiner, des te gevoeliger. In het algemeen, hoe groter het systeem (volume voedingsmedium), des te makkelijker het is in het gebruik omdat er minder kweeksystemen neergezet en vervangen hoeven te worden. Tegelijkertijd, hoe minder openkweeksystemen in de teelt, des te minder goed de verspreiding van de roofmijten zal zijn in de teelt.

De meeste telers wilden liever een wegwerp-systeem dan een 'navul-systeem'. Alle potentiële systemen zijn mogelijk uit te voeren in een wegwerp uitvoering, maar sommigen kunnen ook als navul-systeem dienen (Tabel 1.3.1.). Ook zijn de meeste systemen geschikt voor teelt in potten én in trays.

Na discussie met de BCO is er gekozen voor twee varianten, de kweekbak en kweekbuis, die verder ontwikkeld en getest werden.

6.3.2 Prototypes openkweeksystemen

Prototypes zijn gemaakt van de door de BCO gekozen openkweeksystemen: de kweekbak en kweekbuis (Sectie 1.3.1; Figuur 1.3.1.). In Proef 1.3.2 werden de prototypes openkweekstelsel getest in een kasproef. De ontwikkeling van prooimijten en bodemroofmijten in de openkweeksystemen is gevolgd gedurende 6 weken. Op basis van de resultaten van deze proef, zijn er aanpassingen gemaakt aan de prototypes. Deze aangepaste openkweeksystemen werden in een tweede kasproef getest (Proef 1.3.3).

6.3.2.1 Materiaal en methode

De prototype kweekbak en kweekbuis zijn getest, ieder met 3 verschillende vochtgehalten van het voedingsmedium (Tabel 1.3.2.).

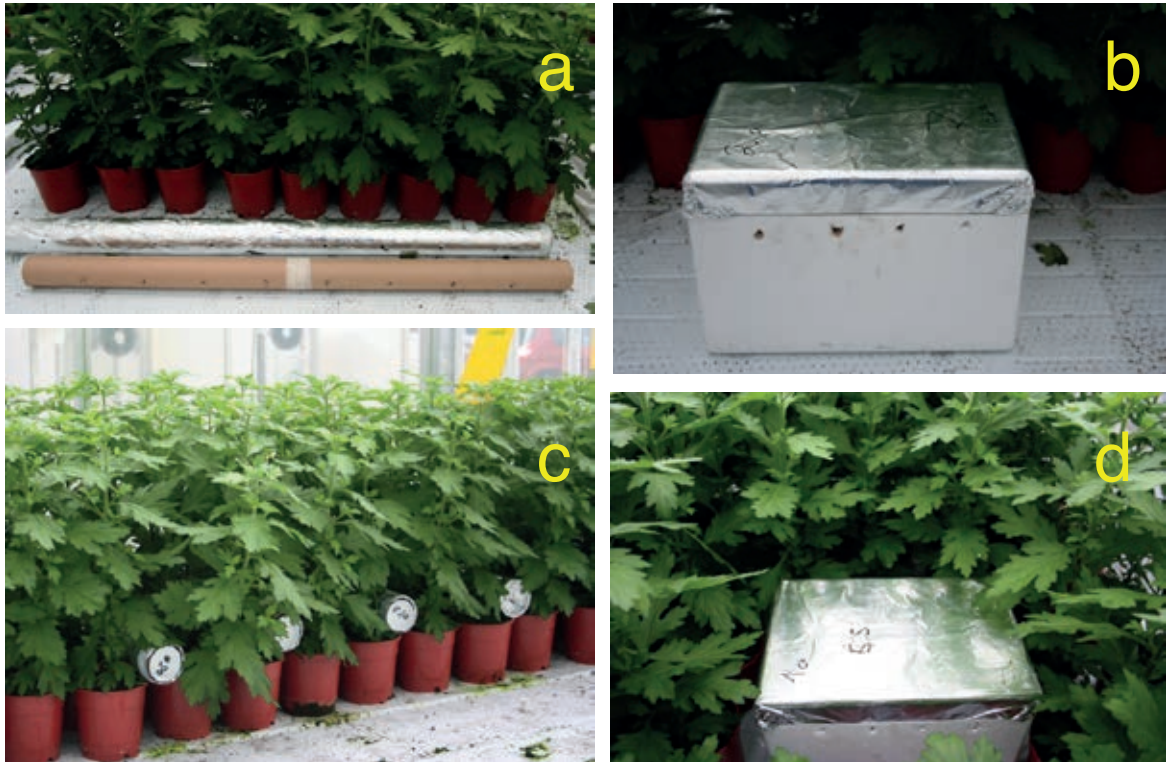
Tabel 1.3.2. Uitgevoerde behandelingen (Proef 1.3.2).

Type systeem	Aantal herhalingen	% vocht in voedingsmedium (v/v)
kweekbak	4	5.5%
		7%
		9%
Kweekbuis	4	5.5%
		7%
		9%

De proef is uitgevoerd in een kas (24m², Wageningen UR Glastuinbouw) op teeltafels met als vulgewas potchrysantten (Omega Time Pink). De chrysantten zijn geplant als onbewortelde stek. De tafels stonden bijna vol met potchrysantten -enkel de nodige ruimte is overgelaten voor het plaatsen van de openkweeksystemen (Figuur 1.3.1. c en d). *Acarus siro* is gebruikt als prooimijt in de proef en was gekweekt bij Wageningen UR Glastuinbouw op een dieet van zemelen en gist (25 °C/95%RV/24 D). De bodemroofmijt *Macrocheles robustulus* is geleverd door Koppert en was gekweekt op de prooimijt *Carpoglyphus lactis*.

Het voedingsmedium voor de openkweeksystemen bestond uit een mengsel van bark, zemelen en gist (per liter: 500 ml bark, 500 ml zemelen, 25 gr gist). Water is toegevoegd om het gewenste vochtgehalte te bereiken voor de desbetreffende behandeling (Tabel 1.3.2.). Het medium is geïnoculeerd met de prooimijt *A. siro* in een dichtheid van circa 20.000 prooimijten per 100 ml voedingsmedium. De bodemroofmijt *M. robustulus* is geïntroduceerd bij de start van de proef en op week 3 in een dichtheid van 15 volwassen vrouwtjes per 100 ml voedingsmedium. De openkweeksystemen werden gevuld met kweekmedium, geïnoculeerd met prooi- en roofmijt en vervolgens geplaatst in de kas tussen de potchrysantten.

Monitoring: in week 3 en 6 na de proefinzet is per systeem 100 ml voedingsmedium uit de openkweeksystemen gehaald. De mijten zijn uit het voedingsmedium geëxtraheerd met Tullgrentrechtters en zijn vervolgens geteld. Verschillen in dichtheden van mijten tussen behandelingen zijn getest met gegeneraliseerde lineair modellen, met een Poisson verdeling (GenStat 16de editie). Een aparte analyse is uitgevoerd per proefweek. Paarsgewijze vergelijkingen zijn uitgevoerd met een T-toets (P=0.05).



Figuur 1.3.1. In proef 1.3.2 geteste kweeksystemen - Kweekbuis (a en c) en kweekbak (b en d).

6.3.2.2 Resultaten en conclusie

Kweekbakken:

- Drie weken na introductie was de dichtheid van *A. siro* significant lager in de kweekbakken met het meest vochtige voedingsmedium (9% v/v) dan in de kweekbakken met droger voedingsmedium (Figuur 1.3.2.). In het voedingsmedium met 9% v/v is overmatig schimmeligroei waargenomen.
- Zes weken na de introductie waren de dichtheden van prooimijten in het medium lager geworden in alle kweekbakken. De hoogste gemiddelde dichtheden zijn gemeten in het meest droge voedingsmedium (5.5% v/v), maar de verschillen waren niet significant.
- Het advies vochtgehalte voor een kweekbak is 5.5-7% v/v.
-

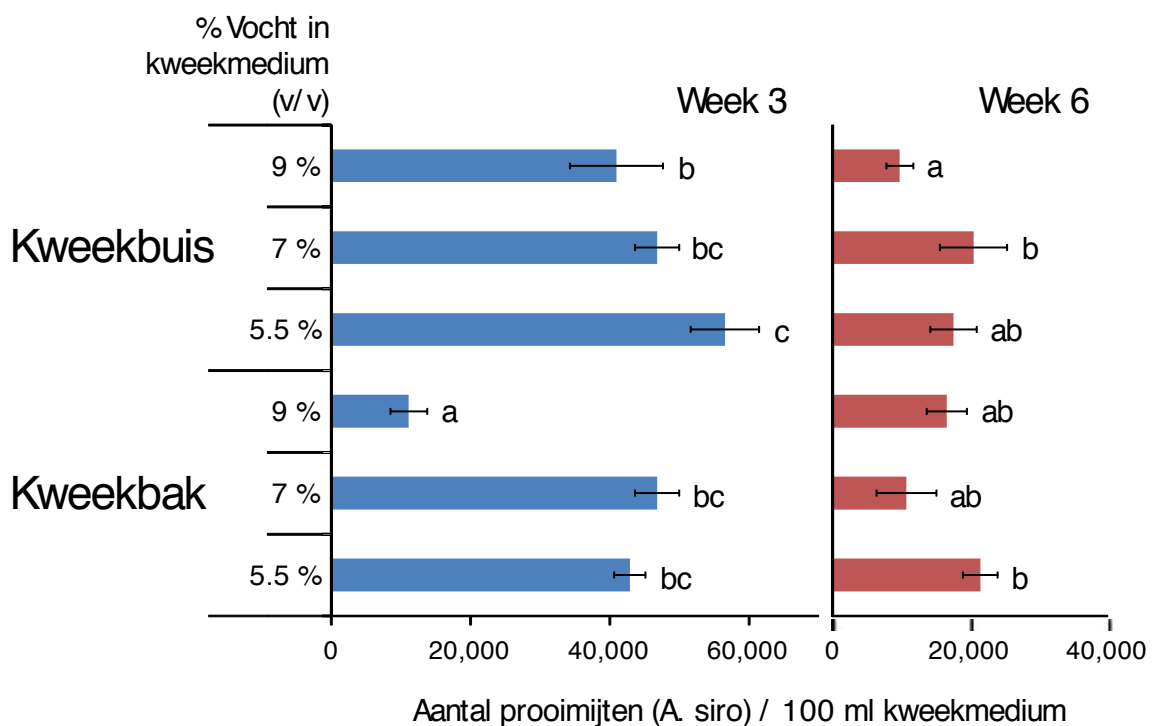
Kweekbuizen:

- Drie weken na introductie was de dichtheid van prooimijten significant hoger in het droogste voedingsmedium dan in het meest vochtige voedingsmedium (5% vs. 9% v/v; Figuur 1.3.2.). In het voedingsmedium met 7% v/v waren de dichtheden intermediaire (Figuur 1.3.2.).
- De dichtheid van prooimijten daalde tussen de 3^{de} en de 6^{de} week, zoals ook bij de kweekbakken het geval was (Figuur 1.3.2.). In week 6 waren de dichtheden van prooimijten significant hoger in het voedingsmedium met vochtgehalte 7% dan in 9% v/v.
- In de kweekbuizen is geen overmatige schimmeligroei waargenomen.
- Het advies vochtgehalte voor een kweekbuis is 5.5-7% v/v, zoals bij de kweekbakken.

Ontwikkeling bodemroofmijten (*M. robustulus*):

Ondanks twee introducties (week 0 en week 3), is er geen populatieontwikkeling geweest van *M. robustulus* in de openkweeksystemen. Er zijn een aantal mogelijke verklaringen:

- Voorkeur bodemroofmijten voor potgrond boven voedingsmedium: Het is mogelijk dat *M. robustulus* de potgrond in de omliggende potten prefereert boven het voedingsmedium in de openkweeksystemen, bijv. vanwege een hoger vochtgehalte, of door de aanwezigheid van andere voedselbronnen. In eerdere proeven met een vergelijkbaar voedingsmedium (Proef 1.2.3) waren de testunits gesloten waardoor de bodemroofmijten niet konden vertrekken. In deze proef, waren de systemen open, waardoor de bodemroofmijten naar de omliggende potten hebben kunnen vertrekken.
- Te hoge dichtheid van prooimijten in het voedingsmedium: In de proeven in 2011 zijn de prooimijten geïntroduceerd in een verhouding van 1:150 (*M. robustulus* : *A. siro*), een hogere dichtheid dan normaal gehanteerd wordt in de massakweken van *M. robustulus*. Toch was de prooipopulatie binnen 3 weken uitgeput. Om de uitputting van *A. siro* te vertragen is er in deze proef een tien keer hogere introductie dichtheid toegepast (1:1500 *M. robustulus*: *A. siro*). De dichtheid van prooimijten in het voedingsmedium nam verder toe in de loop van de proef (Figuur 1.3.2.). Het is mogelijk dat een te hoge dichtheid *A. siro* niet gunstig is voor *M. robustulus* door bijv. predatie van roofmijt eieren door *A. siro* of vervuiling van h voedingsmedium.



Figuur 1.3.2. Dichtheid van de prooimijt *A. siro* 3 en 6 weken na introductie in de geteste kweeksystemen.

Om deze mogelijke problemen op te lossen zijn twee aangepaste systemen voorgesteld aan de BCO:

1. Twee-componenten openkweek: waar de onderlaag bestaat uit een medium waarvan bekend is dat het geschikt is voor *M. robustulus* en een bovenlaag die droger is (5.5% - 7% v/v), waar de prooimijt zijn optimale ontwikkeling kan bereiken.
2. Prooimijten openkweek: met voedingsmedium dat enkel voor de prooimijt geschikt is (5.5%-7% v/v). De bodemroofmijten worden op het substraat van de potten/gewas uitgezet, waar ze zich kunnen vermeerderen en zich bijvoeden met prooimijten uit het openkweekstelsel.

Na overleg met de BCO (24/10/12, Wageningen UR Glastuinbouw), is besloten om deze suggesties uit te werken en de aangepaste openkweeksystemen te testen in een tweede kasproef (Proef 1.3.3).

6.3.3 Aangepaste openkweeksystemen

In proef 1.3.2 is een goede ontwikkeling van prooimijten in de openkweeksystemen gemeten, maar de ingezette bodemroofmijten (*M. robustulus*) hebben zich niet ontwikkeld in de openkweeksystemen. De mogelijke oorzaken daarvoor zijn (1) voorkeur van de bodemroofmijten voor potgrond boven voedingsmedium en / of (2) te hoge dichtheid van prooimijten in het voedingsmedium (Sectie 1.3.2.2). Twee types openkweekstelsel zijn ontwikkeld om deze problemen op te lossen, die in deze proef getest zijn met de in Tabel 1.3.3. vermelde behandelingen.

Tabel 1.3.3. Uitgevoerde behandelingen (Proef 1.3.3).

Roofmijt soort	Type systeem	Aantal herhalingen
<i>M. robustulus</i>	Gewone uitzet (controle)	5
	Kweekzak	5
	Kweekpot (vermiculite)	5
	Kweekpot (potgrond)	5
<i>H. aculeifer</i>	Gewone uitzet (controle)	3
	Kweekzak	3
	Kweekpot (vermiculite)	3

6.3.3.1 Materiaal en methode

De proef is uitgevoerd in een kas (24m², Wageningen UR Glastuinbouw) op teeltafels. Kooien (60X60X90cm LXBXH) met wanden van fijn gaas zijn neergezet op de tafels. Per kooi zijn 16 potten chrysanten (*Omega Time Pink*) geplaatst. De chrysanten zijn geplant als onbewortelde stek 5 weken voor de aanvang van de proef. *Acarus siro* is gebruikt als prooimijt en was gekweekt bij Wageningen UR Glastuinbouw op een dieet van zemelen en gist (25 °C/95% RV/ 24 D). De bodemroofmijten *M. robustulus* en *H. aculeifer* zijn geleverd door Koppert.

Voedingsmedium: Het voedingsmedium voor de openkweeksystemen bestond uit een mengsel van bark, zemelen en gist (verhouding: 500 ml bark, 500 ml zemelen, 25 gr gist). De componenten (op de gist na) zijn gedroogd in de stoof (24 uur, 60 °C) en water is toegevoegd om een vochtgehalte van 7% v/v te bereiken. Het medium werd geïnoculeerd met *A. siro* in een dichtheid van ca. 10.000 / L.

Twee-componenten openkweek (verder 'kweekpot' genoemd): De onderlaag bestaat uit een medium waarvan bekend is dat dat geschikt is voor *M. robustulus*, terwijl de bovenlaag droger is (5.5% - 7% v/v) en bestaat uit een voedingsmedium voor de prooimijten (zie hierboven). Er is gekozen voor twee types onderlaag als mogelijke medium voor de bodemroofmijten: potgrond (Tref; Flush Fijn, 15% Perliet) en vermiculite (fractie 3). Ook is gekozen om naast *M. robustulus* de bodemroofmijt *Hypoaspis aculeifer* te testen, omdat het succes van deze systemen afhangt van het gedrag en de habitatvoorkeur van de rovers. Door twee soorten roofmijten te testen is de slagingskans groter.

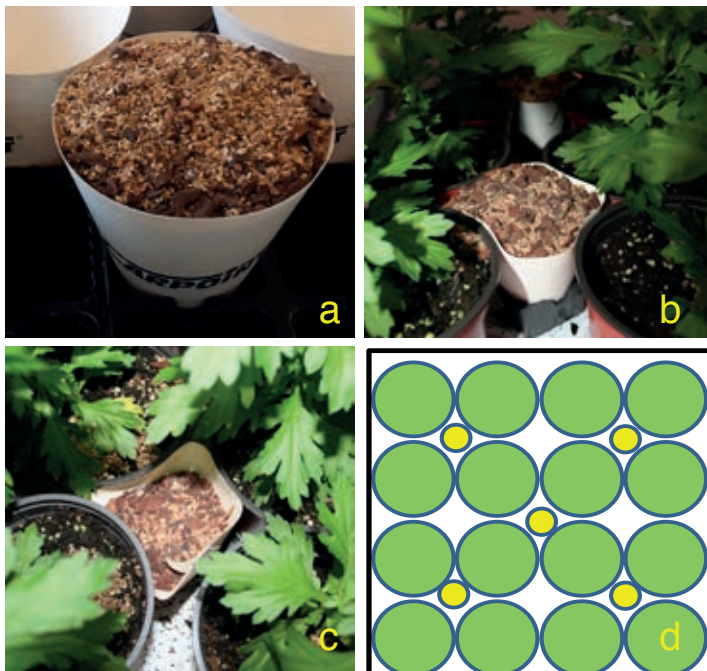
Voor de kweekpotten is gebruik gemaakt van plantenpotten van het type Epla hangpot Nora 27 tc plt (Figuur 1.3.3. a en b). Plantenschotels zijn gebruikt als deksel (Figuur 1.3.3. a en b). Onder de potrand zijn 8 gaten geboord (8 mm diameter) om uitloop van mijten mogelijk te maken. De vulling bestond uit twee lagen: een onderlaag van 4 L vochtige potgrond of vermiculite (8% v/v) waar 300 *M. robustulus* of *H. aculeifer* (gemengde stadia) geïntroduceerd zijn. De bovenlaag bestond uit voedingsmedium voor de prooimijten. De kweekpotten zijn in het midden van de kooi neergezet tussen de opgepotte chrysanten (Figuur 1.3.3. c). Direct na de proefinzet en wekelijks gedurende de proef werden de kweekpotten gewogen en op het oorspronkelijke vochtgehalte gebracht door water toe te voegen aan het substraat (vermiculite/potgrond).

In een pilotproef is de prooimijtdichtheid verlaagd tot 30.000 / L (bijna 7 keer lager dan in de voorgaande proef), maar daar was de vestiging van bodemroofmijten weer laag. De proef is vervolgens opnieuw ingezet met een prooidichtheid van 10.000/L (20 keer lager dan in de voorgaande proef). Ook werd de hoeveelheid voedingsmedium (toplaag) in de kweekpotten verlaagd van 1500 ml naar 750 ml.



1.3.3. (a en b) Kweekpot gevuld met vermiculite en kweekmedium; (c) Kweekpot tussen gewas in de kooi.

Prooimijten openkweek (verder 'kweekzak' genoemd): met enkel voedingsmedium dat voor de prooimijt geschikt is (5.5%-7% v/v). De bodemroofmijten worden op het substraat van de potten/gewas uitgezet, waar ze zich kunnen vermeerderen en zich bijvoeden met prooimijten uit het openkweekstelsel. Per kooi is 1500 ml voedingsmedium verdeeld over 5 kweekzakken die geplaatst zijn tussen de potten (Figuur 1.3.4.). Per kooi zijn 300 *M. robustulus* of *H. aculeifer* (gemengde stadia) geïntroduceerd op de potten.



Figuur 1.3.4. (a) Kweekzak gevuld met kweekmedium; (b & c) Kweekzak tussen potten in kooi; (d) Schematische weergave posities kweekzakken tussen potten in de kooi.

Monitoring:

De dichtheid van roofmijten en prooimijten in de openkweeksystemen is bepaald 2 weken na introductie. Bij de kweekzakken is een mengmonster van 200 ml voedingsmedium uit verschillende kweekzakken per kooi uitgehaald. Bij de kweekpotten is per pot een monster van 200 ml potgrond of vermiculite en 200 ml voedingsmedium gehaald en apart gescoord. De dichtheden van roofmijten in de potgrond van de omgevingsplanten zijn waargenomen 3 weken na introductie. Per kooi is een mengmonster van 500 ml potgrond uit vier verschillende potten gehaald.

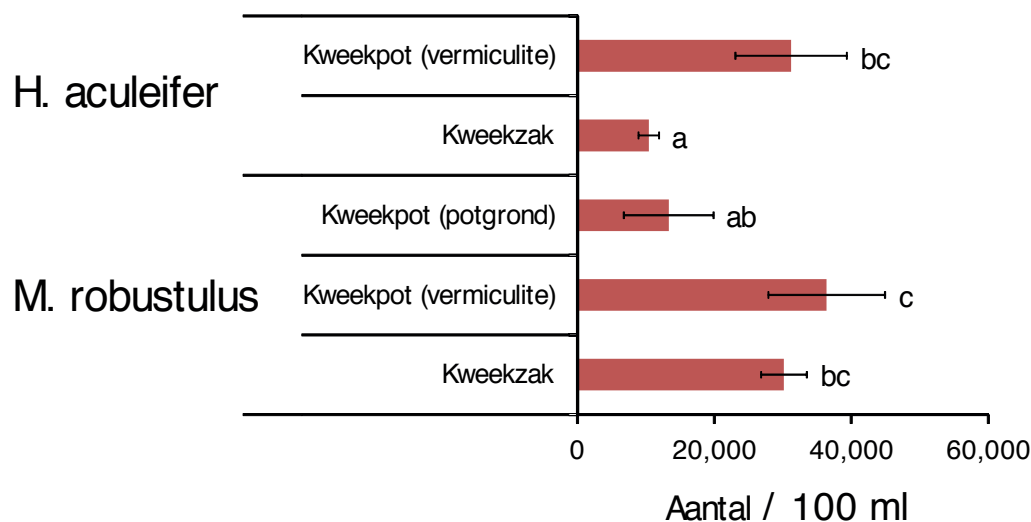
De mijten zijn uit het voedingsmedium geëxtraheerd met Tullgrentrechters en zijn vervolgens geteld. Verschillen in dichtheden van mijten tussen behandelingen zijn getest met gegeneraliseerde lineair modellen, met een Poisson verdeling (GenStat 16de editie). Paarsgewijze vergelijkingen zijn uitgevoerd met een T-toets ($P=0.05$).

6.3.3.2 Resultaten en conclusie

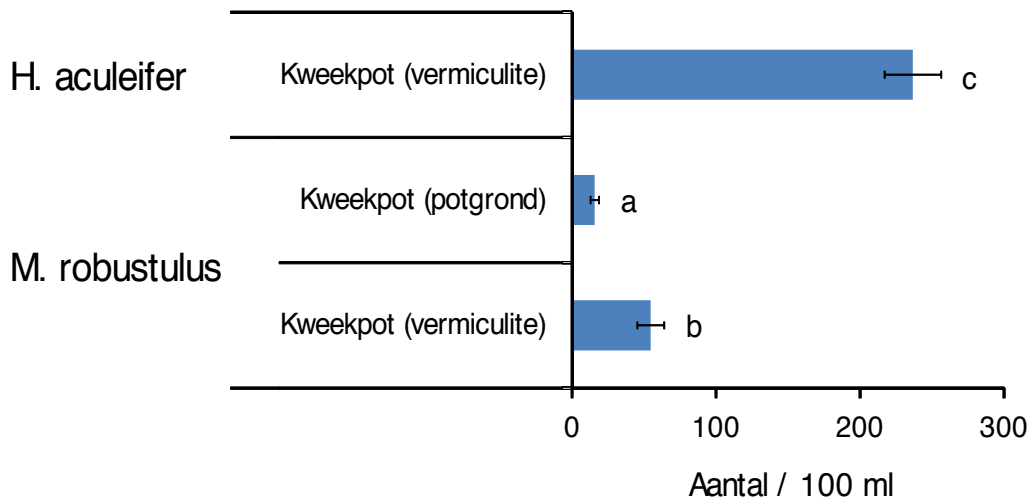
Twee weken na inzet, waren de dichtheden van *A. siro* in het voedingsmedium hoog in alle geteste systemen en varieerden van ca. 10.000 tot 36.000 mijten per 100 ml voedingsmedium (Figuur 1.3.5.). De hoogste prooimijt dichtheden zijn gemeten in kweekpotten met vermiculite als onderlaag en met de roofmijt *M. robustulus* (Figuur 1.3.5.). De laagste dichtheden zijn gemeten in kweekzakken waarbij *H. aculeifer* in het gewas was uitgezet (Figuur 1.3.5.). De prooimijten zijn ook waargenomen op het gewas en de potgrond van potten rondom de openkweeksystemen.

Roofmijten zijn in het voedingsmedium van kweekzakken nooit gevonden. In de kweekpotten zijn wel roofmijten in de bovenlaag (voedingsmedium) waargenomen, maar de dichtheden van roofmijten in de onderlaag waren veel hoger. Deze waarnemingen bevestigen de indruk uit proef 1.3.2, dat de bodemroofmijten de potgrond of vermiculite prefereren boven het voedingsmedium. De prooimijten waren in veel hoger dichtheden aanwezig in de bovenlaag dan in de onderlaag. Het verdelen van de kweekpot in twee lagen heeft inderdaad geresulteerd in ruimtelijke scheiding tussen roofmijt en prooimijt, waarbij ieder de laag heeft gekozen die voor hem het meest geschikt was.

De hoogste dichtheden van roofmijten (ca. 235 / 100 ml; gemengde stadia) zijn gemeten in de combinatie kweekpot - vermiculite - *H. aculeifer* (Figuur 1.3.6.). Deze roofmijt heeft 4.5 keer hogere dichtheden bereikt dan *M. robustulus* in kweekpotten met dezelfde samenstelling (Figuur 1.3.6.). In totaal heeft de introductie van 300 *H. aculeifer* (gemengde stadia) geresulteerd in een populatie van ca. 9360 roofmijten, twee weken na introductie.

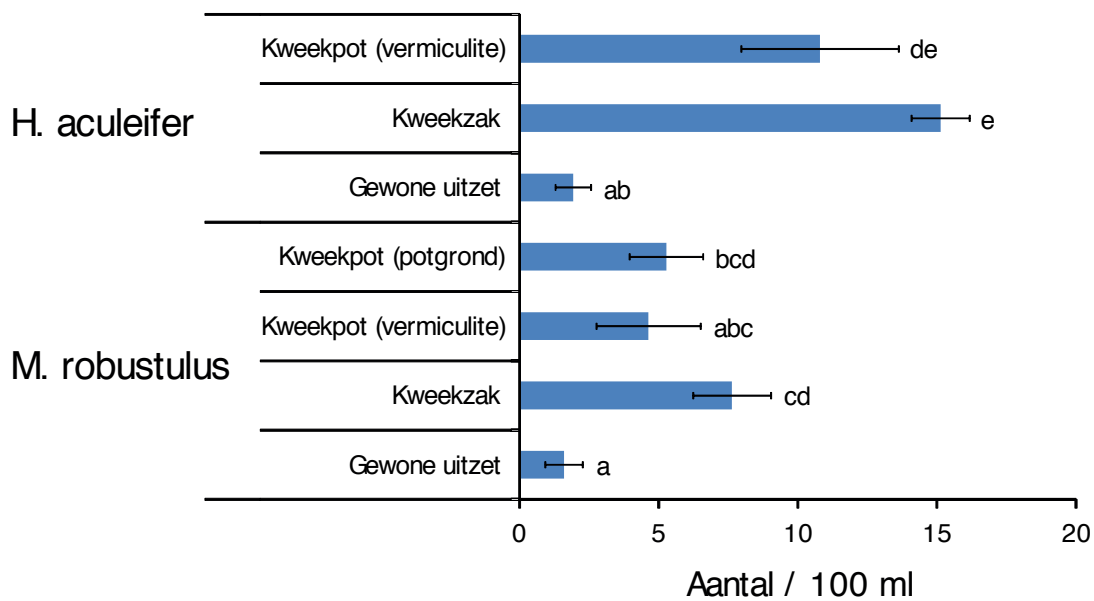


Figuur 1.3.5. Dichtheid van de prooimijt *A. siro* in het voedingsmedium van de openkweeksystemen.



Figuur 1.3.6. Dichtheid van roofmijten in de onderlaag van de kweekpotten.

Drie weken na introductie was er een duidelijk positieve effect van alle openkweeksystemen op de dichtheid van roofmijten in het gewas (Figuur 1.3.7.). Bij *H. aculeifer* nam de dichtheid toe van ca. 2 naar 11-15 roofmijten per 100ml potgrond door de openkweeksystemen, een significante toename (Figuur 1.3.7.). Bij *M. robustulus* was de toename van ca. 1.5 naar 4.5-7.5 roofmijten per 100 ml potgrond (Figuur 1.3.7.), ook een significante toename. Verder waren er geen significante verschillen in de dichtheid van roofmijten in het gewas tussen de verschillende openkweeksystemen.



Figuur 1.3.7. Dichtheid van roofmijten in de potgrond van potten rondom de openkweekstelsel met als controle een gewas waar roofmijten uitgezet zijn zonder een openkweekstelsel.

Conclusies

- Beide soorten bodemroofmijten prefereren de potgrond of vermiculite als habitat boven het voedingsmedium.
- Twee manieren zijn gevonden om de bodemroofmijten te voorzien van prooien in het gewas -
 1. Twee-componenten openkweek (kweekpot): met een onderlaag voor de bodemroofmijten en een bovenlaag voor de prooien.
 2. Prooimijten openkweek (kweekzak): waarbij de bodemroofmijten in het gewas vestigen en zich voeden op prooien die van het systeem naar het gewas vertrekken en / of door zich in de systemen te voeden, maar in het gewas te vermeerderen.
- Beide roofmijt soorten hebben zich kunnen vermeerderen in de kweekpotten, maar *H. aculeifer* heeft hogere dichtheden bereikt dan *M. robustulus*.
- Alle openkweeksystemen hebben geresulteerd in hoger dichtheden van bodemroofmijten in het gewas, maar de hoogste dichtheden zijn gemeten bij de combinatie kweekzak- *H. aculeifer*.

6.4 Praktijkproeven

Alle praktijkproeven zijn uitgevoerd bij Florensis B.V, Hendrik-Ido-Ambacht, vanaf mei 2013.

6.4.1 Praktijkproef 1

6.4.1.1 Materiaal en methode

De systemen die in Proef 1.3.3 zijn getest, de kweekpot met vermiculite en de kweekzak, zijn ingezet in twee herhalingen (zie sectie 1.3.3.1). De systemen zijn neergezet tussen trays met cyclamen in een kas (Figuur 1.4.1.) op 14/05/2013. De systemen zijn zodanig neergezet dat ze volledig omgeven waren door planten. De planten waren laag ten opzichte van de systemen, waardoor de systemen uitstaken boven de bladmassa (Figuur 1.4.1.).

6.4.1.2 Resultaten en conclusie

De openkweeksystemen zijn beoordeeld twee weken na het inzetten. Het voedingsmedium in de kweekzakken en de kweekpotten bleek te droog, waardoor de ingezette prooimijten zich niet hebben kunnen ontwikkelen. Bij de kweekpotten bleken de bodemroofmijten onderin het systeem, in de vermiculitelaa, nog aanwezig te zijn. Dit laat zien dat de roofmijten het systeem niet verlaten ook als de omstandigheden niet optimaal zijn. De systemen zijn niet verder beoordeeld, omdat visuele inspectie van het materiaal voldoende was om te concluderen dat er geen populatieopbouw van prooi- en roofmijt plaatst heeft gevonden en dat vochtverlies uit de systemen het belangrijkste probleem was.

De volgende proef was er vooral op gericht om de vochtuithouding van de systemen te verbeteren.



Figuur 1.4.1. Praktijktest van kweekpot (rechtsboven) en kweekzak (rechtsonder) bij Florensis B.V.

6.4.2 Praktijkproef 2

Het belangrijkste probleem in Proef 1.4.1, de eerste praktijktest van de openkweeksystemen, was uitdroging van het voedingsmedium. Het doel van de volgende proef was om verschillende aanpassingen aan de vorm van het openkweekstelsel te screenen, om uitdroging van het voedingsmedium te beperken. De proef was een screening met één herhaling per variant. Het was vooral bedoeld om een richting aan te geven voor verdere aanpassingen in het stelsel, om die later met meer herhalingen te testen.

6.4.2.1 Materiaal en methode

Een kleinere uitvoering van de kweekpot is gebruikt als standaard (Figuur 1.4.2.). Ieder pot bevatte 350 ml vochtige vermiculite (9.3% v/v) en 100 ml voedingsmedium (samenstelling per liter: 500 ml bark, 500 ml zemelen, 25 gr gist; 7% v/v). Als prooimijt is gebruik gemaakt van *Carpoglyphus lactis* (20.000 gemengde stadia per pot). *M. robustulus* is geïntroduceerd in een dichtheid van 100 volwassen vrouwtjes per pot, met de overige gemengde stadia. *C. lactis* en *M. robustulus* zijn geleverd door Koppert. De pot was afgesloten met een plantschotel als deksel (Figuur 1.4.2. d).

Een 'standard' uitvoering van de pot had een piepschuim dak om het stelsel te beschermen tegen straling. Er zijn 6 uitloopgaten gemaakt (diameter 7 mm) op de bovenrand van de pot, onder de deksel. De draingaten onderaan de pot waren dichtgemaakt met parafilm.

Verschillende aanpassingen van de 'standaard' pot zijn getest:

- Aantal uitloop gaten: bepalen de ventilatie en uitdroog snelheid van het voedingsmedium in het stelsel. Naast de 'standard' pot met 6 uitloop gaten, zijn ook systemen getest met 3 en 8 uitloop gaten.
- Voedingsmedium in koker: in de 'standaard' uitvoering is het voedingsmedium voor de prooimijten aangebracht als bovenlaag op de vermiculite onderlaag (zie Proef 1.3.3). Daarnaast is een variant getest waarbij het voedingsmedium voor prooimijten was aangebracht in een kartonnen koker, die rechtoverig geplaatst was midden in de vermiculite (Figuur 1.4.2. a en b). Gaten waren gemaakt in de kartonnen koker, om uitloop van mijten mogelijk te maken. Het doel daarbij is om het voedingsmedium van de prooimijten te beschermen tegen uitdroging.
- Bevloeiingsmat op deksel: om condens vocht dat zich verzamelt op de binnenkant van de deksel van de systemen vast te houden, is een variant getest waarbij een bevloeiingsmat aangebracht werd aan de binnenkant van de deksel.
- Toevoeging veen: een variant is getest waarbij het voedingsmedium voor de prooimijt was gemengd met veen om vocht vast te houden (verhouding aangepast voedingsmedium per L: 500 ml zemelen, 250 ml bark, 250 ml veen).
- Kleikorrel: een variant is getest waarbij een laag (1 cm) van met vocht verzadigde kleikorrels geplaatst waren onderin het stelsel om dit van extra vocht te voorzien (Figuur 1.4.2. c).
- Piepschuim-dak: een variant is getest waarbij het piepschuim-dak boven op het stelsel niet geplaatst was (Figuur 1.4.2. d).



Figuur 1.4.2. In Proef 1.4.2 geteste aangepaste openkweekpotten.

De aangepaste openkweekpotten zijn geplaatst in trays met cyclamen in een kas bij Florensis B.V. op 05/06/2013 (Figuur 1.4.3.). De systemen zijn zodanig neergezet dat ze volledig omgeven waren door planten (Figuur 1.4.3.). De planten waren hoog ten opzichte van de systemen, waardoor de systemen beschermd stonden (Figuur 1.4.3.). Twee weken na introductie waren de systemen opgehaald, de gehele inhoud in een Tullgren-trechter geplaatst. Eén week later zijn de aantallen prooi- en roofmijten geteld.

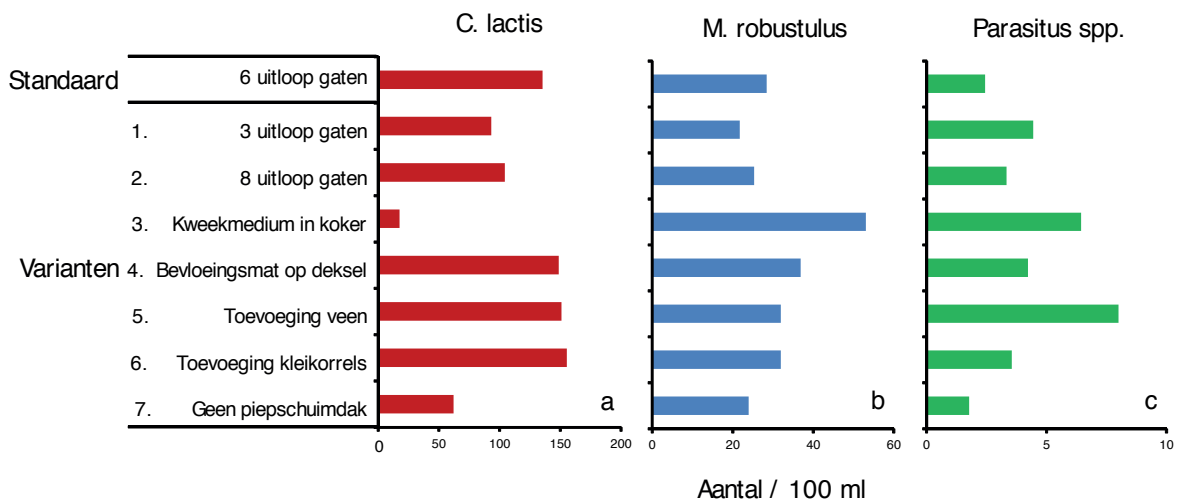


Figuur 1.4.3. Opstelling Proef 1.4.2 - openkweekpotten geplaatst in trays tussen een gewas van cyclamen in een kas bij Florensis B.V.

6.4.2.2 Resultaten en conclusie

- Voor alle geteste systemen geldt dat het medium vochtiger bleef dan in Proef 1.4.1 en dat de prooi- en roofmijt-populaties zich hebben kunnen ontwikkelen (Figuur 1.4.4. a en b).
- De hoogste dichtheden van *M. robustulus* zijn gevonden bij variant 3 waarbij het voedingsmedium in een koker geplaatst was in de vermiculite (Figuur 1.4.4. b). De dichtheid van prooimijten was het laagst in dit systeem vermoedelijk wegens uitputting van de prooipopulatie door de roofmijten.
- De laagste dichtheid van roofmijten én prooimijten was in variant 7, waar geen piepschuim-dak is gebruikt (Figuur 1.4.4. a en b). Dat de dichtheid van beide mijtpopulaties laag is betekent dat de prooimijten zich niet goed hebben kunnen ontwikkelen, waardoor de roofmijt populatie laag bleef. Dit is een indicatie dat het toevoegen van een piepschuim-dak op het openkweekstelsel de ontwikkeling van prooi- en roofmijt verbetert, zelfs in een situatie waar de systemen redelijk beschermd stonden door het omliggende gewas (Figuur 1.4.3.). Meer herhalingen zijn nodig om dit te bevestigen.
- De populaties van prooi- en roofmijten waren kleiner in de systemen met 3 en 8 uitloop gaten dan in de standaard met 6 gaten (Figuur 1.4.4. a en b). Het lijkt er op dat 6 uitloop gaten het optimum is. Echter, meer herhalingen zouden nodig zijn om te bepalen of de verschillen significant zijn. Tevens kan het optimale aantal uitloop gaten afhangen van het klimaat en dus afhankelijk zijn van de omstandigheden.

- Het toevoegen van een bevoeiingsmat, veen en kleikorrels (varianten 4,5, en 6 respectievelijk) heeft geresulteerd in iets hogere dichtheden van prooi- én roofmijt t.o.v. het standaard systeem (Figuur 1.4.4. a en b), maar meer herhalingen zijn nodig om te bepalen of deze verschillen significant zijn.
- In alle systemen zijn beperkte aantallen van bodemroofmijten uit het genus *Parasitus* spp. gevonden (Figuur 1.4.4. c). Deze roofmijten komen spontaan voor in kassen en hebben de systemen geïnfecteerd tijdens de proef. De aantallen *M. robustulus* waren hoger dan die van *Parasitus* spp. in alle systemen (Figuur 1.4.4. b en c).



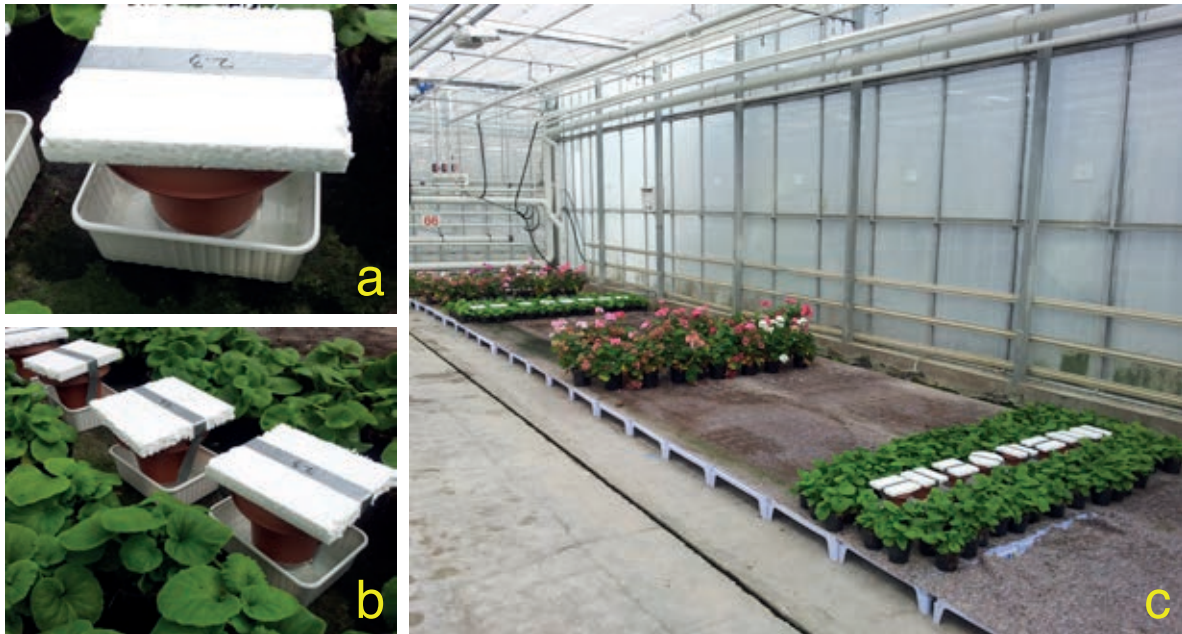
Figuur 1.4.4. Dichtheid van (a) de prooimijt *C. lactis* en de bodemroofmijten (b) *M. robustulus* (ingezet) en (c) *Parasitus* spp. (infectie) in de openkweekpotten in Proef 1.4.2.

6.4.3 Praktijkproef 3

Op basis van proef 1.4.2 is besloten om de standaard systemen en variant 3 verder te testen. De systemen werden getest met een groter aantal herhalingen dan bij de screening (Proef 1.4.2) in een kas bij Florensis B.V, waarbij de populaties prooi- en roofmijten gemeten zijn over een periode van 7 weken.

6.4.3.1 Materiaal en methode

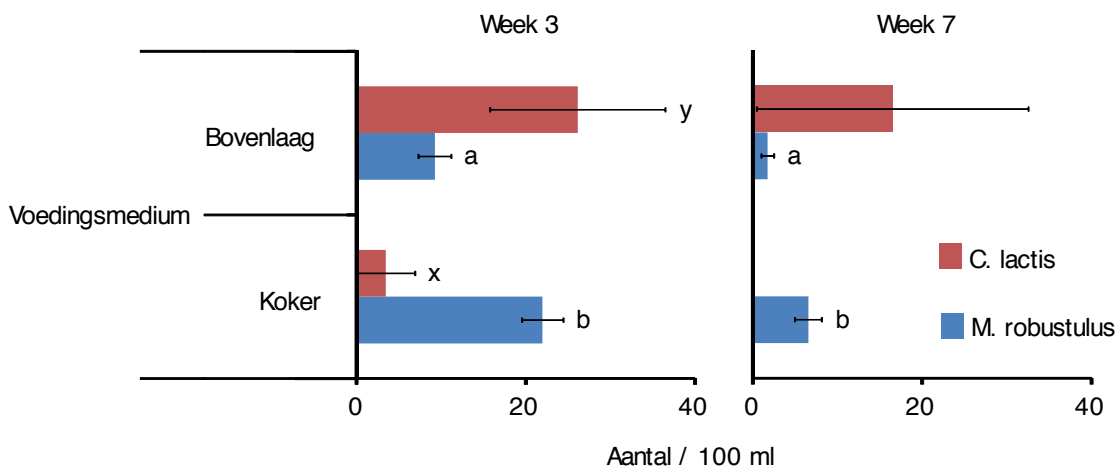
Voor opzet van de systemen zie beschrijving Proef 1.4.2. G rotore potten zijn gebruikt (750 ml), zodat ieder pot 550 ml vermiculite en 100 ml voedingsmedium bevatte. De zelfde prooi/predator ratio (1:200) werd aangehouden als in Proef 1.4.2, maar de inzet aantallen worden gehalveerd, zodat de systemen minder snel uitgeput zullen raken. Per systeem zijn 50 volwassen vrouwtjes *M. robustulus* (met de overige stadia) en 10.000 *C. lactis* (gemengde stadia) geïntroduceerd. De proef is in vier herhalingen uitgevoerd verdeeld over vier blokken (Figuur 1.4.5. c). De systemen zijn geplaatst in plastic bakjes (1L) met een zeepsop-laag (1 cm) om infectie van de systemen vanuit de omgeving te vermijden (Figuur 1.4.5. a en b). De proef is ingezet op 29/09/2013. In week 3 en 7 na introductie zijn 4 herhalingen van ieder systeem opgehaald, de gehele inhoud in Tullgren trechters geplaatst en een week later zijn de aantallen prooi- en roofmijten geteld.



Figuur 1.4.5. Opstelling van Proef 1.4.3 in een kas bij Florensis B.V.

6.4.3.2 Resultaten en conclusie

- In deze proef zijn twee type kweekpotten vergeleken. Beide systemen bevatten vermiculite als medium voor de bodemroofmijten en een mengsel van bark, zemelen en gist als voedingsmedium voor de prooimijten. Echter, bij één getest type ('bovenlaag') is dit voedingsmedium aangebracht als bovenlaag op de vermiculite, terwijl bij het andere type ('koker') i het voedingsmedium is aangebracht in een koker die verticaal geplaatst was midden in de vermiculite (Figuur 1.4.2. a en b).
- Drie weken na introductie waren in kweekpotten met kokers de dichtheden van *M. robustulus* significant hoger en de dichtheden van prooimijten significant lager dan in kweekpotten met een bovenlaag (Figuur 1.4.6.). Dit is een indicatie dat de prooipopulatie sneller uitgeput raakte in de systemen met kokers vanwege de grotere dichtheden aan roofmijten.
- 7 weken na introductie, waren de dichtheden van roofmijten gedaald in beide type systemen, maar waren de ze nog steeds significant hoger in systemen met een koker dan met een bovenlaag (Figuur 1.4.6.). De prooipopulatie was in beide type systemen volledig uitgeput in bijna alle herhalingen (hoger gemiddelde dichtheid *C. lactis* in week 7 te wijten aan één uitschieter). In week 3 was in geen van de systemen overmatige schimmelgroei waargenomen. Echter in week 7 had 75% van de herhalingen in beide behandelingen overmatige schimmelgroei. Waarschijnlijk vanwege het uitsterven van de (schimmel-etende-) populatie van prooimijten.



Figuur 1.4.6. Dichtheid van prooimijt *C. lactis* en roofmijt *M. robustulus* 3 en 7 weken na introductie in de openkweekpotten.

6.5 Conclusies en aanbevelingen

- Verschillende behoefte van prooi- en bodemroofmijten: Het onderzoek laat zien dat het kweken van zowel de prooimijten als de bodemroofmijten in één medium, zoals het geval is in kweekzakjes van bladroofmijten, niet haalbaar is voor bodemroofmijten (Proef 1.3.2). De bodemroofmijten prefereren een vochtiger medium dan voor de prooimijten geschikt is en verlaten het systeem opzoek naar meer geschikte omstandigheden.
- Dit probleem kan op twee manieren opgelost worden:
 - o Twee componenten openkweek, met:
 1. Vochtig medium dat geschikt is voor bodemroofmijten (vermiculite of potgrond).
 2. Relatief droog voedingsmedium voor de prooimijten.
 - o Prooimijten openkweek: met enkel voedingsmedium voor de prooimijten. De bodemroofmijten worden op het substraat van de potten/trays uitgezet, waar ze zich kunnen vermeerderen en zich bijvoeden met prooimijten uit het openkweekstelsel.
- In kasproeven (Proef 1.3.3) bleek dat beide typen systemen de dichtheid van bodemroofmijten in het gewas vergroten, waarbij *H. aculeifer* hogere dichtheden bereikt heeft dan *M. robustulus*.
- In praktijkproeven bleken de systemen gevoelig voor uitdroging (Proef 1.4.1). Gekozen om (voorlopig) verder te gaan met de twee-componenten openkweek en die aan te passen zodat dit systeem minder gevoelig wordt voor uitdroging.
- Twee aangepaste systemen bleken geschikt voor productie van bodemroofmijten in het gewas en de productie bleek het hoogst in kweekpotten, waarin het voedingsmedium in een koker geplaatst werd in plaats van als bovenlaag op het vermiculite (Proef 1.4.2 en 1.4.3). Het advies is om dit systeem door te ontwikkelen met aandacht voor de volgende aspecten:
 - o Optimaliseren verhouding volume vermiculite en voedingsmedium.
 - o Ontwikkeling navul koker systeem: Met het voedingsmedium in een koker is het mogelijk om een systeem te ontwikkelen waar het voedingsmedium (koker) vervangen kan worden, maar waar de vermiculite met de populatie bodemroofmijten kan blijven.
 - o Vocht - onderzoeken hoe het systeem voorzien kan worden van vocht uit de omgeving zonder dat het systeem te nat wordt. Dat is vooral van belang bij het ontwikkelen van een navul systeem.
 - o Infecties: In proef 1.4.2 werden de kweekpotten geïnfecteerd met bodemroofmijten van het genus *Parasitus*. Bij verdere ontwikkeling van het systeem zal gekeken moeten worden of deze infecties vaak optreden en wat het gevolg daarvan is op de ontwikkeling van *M. robustulus*.

Hoewel het onderzoek in 2013 gericht was op de twee-componenten openkweek zijn in 2012 heel goede resultaten geboekt met de prooimijten openkweek. Dit systeem is simpeler en mogelijk goedkoper te produceren. Het dient aanbeveling om in verder onderzoek dit systeem door te ontwikkelen met speciale aandacht voor het beperken van vochtverlies en het goed produceren onder verschillende klimaatomstandigheden. Dit systeem kan van bijzondere waarde zijn, omdat het naast bodemroofmijten ook bladroofmijten en mogelijk roofwantsen (*Orius* spp.) van alternatieve prooien zal kunnen voorzien.

7 Conclusies & aanbevelingen

- Problemen met rouwmuggen treden meestal op bij aanvang van een teelt wanneer de planten nog kwetsbaar zijn. Om schade te voorkomen wordt het toedienen van insectenpathogene aaltjes aanbevolen voor hun effectiviteit en hun snelle werking. Zes toepassingen van nematode *Steinernema feltiae* bij de dosering 0,25 miljoen/ m² en drie toepassingen van 0,5 miljoen/m² met interval van twee weken gaven de beste resultaten. Het werd aangetoond dat nematoden zowel in lijmpluggen als in potgrond effectief zijn.
- Bodemroofmijten worden ook geïntroduceerd, maar met de dosering dat in de praktijk wordt gehanteerd (100 à 250/m²) zijn ze trager van werking dan nematoden. Het effect van de bodemroofmijten wordt pas geobserveerd na een aantal weken. Hun effectiviteit kan verhoogd worden met het gebruik van een openweekstelsel. Dit stelsel kan van bijzondere waarde zijn, omdat het naast bodemroofmijten ook bladroofmijten en mogelijk roofwantsen (*Orius* spp.) van alternatieve prooien zal kunnen voorzien.

8 Literatuur

- Ali O., R. Dunne & P. Brennan, 1999.
Effectiveness of the predatory mite *Hypoaspis miles* (Acari: Mesostigmata: Hypoaspidae) in conjunction with pesticides for control of the mushroom fly *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae). *Experimental & Applied Acarology*, Volume 23 (1): 65-77.
- Al Amidi A.H.K., R. Dunne & M. J. Downes, 1991.
Parasitus bituberus (Acari: Parasitidae): An agent for control of *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae) in mushroom crops. *Experimental & Applied Acarology*. Vol. 11, Issue 2-3: 159-166.
- Bartlett G.R. & C.B.O. Keil, 1997.
Identification and characterization of a permethrin resistance mechanism in populations of the fungus gnat *Lycoriella mali* (Fitch) (Diptera : Sciaridae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 58: 173-181.
- Betterley D. A., 1989.
Investigations on the fungus *Erynia montana* (Entomophthorales) as a potential biological control of sciarid flies (*Lycoriella mali*). *Mushroom Science*, 12(2), 803-812.
- Birken E. M. & R. A Cloyd, . 2007.
Food preference of the rove beetle, *Atheta coriaria* Kraatz (Coleoptera: Staphylinidae) under laboratory conditions. *Insect Science*, 14(1), 53-56.
- Brødsgaard H.F., M.A. Sardar & A. Enkegaard, 1996.
Prey preference of *Hypoaspis miles* (Berlese) (Acarina: Hypoaspidae): non-interference with other beneficials in glasshouse crops. *IOBC/WPRS Bull.* 19: 23-26.
- Carney V. A., J. C. Diamond, G. D., Murphy & D. Marshall, 2002.
The potential of *Atheta coriaria* Kraatz (Coleoptera: Staphylinidae), as a biological control agent for use in greenhouse crops. *IOBC WPRS BULLETIN*, 25(1), 37-40.
- Castilho, R. C., G. J. de Moraes, E. S. Silva & L.O. Silva, 2009a.
Predation potential and biology of *Protogamasellopsis posnaniensis* Wisniewski & Hirschmann (Acari: Rhodacaridae). *Biological control*, v.48, n.2 : 164-167.
- Castilho R.C., G.J. de Moraes, E.S. Silva, R.A.P. Freire & F.C. Da Eira, 2009b.
The predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* as a control agent of the fungus gnat *Bradysia matogrossensis* in commercial production of the mushroom *Agaricus bisporus*. *International Journal of Pest Management* 55: 181-185. doi:10.1080/09670870902725783.
- Chambers R.J., E.M. Wright & R.J. Lind, 1993.
Biological-control of glasshouse sciarid flies (*Bradysia* spp.) with the predatory mite, *Hypoaspis miles*, on cyclamen and poinsettia. *Biocontrol Science and Technology* 3: 285-293.
- Cloyd R. A. & E.R. Zaborski, 2004.
Fungus gnats, *Bradysia* spp. (Diptera: Sciaridae), and other arthropods in commercial bagged soilless growing media and rooted plants bugs. *Journal of Economic Entomology* 97(2): 503-510.
- Freeman P., 1983.
Sciarid flies, Diptera; Sciaridae. *Handbooks for the identification of British insects* 9, Part 6. London, Royal Entomol. Soc. pp 68.
- Freire, R.A., G.J. de Moraes, E.S. Silva, A.C. Vaz, R. de Campos Castilho, 2007.
Biological control of *Bradysia matogrossensis* (Diptera: Sciaridae) in mushroom cultivation with predatory mites *Exp. Appl. Acarol.* 42(2): 87-93.
- Gouge D. H. & N. G. M. Hague, 1993.
Effects of *Steinernema feltiae* against sciarids infesting conifers in a propagation house. *Tests of agrochemicals and cultivars*.
- Gouge D.H. & N.G.M. Hague, 1994.
Development of *Steinernema feltiae* (Steinernematidae: Nematoda) in *Bradysia paupera* (Sciaridae: Diptera). *Bulletin OILB SROP*, 17.

- Grewal P. S. & P.N. Richardson, 1993.
Effects of application rates of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) on biological control of the mushroom fly *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae). *Biocontrol Science and Technology*, 3(1), 29-40.
- Gouge D. H. & N. G. M. Hague, 1995.
Glasshouse control of fungus gnats, *Bradysia paupera*, on fuschias by *Steinernema feltiae*. *Fundamental and applied nematology*, 18(1), 77-80.
- Grewal P.S. & R. Georgis, 1998.
Entomopathogenic nematodes. *Methods in Biotechnology*, Vol. 5. *Biopesticides: Use and Delivery* (eds F.R.Hall & J.J.Menn), pp. 271-299. Humana Press Inc., Totowa.
- Grosman A.H., G. Messelink & E. de Groot, 2011.
Combined use of a mulch layer and the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese) enhance the biological control of sciarids in potted plants. *IOBC WPRS Bulletin* 68: 51-54.
- Hamlen R. A. & F.W. Mead, 1979.
Fungus Gnat Larval Control in Greenhouse Plant Production. *J. Econ. Entomol.* 72: 269-271.
- Harris M.A., R.D. Oetting & W.A. Gardner, 1995.
Use of entomopathogenic nematodes and new monitoring technique for control of fungus gnats, *Bradysia coprophila* (Diptera: Sciaridae), in floriculture. *Biol. Control* 5: 412-418.
- Hellqvist S., 1994.
Biology of *Synacra* sp. (Hym., Diapriidae), a parasitoid of *Bradysia paupera* (Dipt., Sciaridae) in Swedish greenhouses. *Biological Abstracts Journal of Applied Entomology*. 117(5). 491-497.
- Huang, Y., B. Zhen, & Z., Li, 1992.
Natural and induced epizootics of *Erynia ithacensis* in mushroom hothouse populations of yellow-legged fungus gnats. *Journal of Invertebrate Pathology*, 60(3), 254-258.
- Jandricic S., C. D. Scott-Dupree, A. B. Broadbent, C. R. Harris & G. Murphy, 2006.
Compatibility of *Atheta coriaria* with other biological control agents and reduced-risk insecticides used in greenhouse floriculture integrated pest management programs for fungus gnats. *The Canadian Entomologist*, 138(05), 712-722.
- Jess S. & Schweizer H., 2009.
Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation: a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. *Pest Manag Sci.* 65 (11) 1195-200. doi: 10.1002/ps.1809.
- Kolyada V. & E. Perkovsky, 2011.
A new species of the genus *Disogmus* Förster (Hymenoptera, Proctotrupoidea, Proctotrupidae) from the Eocene Rovno amber. *Zookeys*. 2011; (130): 455-459.
- Karg W., 1979.
Die Gattung *Hypoaspis* Canestrini, 1884 (Acarina, Parasitiformes). *Zoologische Jahrbücher: Zeitschrift für Systematik* 106: 65-104.
- Karg W., 1995.
Raubmilben als Indikatoren bei der Entwicklung eines ökologisch orientierten Pflanzenschutzes. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienstes.* 47: 149-156.
- Karg W. & B. Freier, 1995.
Parasitiforme Raubmilben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen. *Mitteilungen BBA* 308: 1-96.
- Kim H.H., H.Y. Choo, H.K. Kaya, D.W. Lee, S.M. Lee & H.Y. Jeon., 2004.
Steinernema carpocapsae (Rhabditida : Steinernematidae) as a biological control agent against the fungus gnat *Bradysia agrestis* (Diptera : Sciaridae) in propagation houses. *Biocontrol Science and Technology* 14: 171-183. doi:10.1080/09583150310001655693.
- Lindquist, R., J. Buxton & J. Piatkowski, 1994.
Biological control of sciarid flies and shore flies in glasshouses. *Brighton Crop Prot. Conf. Pests and Diseases* 3: 1067-1072.

- Messelink G. & R. van Holstein-Saj, 2008.
Improving thrips control by the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese). IOBC/wprs 32:135-138.
- Messelink G. & A. Grosman, 2011.
LNV project Geïntegreerde bestrijding trips in potplanten, nr. 3242067811.
- Pijnakker, J., A. Leman., G. Messelink, A. Grosman & R. van Holstein, 2011.
PT verslag Bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen, 34 pp, Interne Projectnummer: 3242070400,
PT-nummer: 13804.
- Pijnakker, J. & A. Leman, 2013.
PT verslag Bestrijding van *Lyprauta* spp. in *Phalaenopsis*, 20 pp, Interne Projectnummer: 3242116700,
PT-nummer: 14501.
- Nielsen G.R., 2003.
Fungus gnats. <<http://www.uvm.edu/extension/publications/el/el50.htm/>>.
- Oetting R.D. & S.K. Braman, 2004.
Biological control of arthropod pests in the soil: Biocontrol in protected culture (ed. by KM Heinz, RGv Driesche & MP Parella) Ball Publishing, Batavia: 331-342.
- Rudziska M., 1998.
Life history of the phoretic predatory mite *Arctoseius semiscissus* (Acari: Ascidae) on a diet of sciarid fly eggs.
Experimental & Applied Acarology. Vol. 22, Issue 11: 643-648.
- Szlendak, E. & M. Lewandowski, 2009.
Development and reproductive capacity of the predatory mite *Parasitus consanguineus* (Acari: Parasitidae) reared on the larval stages of *Megaselia halterata* and *Lycoriella ingenua*. Experimental and Applied Acarology, Vol. 47, Issue 4 : 285-292.
- Tommasini, M.G. & S. Maini, 1995.
Frankliniella occidentalis and other thrips harmful to vegetables and ornamental crops in Europe. Wageningen Agri. Univ. Papers 95-1: 1-42.
- Tomalak M., S. Piggott & G. B. Jagdale, 2005.
Glasshouse applications. Nematodes as biocontrol agents. CABI Publishing, Oxon, 147-166.
- Wilkinson J.D. & D.M. Daugherty, 1970.
Comparative development of *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae) under constant and variable temperatures. Ann. Entomol. Soc. Am. 63: 1079-1083.
- Wright, E. M. & R. J. Chambers, 1994.
The biology of the predatory mite *Hypoaspis miles* (Acari: Laelapidae), a potential biological control agent of *Bradysia paupera* (Dipt.: Sciaridae). Entomophaga, Volume 39 (2): 225-235.
- Ydergaard, S., A. Enkegaard & H. F. Brødsgaard, 1997.
The predatory mite *Hypoaspis miles*: temperature dependent life table characteristics on a diet of sciarid larvae, *Bradysia paupera* and *B. tritici*. Entomologia Experimentalis et Applicata, Vol. 85 (2): 177-187.
- Zhang, L., T. Shono, S. Yamanaka & H. Tanabe, 1994.
Effects of Insecticides on the Entomopathogenic Nematode *Steinernema carpocapsae* Weiber. Applied Entomology and Zoology, 29, 539-539.

