



Paringsverstoring: een innovatieve oplossing voor rupsenproblemen in de Nederlandse kassen

Eindrapportage

Frans Griepink¹, Katja Hora² & Willem-Jan de Kogel¹

¹ Plant Research International

² Koppert BV

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bio-interacties en Plantgezondheid
Mei 2013

Rapport 517

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Bio-interacties en Plantgezondheid.

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

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.



Projectnummer Productschap Tuinbouw: 13344
Projectnummer Plant Research International: 3340048700

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bio-interacties en Plantgezondheid

Adres : Postbus 69, Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 06 54
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.wageningenUR/nl/pri

Inhoudsopgave

	pagina
1. Samenvatting	1
2. Inleiding	2
3. Ontwikkeling van een massieve biopolymeer verwarringsdispenser	4
3.1 Inleiding	4
3.2 Materiaal en methoden biopolymeer plaatjes	4
3.3 Resultaten verdamping biopolymeer plaatjes	7
3.4 Overall conclusies van de screening testen met de biopolymeer plaatjes	11
3.5 Geëxtrudeerde staafjes	11
3.6 Materiaal en methoden biopolymeer staafjes	12
3.7 Veldproef met biopolymeer staafjes	14
3.8 Materiaal en methoden veldproef	14
3.9 Resultaten veldproef biopolymeer staafjes	16
3.10 Conclusies en opmerkingen veldproef biopolymeer staafjes	17
3.11 Overall conclusies van de massieve polymeermatrices met feromonen	17
3.12 Mogelijkheden voor verbetering massieve biopolymeer dispensers	18
4. Ontwikkeling van een holle biopolymeer verwarringsdispenser	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Resultaten verdampingsproeven (bio)polymeer vial-dispensers	20
4.3 Conclusies holle vial dispenser	22
5. Feromoonverwarringsproef met de holle vial dispenser	23
5.1 Inleiding	23
5.2 Beschrijving van de proef	23
5.2.1 Beschrijving van het gewas	23
5.2.2 Beschrijving van de plaag	24
5.3 Opzet van de proef	24
5.4 Behandelingen	25
5.5 Toepassing	26
5.6 Evaluatie	26
5.6.1 Aanwezigheid van de plaag	26
5.6.2 Trap shutdown	26
5.6.3 Terugbrengen van het gebruik van bestrijdingsmiddel/ gewasbeschermingsmiddel	27
5.6.4 Het verdampingsprofiel van de dispensers	27
5.7 Resultaten	27
5.7.1 Aanwezigheid van de plaag	27
5.7.2 Trap shutdown	29
5.7.3 Afname van het gebruik van bestrijdingsmiddelen/ gewasbeschermingsmiddelen	30
5.7.4 Het feromoonverdampingsprofiel van de dispensers	34
5.8 Veiligheid van het gewas	35
5.9 Conclusies	35
Bijlage I. Foto's	2 pp.

1. Samenvatting

In de periode 2008-2012 is een paringsverstoringmethode tegen Turkse mot *Chrysodeixis chalcites* getest. Er is gekozen voor Turkse mot omdat dit insect snel veel schade kan aanbrengen in de tomaten- en paprikateelt. Ook is in het verleden door PRI in samenwerking met TNO aangetoond dat paringsverstoring tegen Turkse mot voldoende werkt. De destijds gebruikte feromoonverdampers bleek echter onpraktisch en is in dit onderzoek vervangen door een alternatieve verdampers. De in dit onderzoek ontwikkelde verdampers is op 5 locaties getest in een dichtheid van 500 dispensers per hectare. In feromoonvallen in de behandelde percelen werd geen Turkse mot meer gevangen in tegenstelling tot de niet met feromoon behandelde percelen. Echter in het gewas werden nog steeds rupsjes en dus schade gevonden. De gevonden schade wisselde van bedrijf tot bedrijf. De uiteindelijke conclusie is dat deze methode nog onvoldoende robuust is voor commerciële implementatie.

2. Inleiding

De bestrijding van de rupsen van de Floridamot (*Spodoptera exigua*) en Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*) is een toenemend knelpunt in kasteelten binnen en buiten Europa. De beschikbaarheid van effectieve chemische middelen voor de bestrijding van deze plagen neemt snel af. Daarnaast is chemische bestrijding een serieuze belemmering voor de verdere ontwikkeling van biologische bestrijding in de kas. Toepassing van feromonen biedt een duurzame oplossing voor de bestrijding van Floridamot en Turkse mot én het voorkomt de negatieve effecten van insecticiden op natuurlijke vijanden.

Geuren zoals feromonen, lokstoffen maar ook afweerstoffen worden gebruikt om insecten specifiek te lokken of om ze juist weg te jagen. Seksferomonen zijn soortspecifieke natuurlijke stoffen die afgegeven worden door vrouwtjesmotten om mannetjesmotten van dezelfde soort te lokken. Vrouwelijke motten produceren deze geuren en mannetjes volgen het geurspoor om zo het vrouwtje te kunnen vinden. Het succes van paring is daarmee volledig van deze lokstoffen afhankelijk. Hierna kan het vrouwtje eitjes leggen (honderden tot duizenden per vrouwtje) waar de rupsen uit komen. Wordt paring voorkomen dan komen er ook geen rupsen. Op dit principe is paringsverstoring gebaseerd. Door te zorgen dat overal in de kas door mannetjesmotten de geur van het seksferomoon van het vrouwtje wordt waargenomen, kunnen ze zich niet meer oriënteren en dus geen vrouwtjesmotten meer vinden: de paring is verstoord en het plaaginsect wordt op een milieuvriendelijke manier bestreden. Deze methode is door Minks en van Deventer in Nederland met goede resultaten op experimentele en op praktijkschaal beproefd.

De gecontroleerde verspreiding van feromonen in een relatief hoge dosering over een lange periode (5 maanden) is een uitdaging. Met behulp van speciale bio-afbreekbare matrices zou het in principe mogelijk moeten zijn een bijna nulde-orde afgifte van dit soort stoffen te bewerkstelligen. Onderzoek en ontwikkeling bij de Agrotechnology and Food Sciences Group (AFSG) heeft aangetoond dat een bijna nulde-orde afgifte mogelijk is voor vluchtige stoffen zoals diacetyl en carvon.

Om paringsverstoring te bereiken is het nodig te beschikken over synthetische feromonen die vrijkomen uit verdamperen die opgehangen worden in de kas en gedurende de teeltduur de feromoongeur verspreiden.

Paringsverstoring heeft de volgende voordelen:

- Effectieve bestrijding, zowel in groente als in sierteelt onder glas (niet gewasafhankelijk),
- Uitstekend te integreren met zowel natuurlijke vijanden en bestuivers als met chemische middelen,
- Geen residu van bestrijdingsmiddel op product,
- Besparing arbeid (geen/minder bespuitingen en inspecties nodig),
- Verminderde blootstelling,
- Draagt bij aan innovatief en milieuvriendelijk imago van het product en de sector.

Wat is al bekend?

Van de genoemde mottensoorten is het seksferomoon bekend en beschikbaar. In het verleden zijn voor de soorten Turkse mot en Floridamot in Nederlandse kassen in proeven en op praktijkniveau over meerdere jaren experimenten gedaan; deze proeven waren succesvol, schade door rupsen werd geheel voorkomen. Op dit moment is in Nederland slechts één toelating voor deze gewasbeschermings-techniek geregistreerd, namelijk voor de fruitmot (*Cydia pomonella*). Deze toepassing wordt in de fruitteelt al jarenlang met succes toegepast. In de Verenigde Staten wordt met de verwarringstechniek de 'tomato pinworm' (*Keiferia lycopersicella*) succesvol bestreden in tomaten onder glas.

Wat is nog nodig, wat zijn de bottlenecks?

De reden dat deze techniek nog niet op grote schaal wordt toegepast is dat er voor elk feromoon (en dus voor iedere plaag) een aparte toelating nodig is volgens de bestrijdingsmiddelenwetgeving. In het verleden was dit voor

het bedrijfsleven een te onzeker en kostbaar traject. Ontwikkelingen in de Europese regelgeving m.b.t. feromonen en het gegeven dat bepaalde mottenferomonen Europees verdedigd worden t.b.v. plaatsing op Annex I van de richtlijn 91/414/EEG geven voor Koppert de doorslag om deze toepassing te gaan ontwikkelen en bij bewezen effectiviteit registratie aan te willen vragen.

Het project is begonnen met zowel de Floridamot als Turkse mot in tomaat en paprika maar is in de loop van het project gelimiteerd tot enkel Turkse mot in paprika.

Doel van dit onderzoek is de ontwikkeling van een economische, bij voorkeur biologisch afbreekbare dispenser voor de verwarring van Turkse mot in paprika.

3. Ontwikkeling van een massieve biopolymeer verwarringsdispenser

3.1 Inleiding

Er is in eerste instantie gekozen voor een eenvoudige vorm dispenser, namelijk een staafje van ongeveer 15 cm lengte en met een diameter van ongeveer 5 mm. Het totale gewicht van deze dispenser zou daarmee op 2,5 - 5 gram komen. De belading aan feromoon per dispenser wordt 100 mg per dispenser. Het matrix materiaal waarin het feromoon zit opgesloten is bio-afbreekbaar. De beoogde afgifte zou van een nulde-order moeten zijn. Dit betekent dat de afgifte van feromoon constant moet zijn gedurende een periode van 5 maanden en moet zo min mogelijk feromoon na die periode achterblijven in de matrix. Dit is vooral belangrijk omdat voor een uiteindelijke toepassing de prijs van het feromoon van grote invloed op de totaalprijs is. Er is getest bij een constante temperatuur van 30°C en 50% RV.

De testen zijn uitgevoerd met in totaal drie feromoonmengsels:

- SPEX01: het feromoon voor de Floridamot compleet.
- SPEX02: het feromoon voor de Floridamot minus de minor component.
- CHCH: het feromoon voor Turkse mot.

SPEX02 is gekozen omdat de kleine component in het feromoon van de Floridamot als enige niet op de Annex-I lijst voorkomt. De verwachting is dat dit feromoonmengsel evengoed voor feromoonverwarring gebruikt kan worden, en dat de eventuele registratie eenvoudiger zou zijn.

3.2 Materiaal en methoden biopolymeer plaatjes

Materiaal

Het feromoon voor de testen is geleverd door PRI en bestond uit een 3-tal mengsels:

- SPEX01
- SPEX02
- CHCH

De drager/matrix materialen zijn aangeleverd door AFSG en bestaan uit de volgende biomaterialen (of combinaties van deze materialen):

- Een Biopolyester
- Een Polymelkzuur (PLA)
- PolyCaproLacton (PCL)
- Een Polyhydroxyalkanoaat (PHA)
- PolyButhyleenSuccinaatAdiphaat (PBSA)
- PBSA/ Thermoplastisch zetmeel gebaseerde mengsels (TPZ)

Als weekmaker is in een aantal gevallen alkyl citraat gebruikt

In een eerste reeks testen werd bepaald welke materialen het meest geschikt zouden kunnen zijn voor een gelijkmatige verdamping van de feromooncomponenten. Allereerst is gezocht naar een aantal geschikte biopolymeren voor deze toepassing. Er is gekozen voor een reeks biopolymeren die zich onderscheiden van elkaar op het gebied van hydrofiliciteit. Daarnaast is als randvoorwaarde gesteld dat de producten enigszins robuust moeten zijn m.a.w.

de materialen moeten niet al te bros zijn. Op basis van deze randvoorwaarden is gekozen voor de volgende materialen (toenemende hydrofiliciteit):

- Polyhydroxyalkanoaat (PHA):
- Polymelkzuur (PLA)*:
- PolyButhyleenSuccinaatAdiphaat (PBSA)
- PolyCaproLacton (PCL)
- Thermoplastisch zetmeel gebaseerde mengsels (TPZ):

* I.v.m. de brosheid van dit materiaal is er voor gekozen om dit materiaal te mengen met een hoeveelheid van een zeer taaie, biologisch afbreekbare polyester.

Testen

Massa afname

De massa afname van de monsters werd gevolgd in de tijd door middel van weging. De monsters werden bewaard bij 30°C, 50% RV en na diverse tijden werd het gewicht van de monsters bepaald. Vervolgens werd ten opzichte van een blanco referentie bepaald hoeveel van de actieve component er uit het monster was gekomen.

In Figuur 3.1 - 3.8 worden de metingen van de geknede monsters weergegeven en in Figuur 3.9 worden de resultaten van de geëxtrudeerde monsters weergegeven.

100% Massa afname

105°C test.

De maximale afname van de massa werd bepaald door een monster en blanco te bewaren bij 105°C en de massa afname in de tijd te bepalen. Wanneer er geen verschil in massa afname tussen monster en blanco meer werd waargenomen werd met deze data de maximale afname bepaald.

D.m.v. achtereenvolgens kneden en persen zijn de volgende plaatjes van 10 bij 7.5 bij 0.1 cm gemaakt.

1. PHA 1:
 - 100% PHA type 1
 - 100% PHA type 2
 - 95% PHA type 1 + 5% Spex01, Spex02 of ChCh
 - 95% PHA type 2 + 5% Spex01, Spex02 of ChCh
2. PHA 2: PHA
 - 100% PHA
 - 95% PHA + 5% Spex01
3. PLA:
 - 100% PLA
 - o Blanco
 - o 95% + 5% Spex 01
 - 67% PLA + 33% Biopolyester (PLA mengsel 1)
 - o Blanco mengsel 1
 - o 95% mengsel 1 + 5% alkylcitraat
 - o 95% mengsel 1 + 5% Spex01, Spex02 of ChCh
 - o 90% mengsel 1 + 5% alkylcitraat + 5% Spex01, Spex02 of ChCh
 - 34% PLA + 66% Biopolyester (PLA mengsel 2)
 - o Blanco mengsel 2
 - o 95% mengsel 2 + 5% Spex01
4. PBSA:
 - 100% PBSA

- o Blanco PBSA
 - o Blanco 95% PBSA + 5% alkylcitraat
 - o 95% PBSA + 5% PBSA, Spex02 of ChCh
 - o 90% PBSA + 5% alkylcitraat + 5% Spex01, Spex02 of ChCh
 - 67% PLA + 33% PBSA (PBSA mengsel 1)
 - o Blanco PBSA mengsel 1
 - o 95% PBSAmengsel 1 + 5% Spex01
 - 34% PLA + 66% PBSA(PBSA PBSAmengsel 2)
 - o Blanco PBSA mengsel 2
 - o 95% PBSA mengsel 2 + 5% Spex01
5. PolyCaproLacton
- Blanco PolyCaproLacton
 - Blanco 95% PolyCaproLacton+ 5% alkylcitraat
 - 95% PolyCaproLacton+ 5% Spex01, Spex02
 - 90% PolyCaproLacton+ 5% alkylcitraat + 5% Spex01, Spex02
6. Thermoplastisch zetmeel mengsel
- Blanco TPZ mengsel
 - 95% TPZ mengsel + 5% Spex01, Spex02 of ChCh

Verwerking

Kneden/Persen

Kleine monsters werden gemaakt m.b.v. een Haake Rheomix Kneder waarbij de temperatuur materiaal-afhankelijk werd geselecteerd. Na het kneden werden de monster geperst met behulp van een PHI pers waarbij wederom de temperatuur materiaal afhankelijk werd ingesteld.

Kneedinstellingen

Voor het kneden werd het polymeer langzaam in een voorverwarmde draaiende kneder gevoerd en werd het materiaal in totaal 5 minuten lang goed opgesmolten. Vervolgens werd al draaiende het feromoon toegevoegd en werd er nog 3 minuten door gekneed (bij de blanco monsters werd 8 minuten kneedtijd aangehouden). De draaisnelheid was continue 50 rpm en de totale massa van het ingevoerde materiaal was steeds 60 g.

De volgende temperatuur instellingen werden gebruikt.

Materiaal	Kneedtemperatuur (°C)
PHA Biopol	160
Mengsels PLA	180 - 150*
PBSA	130
PCL PolyCaproLacton	130
Thermoplastisch zetmeel mengsel (TPZ)	110
PLA/ PBSA(diverse mengverhoudingen)	150
PHA	170

* *De monsters zoals gepresenteerd in Figuur 3.3 zijn vervaardigd bij een temperatuur van 180 °C. De monsters uit Figuur 3.4 zijn vervaardigd bij een temperatuur van 150 °C.*

Persinstellingen

Voor elk monster geldt dat dezelfde persstappen werden doorlopen:

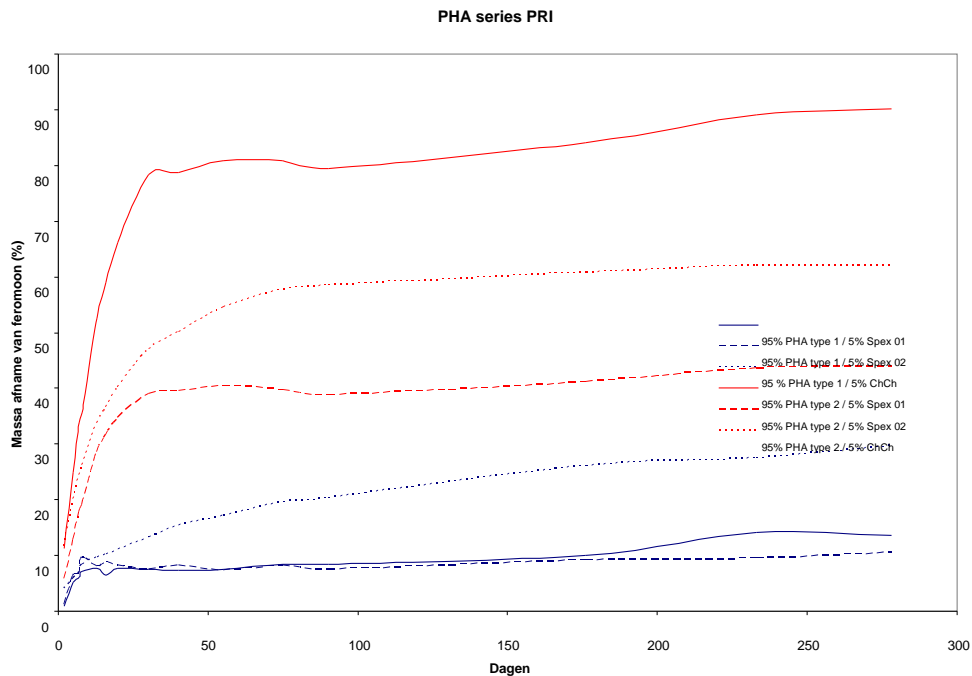
1. Opwarmen van 20°C tot perstemperatuur zonder druk.
2. 5 minuten persen bij perstemperatuur en bij 30 bar druk.
3. Afkoelen tot 20°C bij 30 bar druk.

In de onderstaande tabel worden de perstemperaturen weergegeven van de diverse monsters.

Materiaal	Perstemperatuur (°C)
PHA	160
Mengsels PLA	180 - 150
PBSA	130
PCL PolyCaproLacton	130
Thermoplastisch zetmeel mengsel (TPZ)	110
PLA/ PBSA (diverse mengverhoudingen)	150
PHA	170

3.3 Resultaten verdamping biopolymeer plaatjes

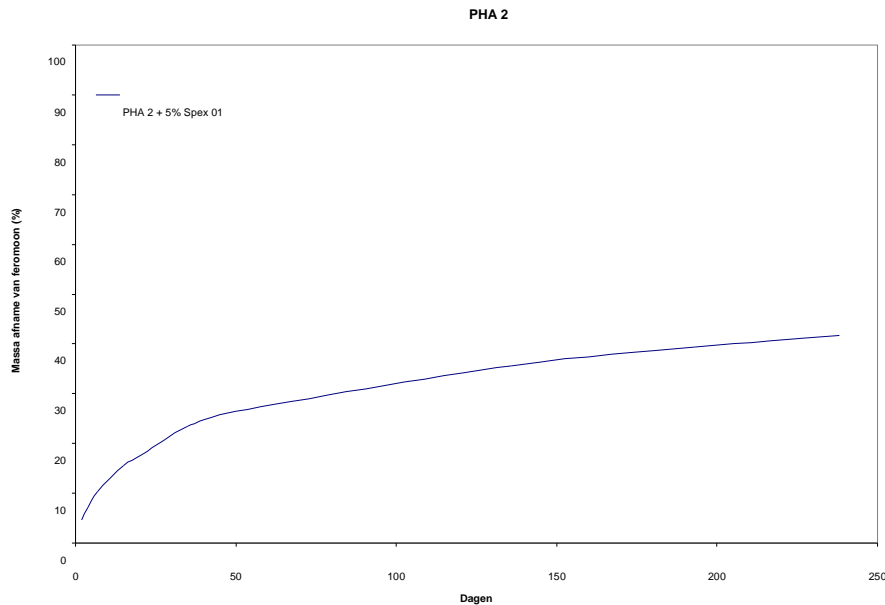
In onderstaande grafieken wordt het releaseverloop van de diverse plaatjes in de tijd weergegeven. Het doel van het project is om een combinatie van matrix en feromoon te vinden waarbij het feromoon met een constante snelheid uit de matrix diffundeert gedurende 5 maanden en er geen tot feromoon in de matrix achter blijft.



Figuur 3.1. Release profielen PHA 1:

Conclusie PHA 1:

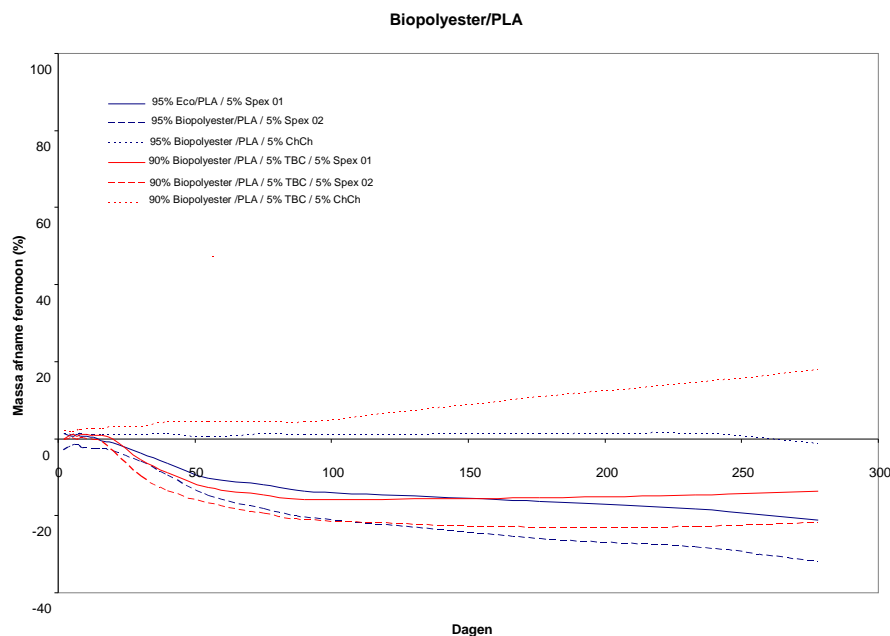
Na een periode van (te) snelle afgifte, stopt de verder verdamping. Het feromoon lijkt enkel vanuit de buitenkant van het plaatje te verdampen en wordt verder blijkbaar vastgehouden in de matrix. Type 1 houdt meer feromoon vast dan type 2.



Figuur 3.2. Release profiel PHA 2.

Conclusie PHA 2:

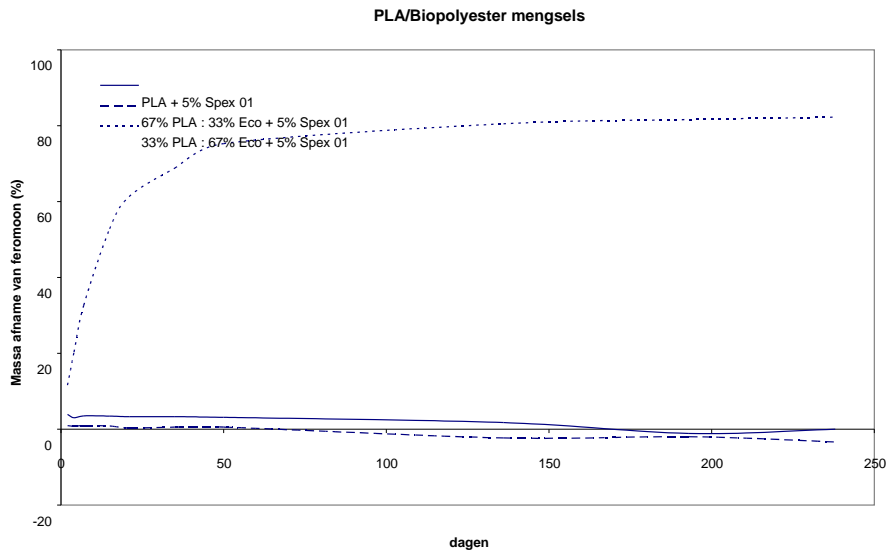
Het verdampen van het feromoon verloopt langzaam maar gestaag. De verdampingssnelheid moet omhoog. Het lijkt erop dat uiteindelijk lang niet alles uit de matrix zal gaan verdampen.



Figuur 3.3. Release profielen PLA mengsel 1: 67% PLA + 33% Biopolyester.

Conclusie PLA mengsel 1:

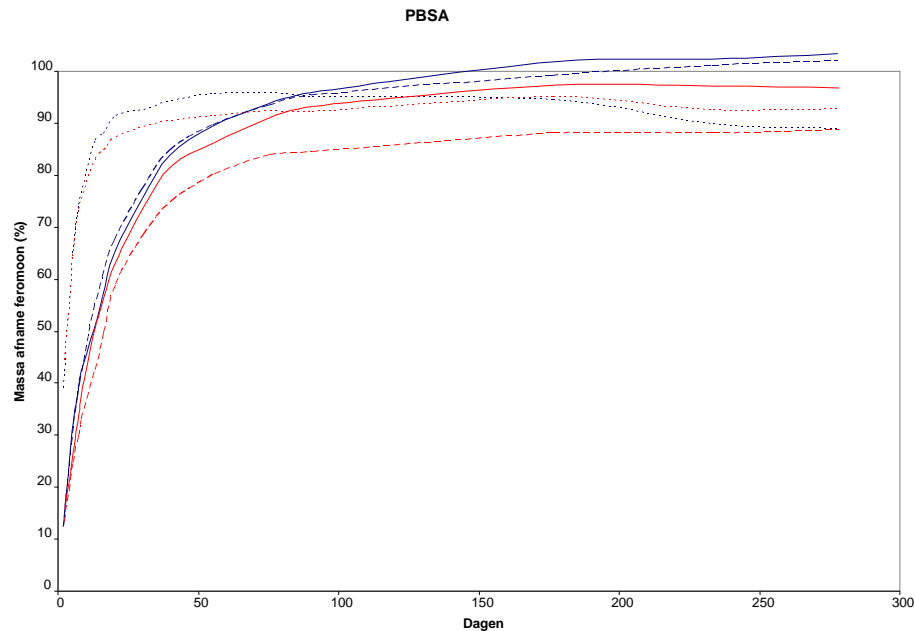
Vrijwel alle (typen) feromonen worden door deze matrix vastgehouden. Verdamping treedt niet op.



Figuur 3.4. Vergelijking release profielen diverse Biopolyester /PLA blends.

Conclusie diverse PLA-mengsels:

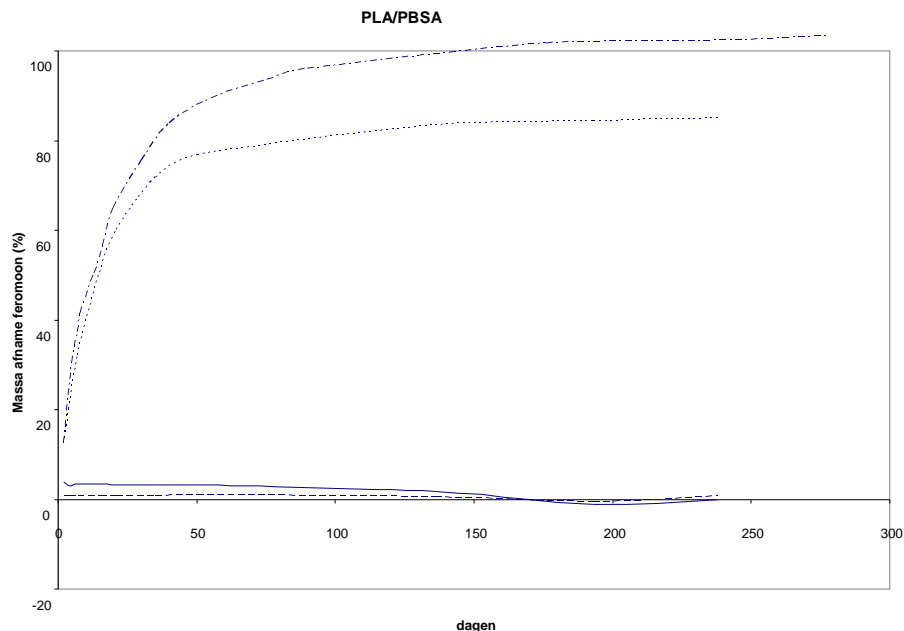
Het verdampingsprofiel is sterk afhankelijk van het type mengsel dat gebruikt wordt. Variatie tussen snelle afgifte en volledig vasthouden lijkt mogelijk.



Figuur 3.5. Release profielen PBSA.

Conclusie 100% PBSA:

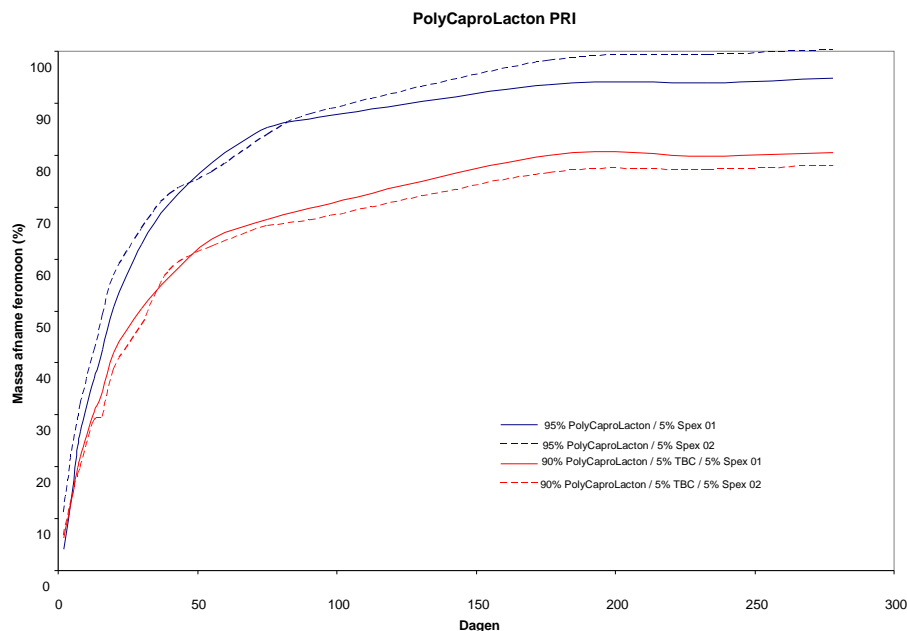
Alle typen feromoon komen (te) snel vrij uit de PBSA matrix. Er lijkt echter maximaal slechts 10% achter te blijven in de matrix.



Figuur 3.6. Vergelijking release profielen PBSA mengsel – varianten.

Conclusie PBSA mengsel varianten:

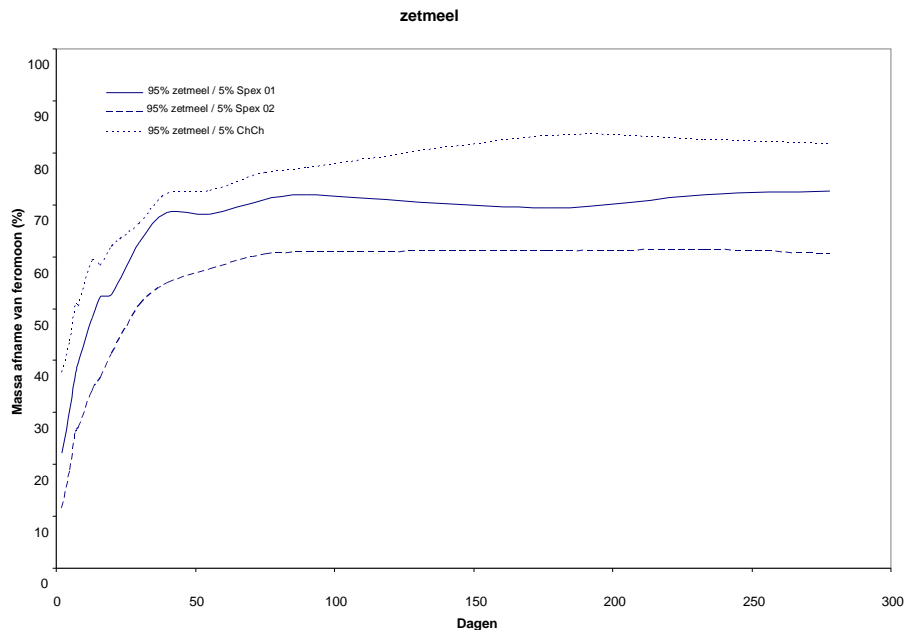
Vervampingsprofiel is sterk afhankelijk van het type mengsel dat gebruikt wordt. Er lijkt sturing mogelijk. De vraag is echter of door het introduceren van PLA in het mengsel geen feromoon wordt vastgehouden in het product.



Figuur 3.7. Release profielen in geval van gebruik PolyCaproLacton PCL.

Conclusie PolyCaproLacton-variant:

Het gebruik van PolyCaproLacton(zonder extra weekmaker) resulteert in een controlled release matrix die in 150 dagen vrijwel al het feromoon kwijt raakt (maximaal 10% zit er nog in). De release snelheid is echter niet constant (hoog aan het begin, lager aan het eind). Gebruik van extra weekmaker in de formulering resulteert in een lagere verdampingssnelheid.



Figuur 3.8. Release profielen in geval van gebruik zetmeelmengsel Thermoplastisch zetmeel mengsel.

Conclusie zetmeel mengsels:

Het gebruik van Thermoplastisch zetmeel mengsel leidt tot een release profiel dat start met een hoge afgifte snelheid. Na ongeveer 50 dagen stopt de afgifte. Er zijn dan nog relatief grote hoeveelheden feromoon in de matrix aanwezig.

3.4 Overall conclusies van de screening testen met de biopolymeer plaatjes

- Van de 3 typen geteste feromoonmengsels lijkt het Turkse mot mengsel CHCH in combinatie met de diverse geteste biopolymeren de snelste verdamping te vertonen. Uitzondering is de combinatie met Biopol. De reden hiervan is niet duidelijk.
- In vrijwel alle gevallen vertraagt het toevoegen van extra weekmaker de release-snelheid. Uitzondering lijkt hier de combinatie met PLA mengsel 1 te zijn. Echter deze combinatie houdt vrijwel alle feromoon vast.
- Interessante matrices zijn: PBSA, Biopolyester, PolyCaproLactonen en PHA. Door het mengen van deze matrices zijn de release-snelheden redelijk te sturen.
- Thermoplastisch zetmeel mengsel en PLA lijken de geteste feromonen (geheel of gedeeltelijk) aan zich te binden.

3.5 Geëxtrudeerde staafjes

De ervaringen met de geperste plaatjes zijn gebruikt om massieve verdampingsdispensers te produceren die in de praktijk getest kunnen gaan worden bij de biologische bestrijding van diverse motten.

De volgende eisen zijn aan het product gesteld:

- Vorm: massieve ronde staaf.
- Gewicht: 4 - 4.5 gram.
- Diameter: 6 mm.
- Lengte: 15 cm.
- Belading: 3% actieve stof; ongeveer 120 mg actieve stof per dispenser gedoseerd.
- Matrix materiaal moet biologisch afbreekbaar zijn.
- Afgifte karakteristiek gewenst: 0^e orde gedurende 5 maanden, na 5 maanden moet zoveel mogelijk van het feromoon uit de matrix verdampd zijn.
- Conditie waaronder afgifte plaatsvindt zijn: 30 °C en 50% RV.

Door de gekozen afmetingen van het staafje is de verhouding tussen het verdampend oppervlak en de inhoud ongeveer een factor 2 lager dan in geval van het plaatje zoals gebruikt in de screening fase van het onderzoek. Het valt daarom te verwachten dat de release-snelheid in geval van de staafjes lager ligt in vergelijking met de plaatjes uit de screening fase.

Uiteindelijk zijn 2 combinaties van feromonen aangegeven om verder te testen.

- SPEX02
- CHCH

In samenspraak met Koppert en PRI is er voor gekozen om de volgende prototypes te gaan maken.

3.6 Materiaal en methoden biopolymeer staafjes

Staafe 1. 80% PHA + 20% Biopolyester,	in combinatie met het feromoon voor <i>Spodoptera exigua</i> SPEX02
Staafe 2. 100% PolyCaproLacton,	in combinatie met het feromoon voor <i>Spodoptera exigua</i> SPEX02
Staafe 3. 100% PHA,	in combinatie met het feromoon voor <i>Spodoptera exigua</i> SPEX02
Staafe 4. 100% PHA,	in combinatie met het feromoon voor <i>Chrysodeixis chalcites</i> CHCH
Staafe 5. 55% Biopolyester + 45% PLA,	in combinatie met het feromoon voor <i>Chrysodeixis chalcites</i> CHCH

Van elke genoemde combinatie zijn grote aantallen staafjes vervaardigd t.b.v. diverse praktijktesten. Ook AFSG heeft op basis van gewichtsveranderingen t.o.v. een blanco het release profiel bepaald.

Extrusie

De grote serie monsters werden gemaakt met behulp van een Berstorff ZE 25*40D-extruder waarbij het drager materiaal en de actieve component op het zelfde punt werden ingevoerd. Procesparameters en een overzicht van het extrusieproces zijn hieronder weergegeven.

Extrusie parameters

Staafe 1

Extruder temperaturen:

Ingesteld : koud / 60 / 130 / 145 / 158 / 160 / 160 / 160 / 155 / 155 / 155 die: 155

Gemeten : 19 / 60 / 123 / 140 / 156 / 161 / 160 / 161 / 155 / 155 / 155

Tmelt	= 200°C	Torque	= 32%
Druk	= 19 Bar	Vol	= 116 V
N	= 121 rpm	Amp	= 8.3 A

Feeder gravimetrisch (Matrix)	= 4.85 kg/h
Pomp (ACTIVE)	= 2.5 g/min (150 g/h)

Trekbank = 2.4 m/min

Stafje 2

Extruder temperaturen:

Ingesteld : koud / 100 / 135 / 150 / 150 / 148 / 144 / 135 / 130 / 127 / 127 die: 160

Daadwerkelijk : 21 / 69 / 139 / 150 / 140 / 152 / 140 / 136 / 128 / 128 / 125

Tmelt	= 154°C	Torque = 44%
Druk	= 60 Bar	Vol = 119 V
N	= 120 rpm	Amp = 12.0 A

Feeder gravimetrisch (Matrix)	= 4.85 kg/h
Pomp (ACTIVE)	= 2.5 g/min (150 g/h)
Trekbank	= 2.4 m/min

Stafje 3

Extruder temperaturen:

Ingesteld : koud / 60 / 130 / 145 / 158 / 160 / 160 / 160 / 155 / 155 / 155 die: 155

Daadwerkelijk : 19 / 60 / 134 / 151 / 160 / 160 / 158 / 160 / 155 / 155 / 155

Tmelt	= 200°C	Torque = 28%
Druk	= 15 Bar	Vol = 117 V
N	= 125 rpm	Amp = 7.6 A

Feeder gravimetrisch (Matrix)	= 4.85 kg/h
Pomp (ACTIVE)	= 2.5 g/min (150 g/h)
Trekbank	= 2.4 m/min

Stafje 4

Extruder temperaturen:

Ingesteld : koud / 60 / 130 / 145 / 158 / 160 / 160 / 160 / 155 / 155 / 155 die: 155

Daadwerkelijk : 19 / 60 / 134 / 151 / 160 / 160 / 158 / 160 / 155 / 155 / 155

Tmelt	= 200°C	Torque = 28%
Druk	= 15 Bar	Vol = 117 V
N	= 125 rpm	Amp = 7.6 A
Feeder gravimetrisch (Matrix)	= 4.85 kg/h	
Pomp (ACTIVE)	= 2.5 g/min (150 g/h)	
Trekbank	= 2.4 m/min	

Stafje 5

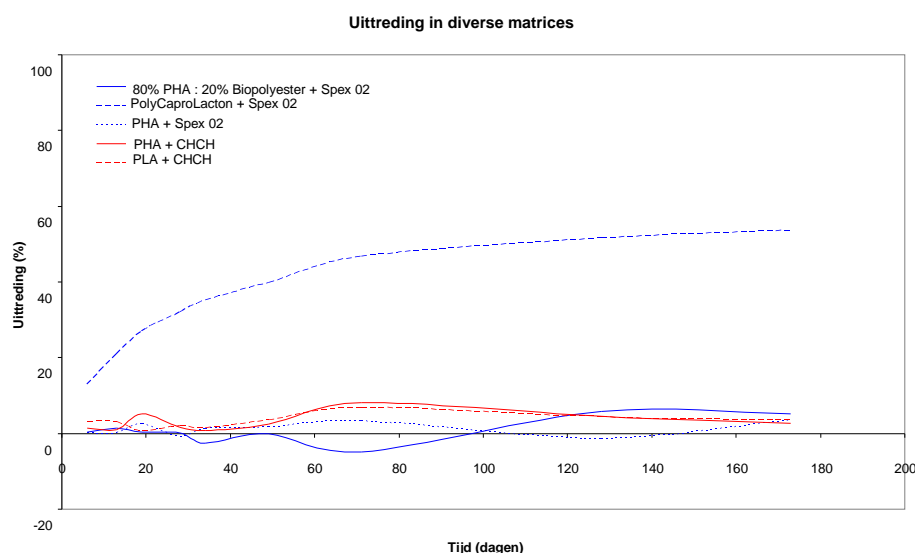
Extruder temperaturen:

Ingesteld : koud / 140 / 175 / 185 / 185 / 185 / 160 / 160 / 160 / 160 / 160 die: 155

Daadwerkelijk : 19 / 80 / 176 / 176 / 180 / 182 / 160 / 156 / 154 / 161 / 160

Tmelt	= 207°C	Torque = 33%
Druk	= 41 Bar	Vol = 118 V
N	= 120 rpm	Amp = 9.1 A

Feeder gravimetrisch (Matrix)	= 4.85 kg/h
Pomp (ACTIVE)	= 2.5 g/min (150 g/h)
Trekbank	= 2.4 m/min



Figuur 3.9. Release profielen geëxtrudeerde monsters.

Uit Figuur 3.9 blijkt dat alleen het product met de PolyCaproLacton matrix tot een meetbare release te leiden. Echter de release is nog steeds significant lager dan gewenst. Een groot gedeelte van de oorzaak ligt waarschijnlijk in het feit dat de afmetingen van het staafje significant verschillen van de afmetingen van het plaatje uit de screening test. Uit diverse analyses is gebleken dat de totale hoeveelheid feromoon die in de diverse producten aanwezig is redelijk overeen komt met de hoeveelheid feromoon die in de producten zou moeten zitten.

3.7 Veldproef met biopolymeer staafjes

De staafjes 4 en 5 worden in een veldproef tegelijkertijd met de laboratoriumverouderingsproef getest.

3.8 Materiaal en methoden veldproef

Dispensers

Twee typen bioafbreekbaar materiaal voor de dispensers ontwikkeld door AFSG:

- **Staafe 4** (materiaal: PHA, een polyhydroxyalkanolaat)
- **Staafe 5** (materiaal: 55% Biopolyester (bioafbreekbaar plastic) en 45% PLA (polymelkzuur),).

De dispensers hebben de vorm van een massieve ronde staaf, met een gewicht van 4-4,5 g., diameter 6 mm, lengte 15 cm.

Feromooncomponenten

De dispensers zijn beladen met 3% actieve stof (AI) (ongeveer 120 mg feromoon per dispenser) De volgende componenten van het *Chrysodeixis chalcites* (Turkse mot) feromoon zijn gebruikt: (Z)-7-12:Ac (80%) en (Z)-9-14:Ac (20%).

Plaatsing en dosering dispensers in de kas

Plaatsing:

De dispensers zijn, in gangbare productiekassen, opgehangen aan de draad, m.b.v. een tie-wrap.

Hoogte: 3,7-4,4 meter, afhankelijk van de locatie, boven een gewas van 2,2-2,5 m (paprika) of 3 m (tomaat) hoog.

Deze plaats is gekozen in overleg met de bedrijfsleiders, waarvan er één ernstige bezwaren had tegen het plaatsen van de dispensers aan de gewastouwen i.v.m. het indraaien van het gewas en risico dat de dispensers tussen de geogste paprika's zouden kunnen vallen.

Dosering:

500 dispensers/ha met extra dispensers langs de gevels en betonpad. In de praktijk 1 dispenser per poot/tralie langs gevels/betonpad en 1 dispenser ter hoogte van elke tweede poot/tralie in de rest van de kas.

Efficacy bepaling

De effectiviteit van het systeem is bepaald door middel van het vangen van mannelijke adulte Turkse mot op lijmplaten in deltavallen (Koppert) met feromooncapsules (1,4 mg feromoon (Pherobank)). Als het paringsverstoring-systeem werkt, zouden de mannen de deltavallen niet meer kunnen vinden. Dat is de z.g. 'trap shutdown': er worden geen mannelijke motten meer gevangen in de vallen bij een geslaagde behandeling.

Er zijn 10 vallen/ha opgehangen op alle locaties. In deze vallen is elke 14 dagen het aantal gevangen Turkse motten geteld. Na 6 weken zijn de vallen voorzien van een verse lijmplaat en een verse feromoondispenser

Een andere maat voor werking is het aantal behandelingen tegen rupsen dat de tuinder nodig heeft om de plaagdruk acceptabel te houden. Als het systeem werkt, hoeft de tuinder minder vaak (niet meer?) te behandelen vergeleken met de controle behandelingen en behandelingen in de voorgaande jaren.

Locaties:

Paprika (alle cv. 'Orange glory')

- Matrix IV: MvO, 's-Gravenzande, 1,45 ha [530 disp/ha], dispensers 31 mei 2008, deltavallen 4 juni 2008
- Matrix V: Hw, 's-Gravenzande, 2 ha [500 disp/ha], dispensers 29 mei, deltavallen 4 juni 2008
- Onbehandelde controle: H, 's-Gravenzande, 1 ha, deltavallen 4 juni 2008

Tomaat (snoeptomaten Tommy)

- Matrix IV: TW, Honselersdijk, 0,5 ha [486 disp/ha], dispensers en traps 18 juni 2008
- Onbehandelde controle: MvM, Honselersdijk, 2,3 ha wv 1 ha gebruikt voor monitoring, traps 18 juni 2008

In de locaties van Houwen, Tomatoworld, Hegro was al een keer behandeld tegen rupsen (Thurex (Hw, H) en Runner (TW), bij MvM waren wel rupsen aanwezig, maar de filosofie van de tuinder (er zitten veel vogeltjes in de kas) is om zo laat mogelijk in te grijpen. MvO had nog niet hoeven te behandelen en er zat ook geen grootschalige schade in het gewas, maar uit de vangsten in deltavallen bleek dat er al wel Turkse mot aanwezig was.

Controle op feromoonafgifte

Elke 14 dagen is een monster genomen van de dispensers (2-5 per locatie). Deze zijn luchtdicht verpakt en naar PRI gestuurd voor analyse van het feromoongehalte.

3.9 Resultaten veldproef biopolymeer staafjes

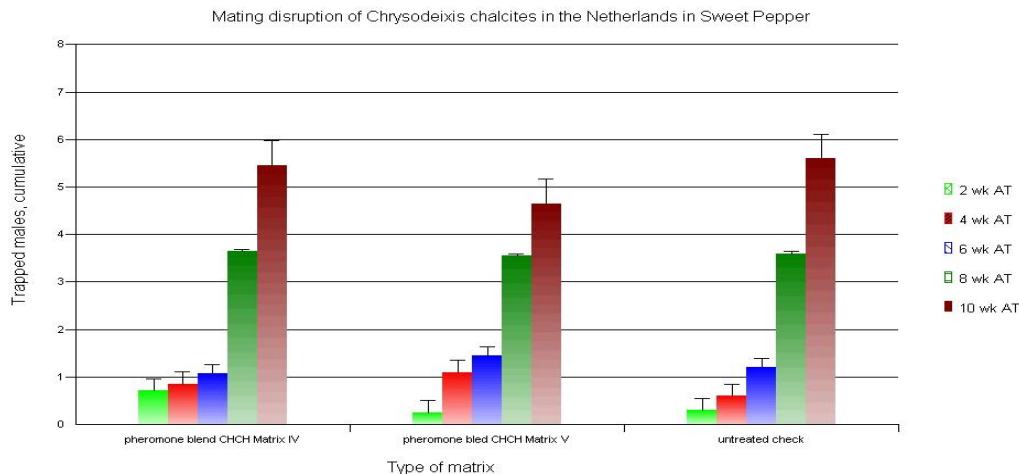
Deltavallen

De in de vallen gevangen insecten zijn op de volgende data geteld:

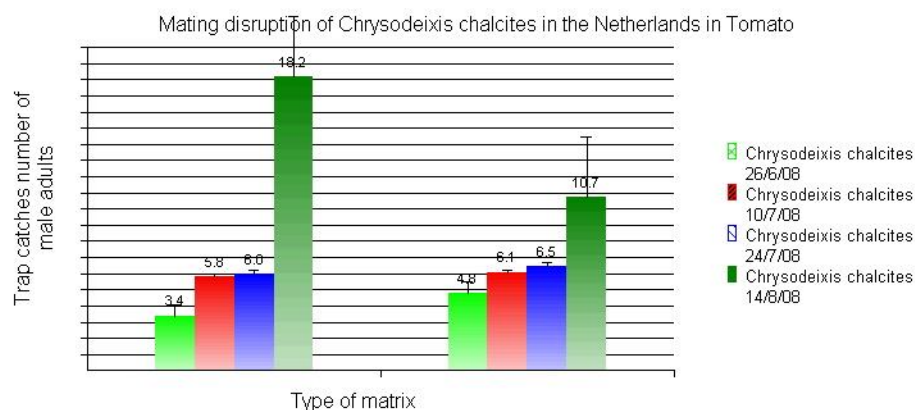
Paprika locaties: MvO, Hw en H: 12/6/08, 26/6/08, 10/7/08, 24/7/08, 7/8/08.

Tomaat locaties: TW en MvM: 27/6/08, 10/7/08, 24/7/08, 14/8/08.

Er zijn gedurende een periode van 10 weken (Paprika) en 8 weken (Tomaat) geen duidelijke verschillen gezien in de vangsten in de deltavallen t.o.v. de onbehandelde controle (zie Fig. 3.10 en 3.11).



Figuur 3.10. Het aantal in deltavallen gevangen Turkse motten (cumulatief) over een periode van 10 weken in Paprika. Gemiddelden per val, met standaard deviatie. Matrix IV=MvO, Matrix V=HW, check=H.



Figuur 3.11. Het aantal in deltavallen gevangen Turkse motten (cumulatief) over een periode van 8 weken in Tomaat. Gemiddelden per val, met s.e. Matrix IV=locatie TW, check=locatie MvM.

Rupsendruk

Op alle locaties zijn in deze periode rupsen en vraatschade aan het blad waargenomen. Op alle locaties, m.u.v. van MvM, hebben de bedrijfsleiders ongeveer even vaak aanvullende rupsen bestrijdende maatregelen (Thurex, Xanthari, Runner) nodig geacht.

Controle feromoonafgifte

Uit een studie van AFSG aan de hand van gewichtsafname van de dispensers bij 30°C en 50% RV bleek een maand na de aanvang van de praktijkproef dat de gebruikte matrices IV en V geen of te weinig feromoon afgeven. Als er al feromoon afgegeven werd, is dit vanwege de grote spreiding in de data niet te zien.

Analyse van het feromoongehalte bij PRI stuitte op een aantal proeftechnische bezwaren, en ook hier was het vanwege de zeer variabele hoeveelheid feromoon in de dispensers moeilijk om de gegevens te interpreteren.

3.10 Conclusies en opmerkingen veldproef biopolymeer staafjes

1. De toepassing van de dispensers heeft niet geleid tot verwarring bij de mannelijke Turkse motten, zoals zou moeten blijken uit een 'trap shutdown' in de behandelde bedrijven.
2. De toepassing van de dispensers heeft niet geleid tot een afname van rupsen t.o.v. onbehandelde locaties.

Er is besloten om het monitoren in de veldproef te stoppen na 8 weken. De dispensers blijven nog hangen om evt. de feromoonafgifte onder praktijkomstandigheden nog te kunnen volgen.

Het falen van het systeem in deze proeven is teleurstellend, maar niet zo verrassend, aangezien tijdens de proef is gebleken dat de gebruikte dispensers niet voldeden aan de specificaties m.b.t. feromoonafgifte. De concentratie feromoon in de lucht was in de behandelde kassen daardoor waarschijnlijk onvoldoende hoog om verwarring bij de mannelijke motten te veroorzaken en zo paringen te voorkomen.

3.11 Overall conclusies van de massieve polymeermatrices met feromonen

- Het moet mogelijk zijn om 'controlled release matrices' op basis van biopolymeren te ontwikkelen voor de genoemde feromonen. Echter het is moeilijk om een nulde orde afgifte-patroon te realiseren indien geëist wordt dat de matrix vrijwel leeg is aan het einde van zijn levensduur.
- De verhouding tussen de massa van de dispenser en het uittredend oppervlak is zeer belangrijk voor het gedrag van het product.
- Meest interessante materialen zijn:
 - PolyCaproLacton(polycaprolacton)
 - PBSA (PolyButhyleneSuccinateAdipate)
 - PHA (PolyHydroxyAlkanoaat)

Biopolyester is een bruikbaar materiaal waarmee de release-snelheid kan worden beïnvloed.

In overleg met alle partijen is op dit punt besloten dat het verder onderzoeken van massieve verdampingsdispensers waarschijnlijk uiteindelijk toch niet tot het gewenste resultaat zouden leiden. Het is gebleken dat met de initieel gekozen massieve biopolymeer matrix niet de juiste afgifte gerealiseerd kon worden. Het feromoon verdampte of te langzaam, of te snel. Op grond van laboratoriumtest leek een mengsamenstelling met de juiste karakteristieken gemaakt te kunnen worden. Echter deze bleek onder invloed van de hoge temperaturen die in kassen kunnen optreden ook niet te voldoen.

3.12 Mogelijkheden voor verbetering massieve biopolymeer dispensers

- Homogeniteit van de producten: productie van de staafjes is m.b.v. 1 enkele extrusiestap (inmengen van het feromoon en vormgeving van het product worden tegelijkertijd) uitgevoerd. Om een betere homogeniteit van de producten te kunnen garanderen is het beter om deze stappen van elkaar te scheiden. Ook het extrusieproces zelf kan nog beter geoptimaliseerd worden

Realisatie van een meer constante release – snelheid i.c.m. volledig uitputten van de device: naar verwachting is dit moeilijk realiseerbaar met het huidige ontwerp: een device bestaande uit 1 materiaal dat zowel de voorraad feromoon herbergt als de snelheid van release bepaalt. Voorgesteld wordt om een device te maken bestaande uit 2 materialen: materiaal 1 bevat het release agent en laat de feromoon zeer gemakkelijk los. Materiaal 1 wordt omhult door een 2^e materiaal dat de snelheid van release bepaalt (diffusie-snelheid bepaalt release snelheid).

4. Ontwikkeling van een holle biopolymeer verwarringsdispenser

4.1 Inleiding

Uiteindelijk is in overleg met PT en de begeleidingscommissie eind 2010 besloten volledig van het concept massieve dispenser af te stappen en ons te concentreren op een meer complexe holle vorm dispenser. Een holle dispenser is beter te controleren met betrekking tot de gewenste afgifte van feromoon. De nieuwe vorm zal een hol (bio)plastic potje zijn dat kan worden afgesloten. De verdampingssnelheid van een holle afgesloten dispenser is enkel afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de wanden zolang er nog vloeibaar feromoon in de dispenser zit. Deze potjes zullen worden vervaardigd met verschillende wanddiktes om daarmee de verdamping te kunnen reguleren. Het standaardmateriaal polyetheen, waarvan bekend is dat dit doorlaatbaar is voor feromoon en dus zou moeten werken, wordt ook meegenomen naast een set van verschillende biopolymeren.

Uit een grote hoeveelheid potentiële (bio)polymeren zijn de volgende soorten geselecteerd voor de testen:

Biopolymeren:

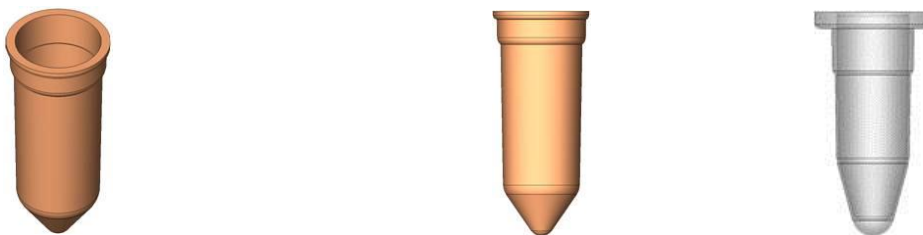
1. Een PolyHydroxyAlkanoaat (PHA) (meerdere types)
2. Een PolyLacticAcid (PLA) (=polymelkzuur) (Natureworks Ingeo)
3. Een PolyButhyleneSuccinateAdipate (PBSA)
4. Een PolyCaproLacton (PCL) (PolyCaproLacton)
5. Een thermoplastisch zetmeel (Solanyl)
6. Een Polyester (Biopolyester)

Gewone polymeren:

7. Low density polyethene (LDPE)
8. Polypropyleen (PP)

Polypropyleen is meegenomen omdat de spuitgieter daar zelf de meeste ervaring mee heeft. Polyetheen is meegenomen omdat we daar goede ervaringen mee hebben.

Voor de vorm is uitgegaan van een eppendorfje. Voor het dekseltje is besloten voor een ontwerp met een haakje zodat het geheel uiteindelijk makkelijk uit te hangen is.



Figuur 4.1. eerste ontwerpvorm vial-dispenser.

Om een sturing in de verdampingssnelheid te kunnen verkrijgen kan òf de grootte van de dispenser òf de wanddikte worden gevarieerd. Wij hebben gekozen om een matrijs te laten maken waarbij de wanddikte van de vial-dispenser kan worden gevarieerd.

In een eerste test is geprobeerd vials te maken met wanddiktes vanaf 0.2 mm olopend tot 1.0 mm met stappen van 0.1 mm. Het is gebleken dat het spuitgieten van dunne wanden zeer lastig bleek, dit met name voor het biopolymer. Bijvoorbeeld de PLA, de PHA en Solanyl bleken zeer slecht te vloeien. Omdat in de eerdere testen met de massieve staafjes ook is gebleken dat deze materialen het feromoon niet goed loslaten/doorlaten is besloten deze verder hier niet te gebruiken. Ook is er gekozen om het aantal wanddiktes en het aantal materialen te beperken.

Uiteindelijk zijn de volgende types getest:

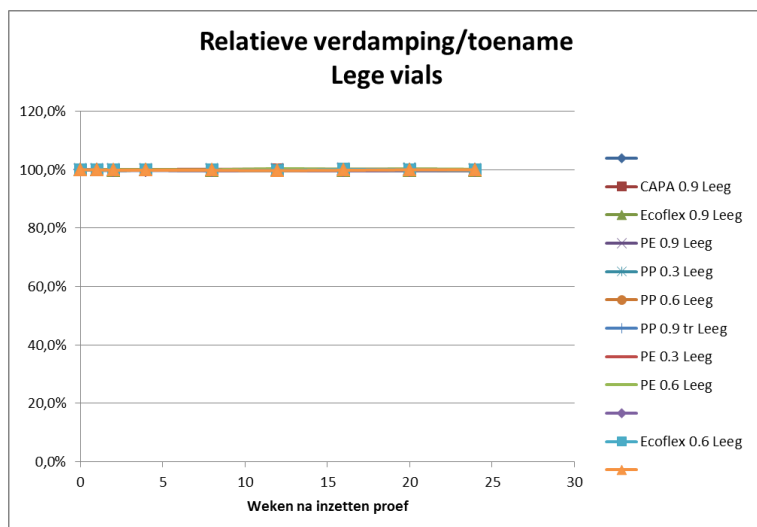
Polyetheen,	wanddiktes	0.3, 0.6 en 0.9 mm
Polypropyleen,	wanddiktes	0.3, 0.6 en 0.9 mm
PBSA,	wanddiktes	0.6 en 0.9 mm
PolyCaprolacton,	wanddiktes	0.6 en 0.9 mm
Biopolyester,	wanddiktes	0.6 en 0.9 mm

Van niet alle materialen konden we vials maken met een wanddikte van 0.3 mm vanwege de materiaaleigenschappen.

De gemaakte vials zijn gevuld met 100 mg feromoon van of *Chrysodeixis chalcites* of *Spodoptera exigua*. De dispensers zijn bij kamertemperatuur in zuurkasten met een continu stroom lucht opgehangen. Eerdere bevindingen hebben al laten zien dat de veroudering in de kas en het laboratorium vergelijkbare resultaten geeft.

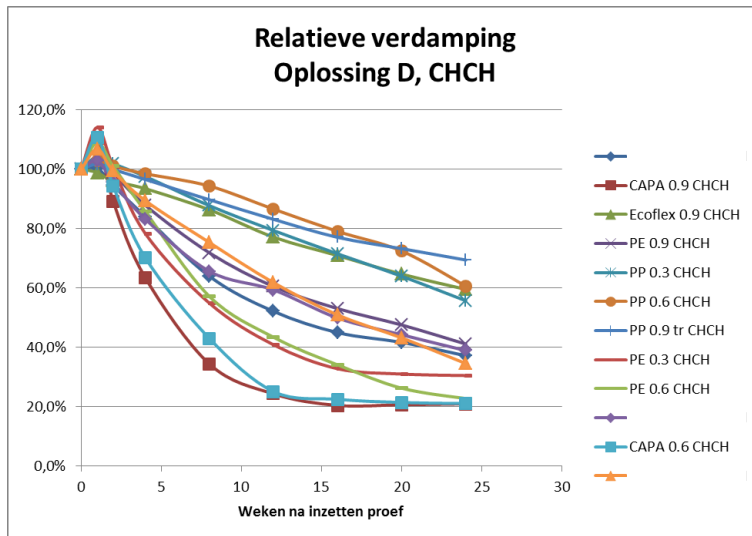
4.2 Resultaten verdampingsproeven (bio)polymeer vialdispensers

Van alle materialen zijn lege dispensers onder dezelfde omstandigheden opgehangen als blanco.



Figuur 4.2. Relatieve gewichtsafname van diverse soorten (bio)polymeerdispensers leeg.

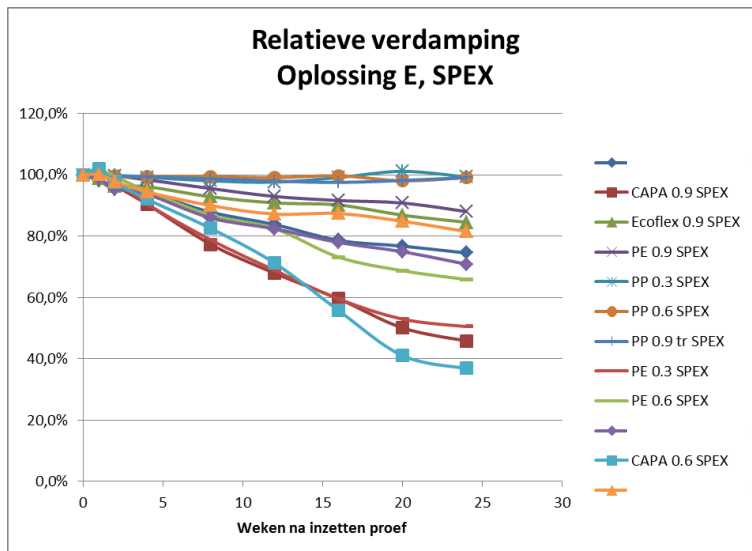
In Figuur 4.2 is te zien dat de niet-gevulde dispensers gelijk in gewicht blijven gedurende de testperiode.



Figuur 4.3. Relatieve gewichtsafname van diverse soorten (bio)polymeerdispensers gevuld met 100 mg van het feromoon voor *Chrysodeixis chalcites*.

Alle soorten dispensers laten een redelijk lineaire verdamping zien. Door de juiste materialen te kiezen met de juiste wanddikte kan de verdamping dus goed ingesteld worden.

Het blijkt dat PP overwegend te langzaam verdampt en PolyCaproLacton te snel. Dit laatste hebben we bij de massieve staafjes uit het eerdere onderzoek ook gezien.



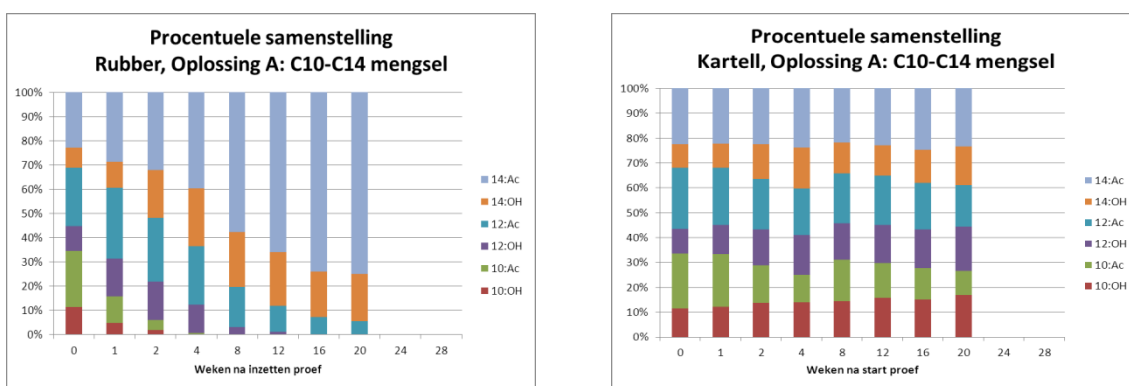
Figuur 4.4. Relatieve gewichtsafname van diverse soorten (bio)polymeerdispensers gevuld met 100 mg van het feromoon voor *Spodoptera exigua*.

Het blijkt uit deze test dat het feromoon van *Spodoptera exigua* uit de meeste vials eigenlijk te langzaam verdampt maar bijvoorbeeld uit de PolyCaproLacton vials veel beter. Dit resultaat is opvallend en onverwacht.

De verdamping lijkt voor alle geteste soorten een redelijke nulde-orde verdamping te kunnen volgen bij de juiste keuze van het materiaal. Een nulde-orde verdamping betekent dat het feromoon gedurende de gehele periode gelijkmatig verdampt. Het streven is dat de dispenser volledig leeg dampet in 20 - 25 weken. Dit lijkt niet te lukken. Er blijft na deze periode minimaal 20% achter in de dispensers.

De meeste feromonen bestaan uit meer dan één component die mogelijk onderling niet dezelfde vluchtigheid hebben. Het feromoon van *C. chalcites* bestaat bijvoorbeeld uit meerdere componenten waarvan de ene een grotere vluchtigheid heeft dan de andere. Om de verdamping van feromooncomponenten met verschillende vluchtigheden te kunnen bepalen is ook een serie vial-dispensers getest met daarin een mengsel van lineaire alcoholen en acetaten van 10, 12 en 14 koolstofatomen in lengte. Hoe meer koolstofatomen het feromoon bevat, dus langer het molecuul is, hoe minder vluchtig het zal zijn.

Deze test is uitgevoerd in de vial-dispensers en ook in standaard open rubberen feromoondispensers.



Figuur 4.5. *Relatieve samenstelling van een set van verbindingen met verschillende vluchtigheden na verdamping in de tijd.*

Het blijkt dat de onderlinge verhouding van de stoffen verandert na verloop van tijd maar daarin sterk afhankelijk is van de vorm van de dispenser. In Figuur 4.5 is links de verdamping uit een standaard open dispenser te zien en rechts de verdamping uit de vial-dispenser van polyethyleen. Het blijkt dat bij de verschillende componenten de onderlinge verhouding redelijk gehandhaafd blijft.

4.3 Conclusies holle vial dispenser

Het blijkt dat een holle afgesloten dispenser met feromoon deze gelijkmatig verdampt waarbij de onderlinge verhouding van de verschillende componenten met verschillende vluchtigheden in de tijd maar weinig veranderd. Deze dispenser zou dus goed geschikt moeten zijn voor het gebruik als verwarringsdispenser.

5. Feromoonverwarringsproef met de holle vial dispenser

5.1 Inleiding

Voor de feromoonverwarringsproef is gekozen voor de vial-dispenser geproduceerd van polyetheen omdat daar goede ervaringen mee waren en dit materiaal eenvoudiger te verwerken is ten opzicht van de biopolymeren. De vorm van de hanger van de dispenser is nog wel aangepast nadat bleek dat de dispensers onder veldomstandigheden van de haakjes afvielen. Dit is waarschijnlijk een gevolg geweest van een combinatie van factoren. De dispensers zijn per post verstuurd waardoor de (deels) op de kop zijn komen te liggen. Het feromoon zelf blijkt goede smerende en kruipende eigenschappen te bezitten. In de kas is de mechanische belasting veel hoger dan in het laboratorium doordat er steeds langs de bevestigingslijnen gewerkt wordt.

De eerste 25.000 dispensers zijn daarop weer opgehaald en leeg gehaald. Het verzamelde feromoon is geanalyseerd, gezuiverd en aangevuld tot benodigde hoeveelheid.

Het doel van deze proef is een onderzoek naar de werkzaamheid van een nieuw type van PE dispensers met twee belangrijke componenten en de invloed daarvan op verstoring van de paring van de *Chrysodeixis chalcites*.

De proeven zijn uitgevoerd onder GEP.

Proef locaties:

locatie Locatie ID	Controle (C) / Behandeld (B)	Oppervlakte (Ha)	Aantal dispensers toegepast	Data
HORST	C	2,3	-	A: 29-mrt
101LIT	B	8,3	4150	F: 24-aug
Bergschenhoek	C	4,9	-	B: 6-apr
101SPK	B	4,1	2060	G: 20-jul
Maasland	C	4,1	-	C: 6-apr
103WSH	B	3,5	1760	H: 20-jul
Middenmeer	C	10	-	D: 10-apr
104WRM	B	10	5010	I: 19-jul
Made	C	6,8	-	E: 22-apr
105GRW	B	7,8	3900	J: not appl

Het algemene onderhoud is gedaan onder GAP (IPM), in de vrijheid van de kaseigenaar.

Bestrijding van de rupsen maakte ook onderdeel uit van het algemene onderhoud, gebruik makend van producten uitgekozen door de teler.

5.2 Beschrijving van de proef

5.2.1 Beschrijving van het gewas

Gewas: Paprika (*Capsicum*)

Substraat en bemesting: Alle locaties: rockwool slabs, GAP

	locatie Locatie ID	Controle (C) / Behandeld (B)	Aanplant- datum	Beplantingsdichtheid (planten/m ²)	Beplantings- systeem
	HORST	C	Wk2	7,15	V-syst,
	101LIT	B		7,2	4-stengels/plant
	Bergschenhoek	C	Wk2	6,9	V-syst.
	101SPK	B		6,9	
	Maasland	C	Wk2	6,8	Double slab, 2 stengels/plant
	103WSH	B		7,0	
H	Middenmeer	C	WK 47(2011)	6,7	V-syst, 3-stengels/plant
	104WRM	B		6,7	
2	Made	C	WK 1		V-syst.
	105GRW	B			

5.2.2 Beschrijving van de plaag

Plaat: *Chrysodeixis chalcites*
 Inoculatie: Natuurlijke besmetting

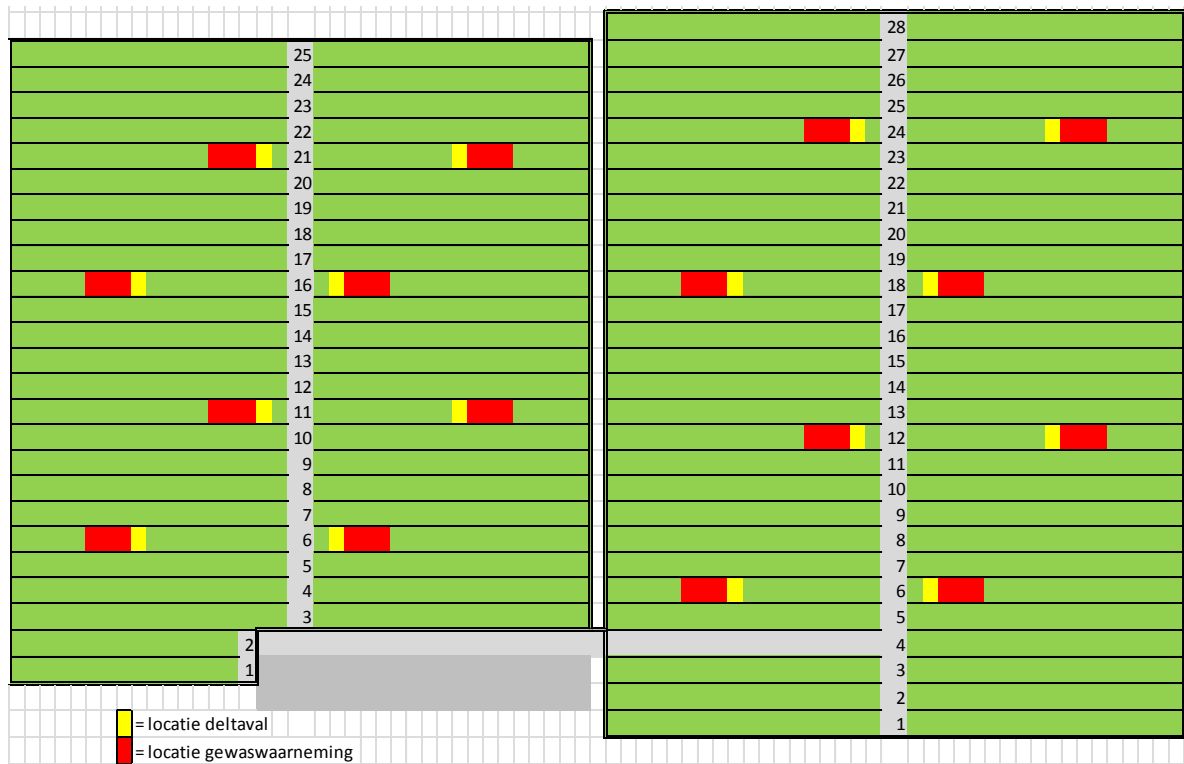
5.3 Opzet van de proef

Ontwerp: Gebaseerd op PSD 220 en EPP0 P1/264, aangepast aan de beschermde groenteteelt (kassen). Een behandelde en onbehandelde kas stond steeds in elkaars nabijheid.

Herhalingen: 5; ledere locatie dient als één herhaling. Binnen elke herhaling zijn de waardes gebaseerd op het gemiddelde van 8 metingen.

Aantal objecten: 2; Behandeld en onbehandeld

Voor het bepalen van de plaagdichtheid en optredende schade zijn plots gemaakt van 4x20 planten per plot. De verdeling van de plots door de kassen staat in Figuur 5.2 weergegeven. Dit is als voorbeeld voor alle locaties.



Figuur 5.2. Plaats van de monitoringsvallen (geel) en schade-assessment proefvlak (rood) op locatie 103WSH.

Behandeld proefvlak: zie locatie beschrijving.

5.4 Behandelingen

Locatie	Actieve Ingrediënten	Formulwerings type	Dichtheid en concentratie	Toepassing (code)
101LIT	(Z)-7-12:Ac (80%) (Z)-9-14:Ac (20%)	AE	500 Disp/ha (50 G a.i./ha)	AF
102SPK	(Z)-7-12:Ac (80%) (Z)-9-14:Ac (20%)	AE	500 Disp/ha (50 G a.i./ha)	BG
103WSH	(Z)-7-12:Ac (80%) (Z)-9-14:Ac (20%)	AE	500 Disp/ha (50 G a.i./ha)	CH
104WRM	(Z)-7-12:Ac (80%) (Z)-9-14:Ac (20%)	AE	500 Disp/ha (50 G a.i./ha)	DI
105GRW	(Z)-7-12:Ac (80%) (Z)-9-14:Ac (20%)	AE	500 Disp/ha (50 G a.i./ha)	EJ

Dispensers zijn gevuld met 100 mg feromoon per dispenser.

Data toegepast: zie de beschrijving van de locatie.

5.5 Toepassing

De dispensers zijn opgehangen in een dambord patroon in elke tweede plantenrij, met intervallen van ongeveer 9 meter. In de hoeken van de kas en langs het centrale pad, zijn extra dispensers geplaatst, De ruimte daar is teruggebracht naar 4.5 meter.

Tijdens de eerste toepassing zijn de dispensers op verschillende manieren geplaatst. De telers is gevraagd naar wat zij dachten dat de beste manier is met oog op arbeidskosten. De dispensers zijn opgehangen aan lijnen boven de toppen van de planten (101LIT), of direct tegen de stengel van de plant (103WSH, 102SPK) of aan de geleidingsdraden onder het dak van de kas (104WRM, 105GRW). De dispensers zijn dus zo'n 80 cm en 1,50 m boven de vloer van de kas opgehangen. De dispensers die in direct contact stonden met de plant in 103WSH, 102SPK, veroorzaakten een verkleuring aan de stengel van de plant: voor 103WSH zijn de dispensers verplaatst naar geleidingsdraden onder het dak van de kas (zie Bijlage I).

Voor de tweede toepassing zijn de dispensers opgehangen aan de plantgeleidingsdraden boven de planten op 4,5/5 meter boven de vloer van de kas en op dat moment 0,5/1 m boven de top van het gewas. Omdat deze toepassing veel arbeidsintensiever is dan de eerste toepassing, hebben de telers er voor gekozen om de dispensers in een ander patroon op te hangen (om dispensers op deze hoogte op te hangen moeten hydraulische wagens gebruikt worden). Daarom zijn de dispensers opgehangen in een dubbele rij in elke vierde of vijfde plantenrij, en dubbele dispensers zijn opgehangen op vaste plaatsen. De dosering is constant gehouden op 500 dispensers/ha.

De meest optimale tijd voor de eerste toepassing zou het moment zijn geweest kort na aanplanting van het gewas (in december-januari), als de dreiging van de plaag nog erg laag is. Helaas hadden we geen product voorhanden voor eind maart. Gelukkig was er in de meeste kassen op dat moment nog geen schade gezien of de beschadigingen waren nog maar zeer beperkt (101LIT, 104GRW).

5.6 Evaluatie

5.6.1 Aanwezigheid van de plaag

Aanwezigheid van de plaag is beoordeeld door het tellen van rupsen en schade op de planten op 8 percelen in de kas, gelijkmatig verdeeld in de buurt van het centrale pad en in de hoeken van de kassen. De percelen bevatten 20 naast elkaar gelegen planten in een rij. De bovenste 8 opgevouwen blaadjes zijn gecontroleerd op aanwezigheid op rupsen of schade veroorzaakt door rupsen. Deze controles zijn uitgevoerd gedurende de hele periode van de proef met intervallen van 3-6 weken.

5.6.2 Trap shutdown

Als de populatie van de plaag laag genoeg is en de hoeveelheid feromoon die verspreid wordt uit de verwarringsdispensers in de kas hoog genoeg is, zal dit moeten leiden tot een zogenaamde 'trap shutdown'. De mannetjes zijn dan niet meer in staat om de dispensers in de vallen te vinden. Het effect van de feromoon-toepassing op het vermogen van volwassen mannelijke *C. chalcites* om de dispenser te vinden zijn beoordeeld door het tellen van het aantal volwassen mannetjes die in gevangen werden (Koppert witte plastic vallen, standaard Pherobank feromoondispensers voor *C. chalcites*). De dispensers en lijmbodems werden na elke controle vervangen. In elke kas zijn 8 vallen verdeeld over het oppervlak van de kas.

5.6.3 Terugbrengen van het gebruik van bestrijdingsmiddel/ gewasbeschermingsmiddel

Als aanvullende maat voor de effectiviteit van het product, zijn het aantal bestrijdingsmiddel/*gewasbeschermingsmiddel* behandelingen inclusief hoeveelheden, nodig geacht door de teler om de rupsen te bestrijden, geregistreerd in zowel de behandelde en onbehandelde kassen. De telers kregen de opdracht om bij overschrijding van de schadedrempel de gebruikelijke maatregelen tegen rupsen te nemen, ongeacht de aan- of afwezigheid van het feromoon dat de paring verstoort.

5.6.4 Het verdampingsprofiel van de dispensers

Het verdampingsprofiel van de dispensers werd random geregistreerd in elke kas met 20 dispensers met een interval van 3-6 weken. De dispensers werden vervangen door nieuwe dispenser om een constant niveau van feromonen te handhaven. Bemonsterde dispensers werden afzonderlijk gewogen in het lab met een precisieweegschaal (Sartorius CP64).

5.7 Resultaten

5.7.1 Aanwezigheid van de plaag

De schade ontstaan door *C. chalcites* wordt weergegeven in Figuur 5.3, afzonderlijk voor elke proefdatum en voor elke locatie. Tabel 5.1 geeft het gemiddelde aantal over alle proefdata voor elke locatie.

Op elke locatie, behalve 103WSH, nam de schade veroorzaakt door rupsen geleidelijk toe naarmate het seizoen vorderde. Schade werd zichtbaar tussen 50 en 100 dagen na het begin van de proeven (eind of mei, begin juni).

De toename van de schade werd ook gezien in de onbehandelde kassen, behalve 103WSH.

Op sommige locaties was de schade in de behandelde kassen aanvankelijk groter dan in de onbehandelde kassen (101LIT, 104WRM, 105GRW). Als gevolg van de hoge schade in de behandelde kassen in 105GRW, heeft de teler besloten om te stoppen met de proef, er is geen tweede toepassing meer gedaan, en voor rest van de proefperiode werden alleen de vallen nog gecontroleerd.

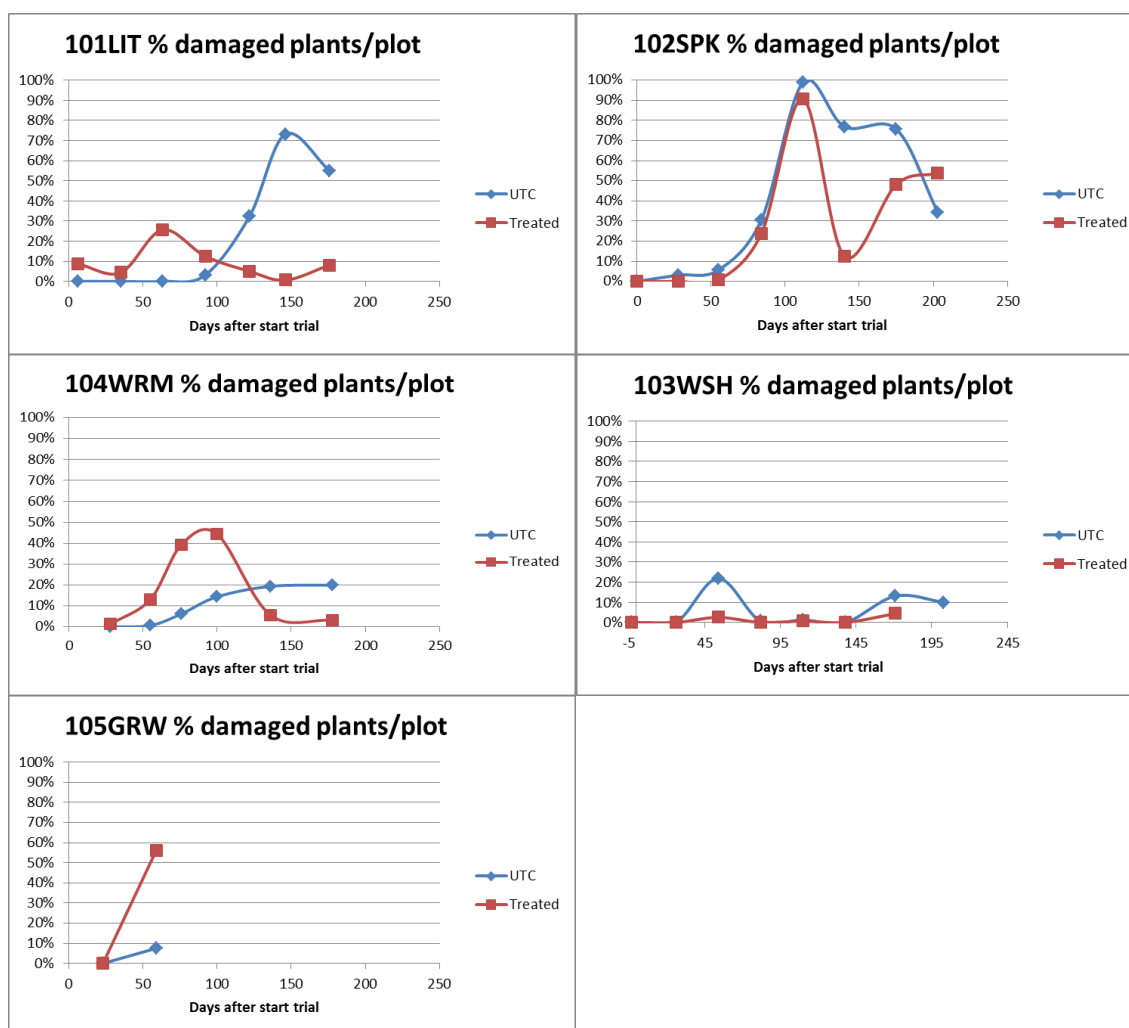
In alle behandelde kassen nam de schade veroorzaakt door rupsen geleidelijk af tot onder het niveau van het onbehandelde controlegewas, na de tweede toepassing van feromoon dispensers (100-150 dagen na de eerste toepassing).

103WSH heeft een uitzonderlijk laag schadeniveau gedurende het seizoen en een consequent lager schadeniveau in de behandelde kassen vergeleken met de onbehandelde kassen.

Het aantal rupsen dat geteld werd op de bladeren was erg laag in alle proeven, waarschijnlijk als gevolg van de controle door bestrijdingsmiddelen/*gewasbeschermingsmiddelen* specifiek gericht op Lepidoptera larven. Gemiddeld is er geen duidelijk verschil tussen behandelde en onbehandelde kassen (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Aantal en percentage van beschadigde planten en aantal rupsen. De gemiddelde waarde per proefvlak over alle proefdata. UTC=onbehandelde controle, gem=gemiddelde, num=aantal.

	aantal rupsen/ proefvlak	Aantal beschadigde planten/ proefvlak	% beschadigde planten/ proefvlak
UTC gem	0,7	3,9	19%
101LIT	1,9	4,7	23%
102SPK	0,1	8,1	41%
103WSH	0,1	1,2	6%
104WRM	0,0	2,0	10%
105GRW	3,1	0,8	4%
Behandeld gem	0,7	3,0	15%
101LIT	0,1	1,9	9%
102SPK	0,0	5,7	29%
103WSH	0,0	0,4	2%
104WRM	1,0	3,6	18%
105GRW	6,7	5,6	28%



Figuur 5.3. Gemiddelde aantal planten met beschadiging in de bovenste 8 bladeren veroorzaakt door rupsen.

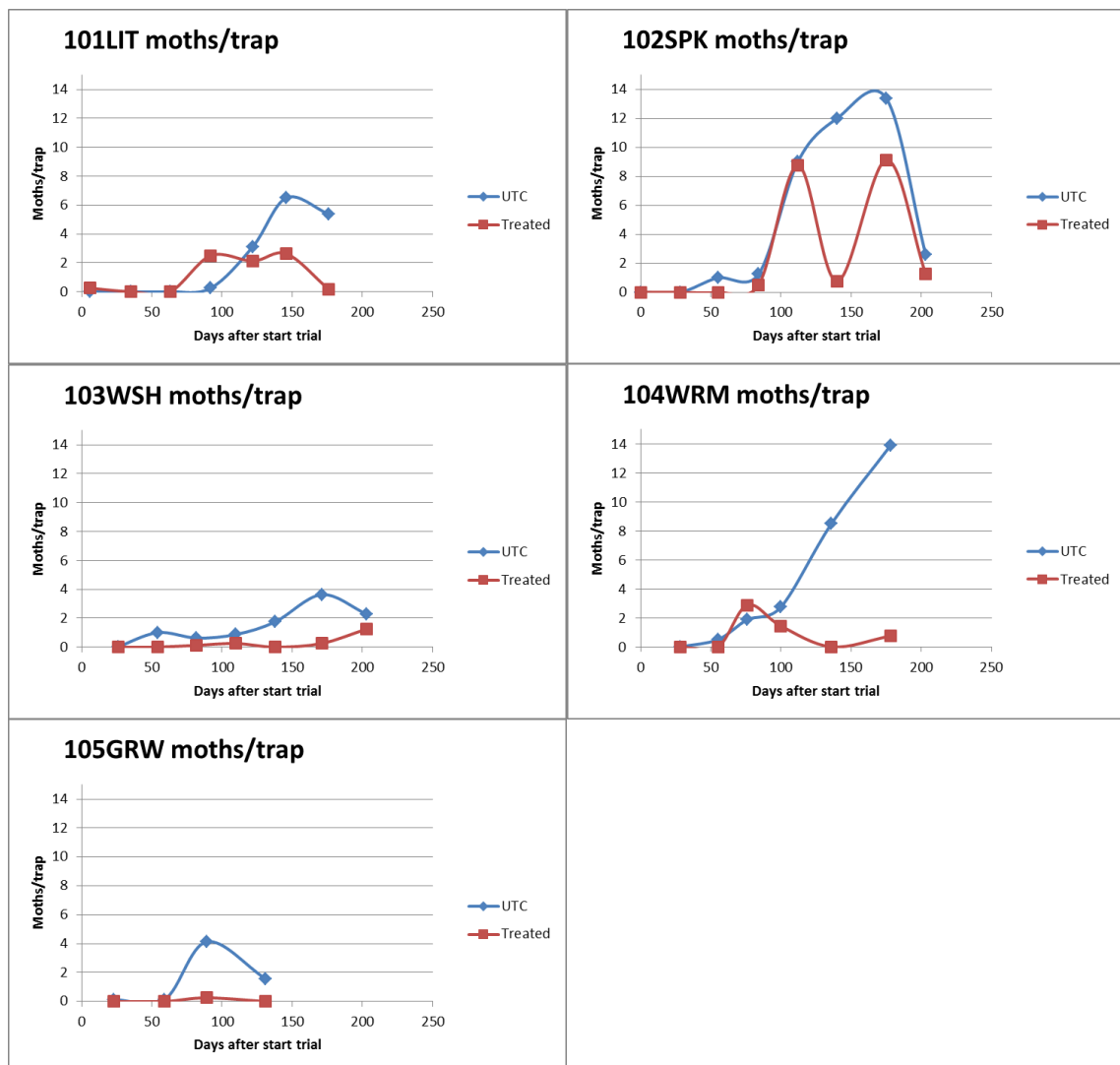
5.7.2 Trap shutdown

Het aantal volwassen mannetjes *C. chalcites* in de deltavallen gedurende de proefperiode is weergegeven in Figuur 5.4. Tabel 5.2 geeft het gemiddelde aantal van alle proefdata voor elke locatie weer.

Gemiddeld (Tabel 5.2), lijkt er een duidelijke afname van het aantal gevangen motten in de behandelde kassen (1.1 motten/val en 59% van de vallen met motten) vergeleken met het aantal gevangen motten in de onbehandelde kassen (3 motten/val en 31% van de vallen met motten).

Figuur 5.4 laat zien dat het aantal motten dat per val gevangen is consequent lager is in de behandelde kassen in vergelijking met het aantal motten dat per val gevangen in de onbehandelde kassen.

Er heeft echter geen 'Trap-shutdown' plaats gevonden over de hele proefperiode op geen van de locaties. Het effect van de tweede toepassing lijkt te worden weerspiegeld in een daling van de vangsten voor 102SPK, dit effect is minder uitgesproken op de andere locaties.



Figuur 5.4. Het aantal volwassen mannetjes gevangen in de deltavallen op het moment van de beoordeling. De aantallen zijn het gemiddelde van alle vallen in de kas.

Tabel 5.2. Aantal motten per val en % vallen met motten. De gemiddelde waarden per proefvlak over alle beoordeling data. UTC=Onbehandelde controle, gem=gemiddelde.

	Motten/val	% vallen met motten
UTC (gem.)	3,0	58,9%
101LIT	2,2	46,4%
102SPK	4,8	64,1%
103WSH	1,4	64,3%
104WRM	4,6	66,7%
105GRW	1,5	49,1%
Behandelde (gem.)	1,1	30,8%
101LIT	1,1	39,9%
102SPK	2,6	41,7%
103WSH	0,3	16,1%
104WRM	0,8	41,4%
105GRW	0,1	3,1%

5.7.3 Afname van het gebruik van bestrijdingsmiddelen/ gewasbeschermingsmiddelen

De volgende producten werden gebruikt door de telers voor de bestrijding van de rupsen:

Turex Spuitpoeder (Bacillus Thuringiensis); Fame (Flubendiamide); Tracer (Spinosad); Altacor (Chlorantraniliprole); Steward (Indoxacarb); Runner (Methoxyfenezide); Nocturn (Pyridalyl).

De locatie 105GRW is weggelaten uit deze vergelijking, aangezien het proef werd stopgezet vóór het einde van het seizoen.

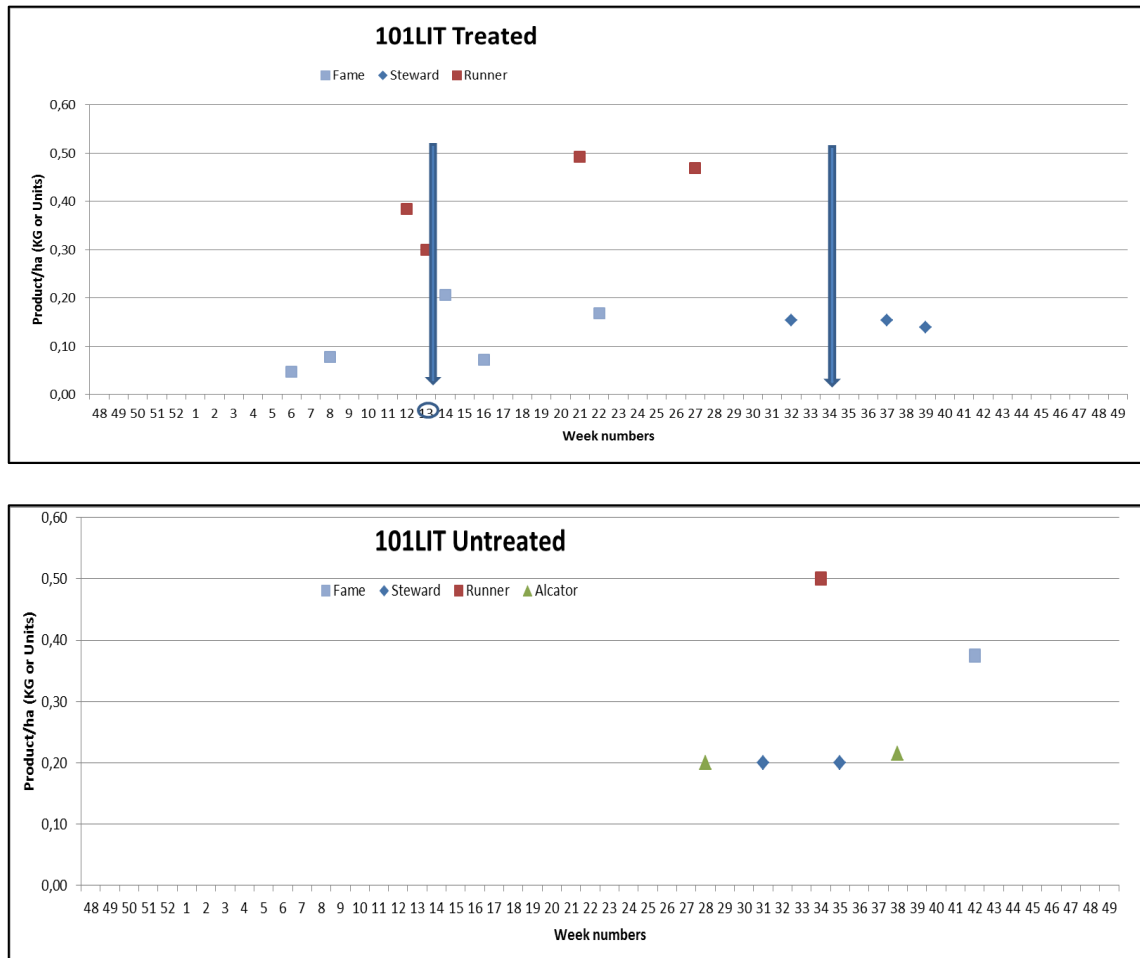
Tot 20 juli 105GRW is Steward drie keer verneveld in de behandelde kas één keer in de onbehandelde kas. Tot het begin van het voorjaar heeft de teler geen rupsenbestrijdingsmiddel/ *gewasbeschermingsmiddel* gebruikt tot de eerste schade zichtbaar werd in de behandelde kas half juni. Er is verder geen rapportage gedaan 105GRW vanwege de vervroegde beëindiging van de proef.

Tabel 5.3 geeft het aantal bespuitingen weer van de telers om de schade veroorzaakt door de rupsen binnen de perken te houden. Op twee van de vier locaties (102SPK, 103WSH), werden meer bespuitingen toegepast in de onbehandelde kassen in vergelijking met de kassen die met feromoon werden behandeld. Op de andere twee locaties (101LIT, 104WRM) werd meer gewasbeschermingsmiddelen toegepast in de kas die met feromoon werd behandeld. Dit zijn dezelfde locaties waar schade veroorzaakt door rupsen eerst in de behandelde kas, vóór de toepassing van de feromonen verscheen.

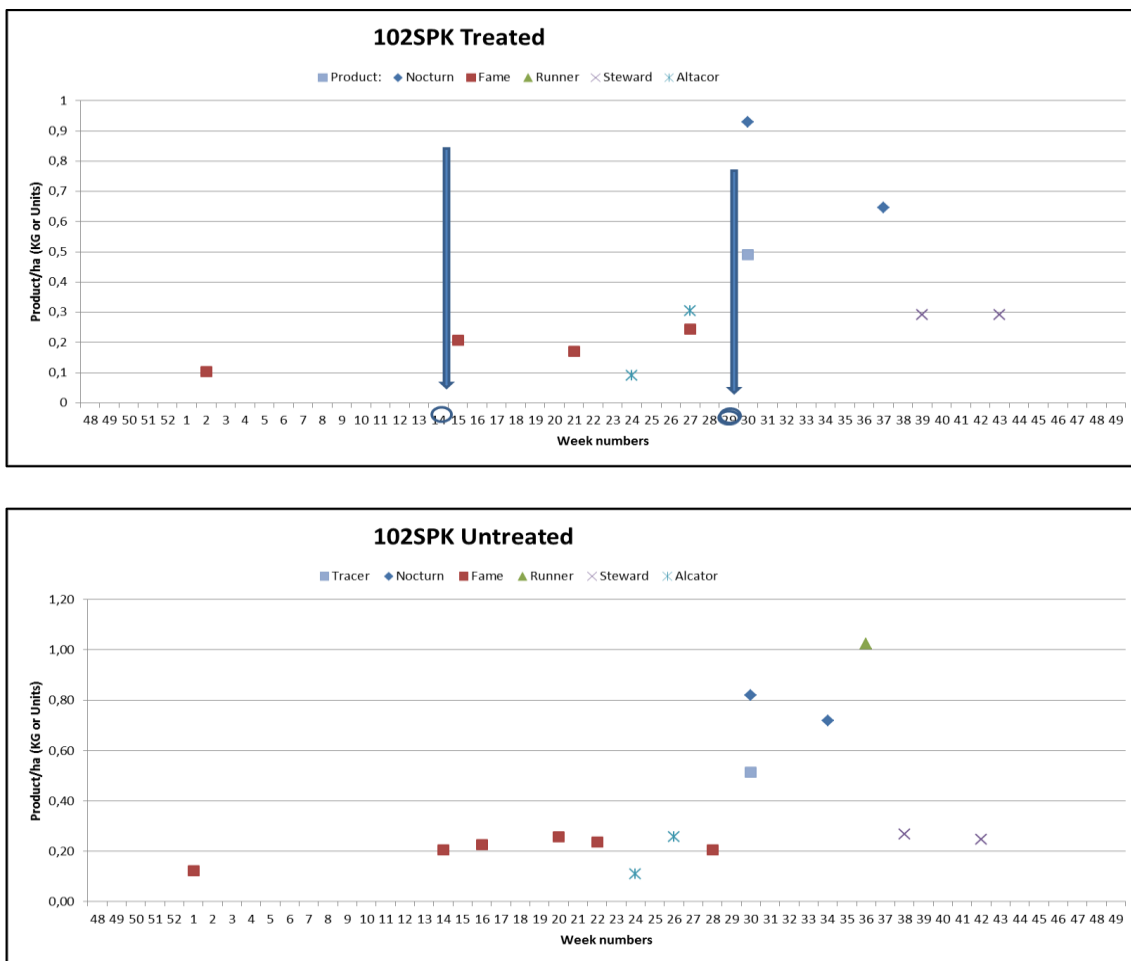
Tabel 5.3. Aantal toepassingen van gewasbeschermingsmiddelen die bestemd zijn voor de controle van de rups. Getallen in vet vertegenwoordigen het hoogste aantal voor elke locatie.

Locatie	Onbehandeld	Behandeld
101LIT	6	12
102SPK	14	11
103WSH	8	5
104WRM	12	16

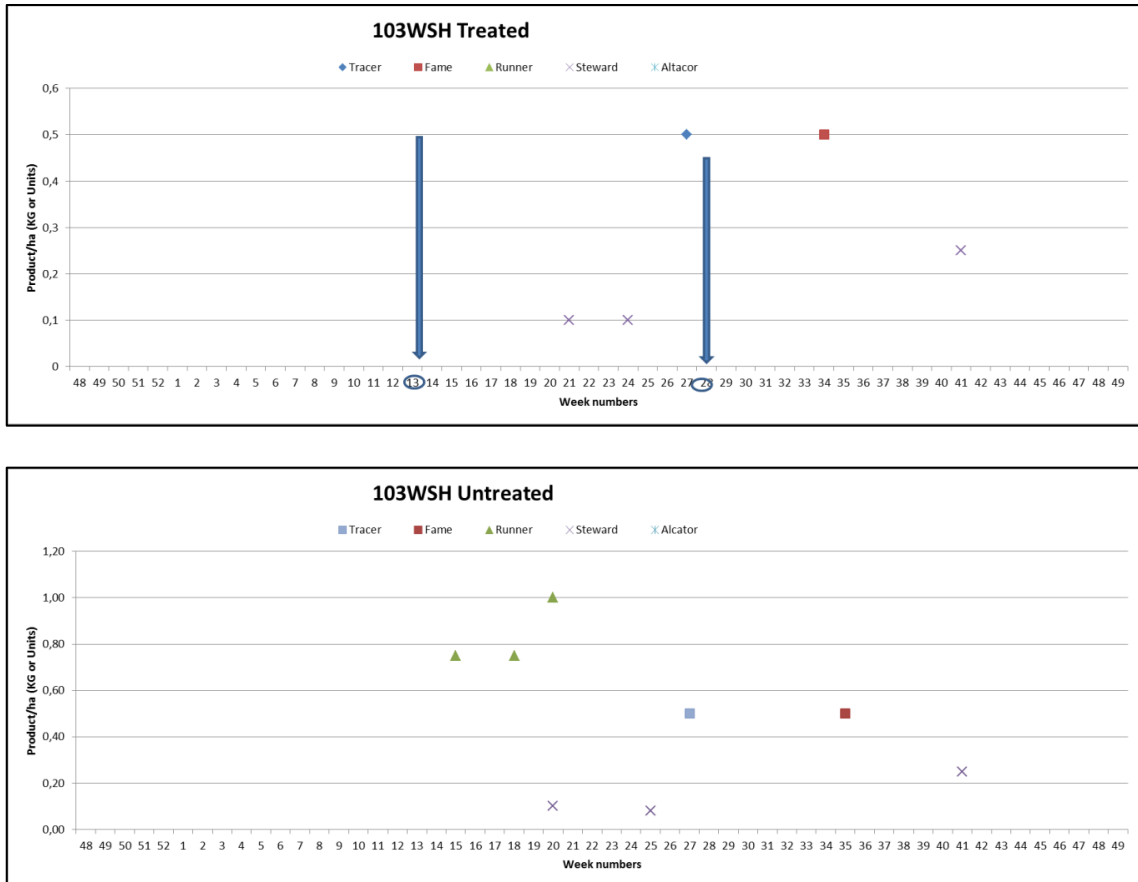
Figuren 5.5a,b,c,d geven de dosering en de verdeling in tijd van de chemische bestrijdingsmiddelen/gewasbeschermingstoepassingen voor de locaties 101-104 weer.



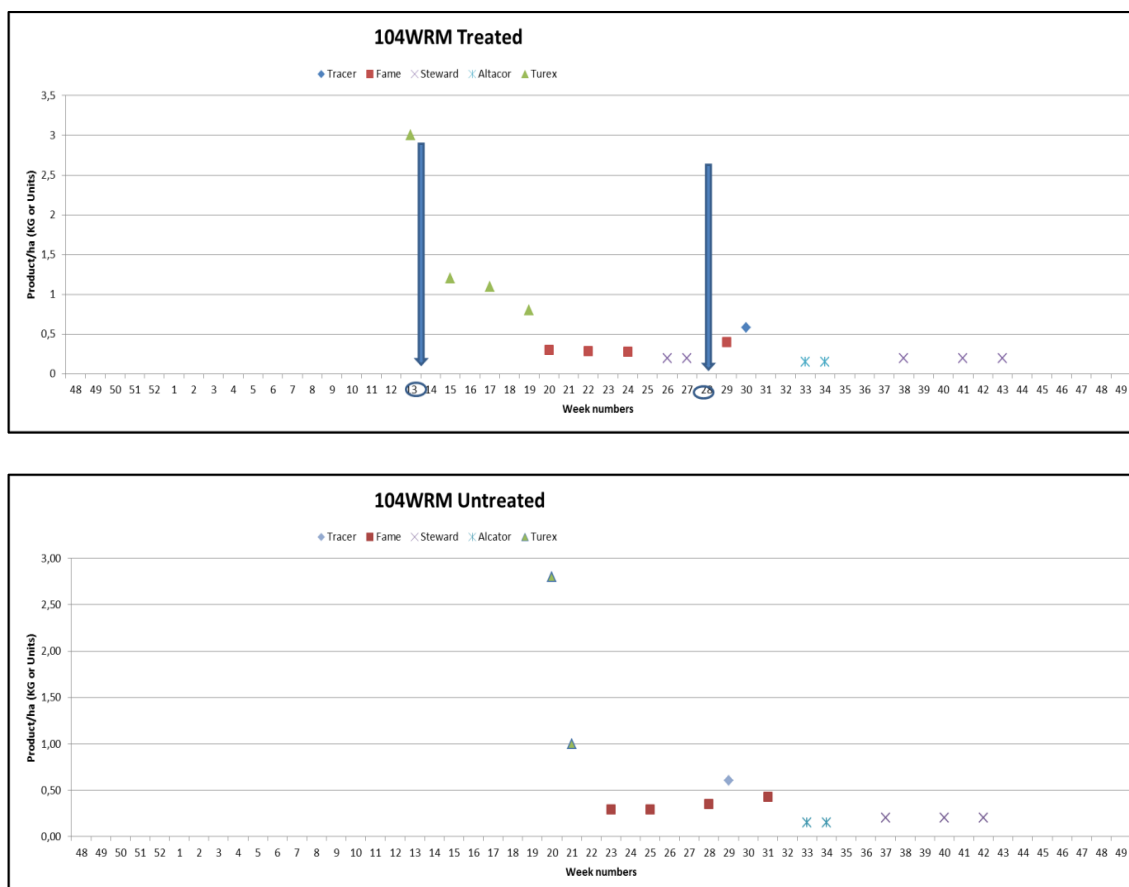
Figuur 5.5a. Verdeling en dosering van de bestrijdingsmiddelen/gewasbeschermingstoepassingen bedoeld voor de bestrijding van rupsen op locatie 101LIT. De pijlen geven de feromoon toepassingen weer in de behandelde kas.



Figuur 5.5b. Verdeling en dosering van de bestrijdingsmiddelen/gewasbeschermingstoepassingen bedoeld voor de bestrijding van rupsen op locatie 102SPK. De pijlen geven de feromoon toepassingen weer in de behandelde kas.



Figuur 5.5c. Verdeling en dosering van de bestrijdingsmiddelen/gewasbeschermingstoepassingen bedoeld voor de bestrijding van rupsen op locatie 103WSH. De pijlen geven de feromoon toepassingen weer in de behandelde kas.



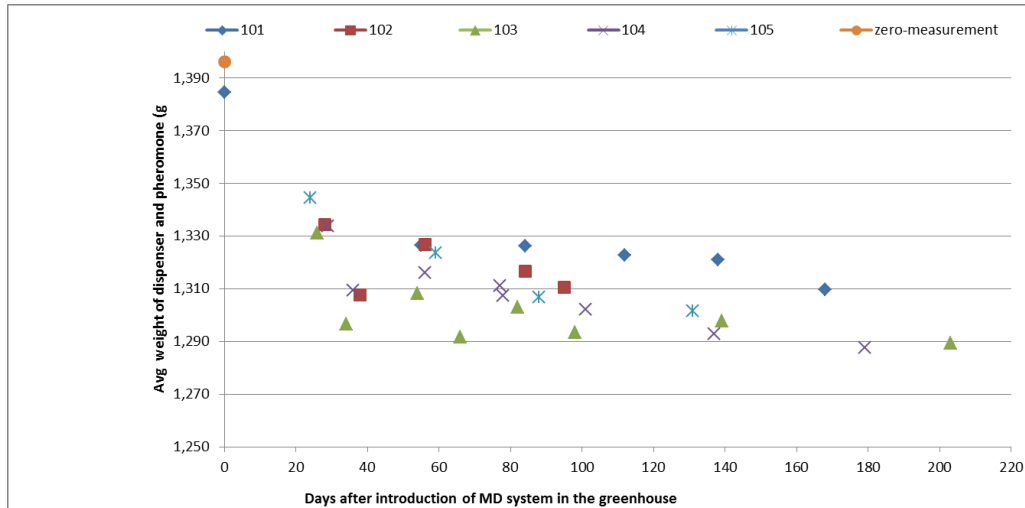
Figuur 5.5d. Verdeling en dosering van de bestrijdingsmiddelen/gewasbeschermingstoepassingen bedoeld voor de bestrijding van rupsen op locatie 104WRM. De pijlen geven de feromontoepassingen weer in de behandelde kas.

5.7.4 Het feromoonverdampingsprofiel van de dispensers

Uit de gegevens weergegeven in Figuur 5.6, kan een schatting worden gemaakt van hoeveelheid feromoon die verdampt uit de dispensers tijdens de proef. De dispensers waren ieder gevuld met 100 mg feromoon. De nulmeting van de dispensers is kort nadat de dispensers van de producent arriveerden bij Koppert.

Sommige dispensers hadden merkbaar gelekt. Het lijkt mogelijk dat de dispensers al een deel van hun initiële gewicht zijn verloren tijdens verpakking en verzending.

De beoogde lineaire verdamping in de kas is niet waargenomen. Het lijkt er op dat de dispensers het meeste feromoon in de eerste 50-100 dagen na plaatsing in de kas kwijtraken: het gewicht van de verzamelde dispensers lijkt te stabiliseren na die periode. Visuele inspectie van de dispensers (in-situ) in de kas toont aan dat een kleine hoeveelheid vloeistof aanwezig bleef tot het einde van de proef, zelfs als labmetingen geen daling van het gewicht meer aantoonde.



Figuur 5.6. Gemiddeld gewicht van de dispensers en hun inhoud op verschillende locaties gedurende de proefperiode.

5.8 Veiligheid van het gewas

Er is geen nadelig effect aan het gewas als gevolg van de behandeling waargenomen tijdens de proefperiode toen de dispensers niet in direct contact met het gewas hingen.

Op de locaties 103WHK en 102SPK werd verkleuring aan de stengel van de plant waargenomen kort na de eerste toepassing waarbij de dispensers in direct contact met de stengel van de plant hing (Figuur 6.2). Dit leidde niet tot merkbare schade van de plant, zelfs bij 102SPK waar de dispensers op de plant bleef tijdens het groeiseizoen.

5.9 Conclusies

De toepassing van feromoon in de kas had geen negatieve invloed op het gewas als direct contact tussen de plant en de dispenser werd vermeden.

De toepassing van dit type feromoonverwarring heeft niet geleid tot een voldoende controle van schade veroorzaakt door rupsen, noch heeft het geleid tot een afname in het gebruik van chemische bestrijding.

Het aantal mannetjes dat werd gevangen in de behandelde kassen was lager dan in de onbehandelde kassen. Echter, het lijkt er niet op dat verstoring van de paring is bereikt. Het is waarschijnlijk dat nog steeds een zekere mate van paring kan hebben plaatsgevonden. Als de mannetjesmotten in staat zijn geweest om een synthetische dispenser te vinden, is het denkbaar dat ze ook in staat zijn geweest om het roepende vrouwtje te vinden.

Trap-shutdown heeft niet voor een langere periode plaatsgevonden in geen van de 5 locaties. Dit kan een indicatie zijn voor het falen van de dispensers om de vereiste hoeveelheid feromoon in de kas vrij te geven. Deze hypothese wordt ondersteund door het meten van feromoonverdamping bij controle van het gewicht-verlies van de dispensers en door een daling van het aantal gevangen motten kort na de tweede toepassing in de locaties 102SPK en 104WRM.

De proefopzet, naburige kassen gebruiken om behandeld en onbehandeld te vergelijken, verhoogt het risico dat bevruchte vrouwtjes binnen komen vliegen vanuit naburige onbehandelde kassen. Dit kan ook hebben bijgedragen aan het hoge niveau van schade die werd gevonden in de korte perioden waar 'trap-shutdown' lijkt te hebben plaatsgevonden. Er lijkt geen voor de hand liggende oplossing voor deze tekortkoming van de proefopzet.

Voor toekomstige experimenten is het raadzaam om de dispensers die bestemd zijn voor gebruik bij de proeven uitvoeriger eerst in het laboratorium te testen op robuustheid (extreme temperaturen, UV, verzending, verpakking en behandeling simulaties), om er zeker van te zijn dat het verdampingsprofiel op geen enkele wijze kan worden beïnvloed voordat besloten wordt om door te gaan met veldproeven. Op deze manier kunnen de defecte dispensers als een waarschijnlijke oorzaak voor gebrek aan doeltreffendheid worden uitgesloten.

Bijlage I.

Foto's



Figuur 6.1. Posities van de dispenser aan de ondersteunende draad. Met de klok mee: 101LIT aan de draden; 102SPK/103WSH aan de plant; 104WRM aan de ondersteunende structuur; 104WRM tweede toepassing aan de plantbegeleidingsdraad.



Figuur 6.2. Verkleuring van de stengel (locaties 102SPK en 103WSH).