

Effect van zwavel op natuurlijke vijanden

Juliette Pijnakker, Pierre Ramakers, Ada Leman, Cécile Added, Laxmi Kok en Eric De Groot



Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk
November 2008

© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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

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



PT Projectnummer 12357
Wageningen UR Projectnummer: 41111057

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1,
: 2665 MV Bleiswijk
Tel. : 0317 - 485606
Fax : 010 - 5225193
E-mail : info@wur.nl
Internet : www.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	PROBLEEMBESCHRIJVING EN DOELSTELLING	7
2	BEPALING VAN ZWAVELDEPOSITIE	9
3	EFFECT VAN ZWAVEL OP GALMUGGEN	11
3.1	Inleiding	11
3.2	Invloed van zwaveldepositie op niet behandelde larven.....	11
3.2.1	Materiaal en methode.....	11
3.2.2	Resultaten en discussie	13
3.3	Invloed van het verdampen van zwavel op volwassen galmuggen.....	15
3.3.1	Materiaal en methode.....	15
3.3.2	Resultaten en discussie	16
3.4	Conclusies	17
4	EFFECT VAN ZWAVEL OP DE SLUIPWESP <i>E. FORMOSA</i>	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Materiaal en Methode.....	19
4.3	Resultaten en discussie	21
4.4	Conclusies	21
5	EFFECT VAN ZWAVEL OP DE ROOFMIJT <i>A. SWIRSKII</i>	23
5.1	Inleiding	23
5.2	Effect van zwaveldepositie.....	23
5.2.1	Inleiding	23
5.2.2	Materiaal en Methode.....	23
5.2.3	Resultaten en discussie	25
5.2.4	Conclusies	25
5.3	Effect van zwaveldamp en zwaveldepositie	26
5.3.1	Inleiding	26
5.3.2	Materiaal en methode.....	26
5.3.3	Resultaten en discussie	27
5.3.4	Conclusies	31
6	METING VAN ZWAVELDEPOSITIE BIJ TELERS	33
6.1.1	Inleiding	33
6.1.2	Materiaal en methode.....	33
6.1.3	Resultaten	33
6.1.4	Conclusies	33
7	ALGEMENE CONCLUSIES.....	35
	LITERATUUR.....	37

Samenvatting

In veel gewassen wordt regelmatig gezwaveld om meeldauw te voorkomen. Zwavel kan echter schadelijk zijn voor biologische bestrijders.

Op verzoek van de werkgroep Strategie van LTO Groeiservice en met financiering van het Productschap Tuinbouw begon Wageningen UR Glastuinbouw eind 2006 met een onderzoek aan het effect van zwavel op een aantal natuurlijke vijanden. Daarbij werd onderscheid gemaakt tussen blootstelling aan zwaveldamp tijdens de behandeling, en contact met de op de bladeren neergeslagen zwavel achteraf. De hoeveelheid neergeslagen zwavel werd gemeten, en gerelateerd aan aantal en duur van de behandelingen, alsmede afstand tot de zwavelpot.

De sluipwesp *Encarsia formosa* bleek het meest gevoelig, en bezweek binnen een dag na contact met neergeslagen zwavel. Galmuglarven verdragen dat beter, maar de volwassen muggen worden sterk gehinderd door het verdampen van zwavel in de nacht. Voor de roofmijt *Amblyseius swirskii* is zwavelneerslag acuut niet bijzonder toxisch. Eén nacht zwavelen doet weinig schade. Bij herhaaldelijk zwavelen (vanaf drie nachten) stoppen de roofmijten echter met ei-afzetting. Op de duur is het frequent verdampen van zwavel dus ook voor (deze) roofmijten desastreus.

1 Probleembeschrijving en doelstelling

Zwavel is één van de oudste fungiciden. Zowel in buitenteelten als in kassen wordt het gebruikt om meeldauw te voorkomen. In vergelijking met een modern fungicide wordt het zeer hoog gedoseerd en frequent toegepast, maar het scoort laag op de milieumeetlat. Onder glas moet rekening worden gehouden met blootstelling van de werknemers. Het gebruik van zwavelverdamper is goedkoper en minder bewerkelijk dan bespuitingen met fungiciden. Resistentie tegen zwavel komt niet voor.

Zwavel is schadelijk voor (sommige) natuurlijke vijanden en bestuivers. Bekend is dat het spuiten van zwavelpreparaten nadelige effecten heeft op roofmijten in boomgaarden (Hassan *et al.*, 1994; Hanna *et al.*, 1997; James, 2004). In de groenteteelten onder glas wordt zwavel laag gedoseerd (1 verdamper voor 1.000 m²), wat compatibel blijkt te zijn met biologische bestrijders. In een onderzoek uit 1997 bleek het verdampen of strooien (1 gr/m²) van zwavel niet acuut toxisch voor de roofmijt *Amblyseius degenerans*. Maar dat frequent verdampen de kolonisatie van het gewas belemmerde. In de sierteelt heeft men vaak te maken met een hogere gewasgevoeligheid voor meeldauw en een lagere tolerantie, en wordt intensiever gezwaveld (b.v. 1 verdamper voor 50 à 100m² in roos). De toenemende belangstelling voor biologische bestrijding in de sierteelt, die we in het laatste decennium kunnen vaststellen, wordt hierdoor dus gestoord. Het gebruik van het zwavelkanon is fataal voor sluipwespen en de spintroofmijt *Phytoseiulus persimilis*. Onduidelijk blijft echter in hoeverre subtieler gebruik van de verdamper (minder verdamper, minder vaak, korter) biologische bestrijders beïnvloeden. Sommige sierteeltelers hebben besloten om ten behoeve van de biologische bestrijding niet meer te zwavelen, met de consequentie dat ze wel regelmatig moeten spuiten tegen meeldauw. Andere telers experimenteren met dosering, tijdstip, behandelingsduur en -frequentie, zoekend naar een compromis tussen voldoende werkzaamheid tegen meeldauw en minimale nevenwerking op natuurlijke vijanden. Dit alles gebeurde tot nu toe op basis van trial-and-error. Het zou nuttig zijn te weten waar de natuurlijke vijanden het meeste last van hebben. Worden ze gedood tijdens het zwavelen, of ondervinden ze ook nog hinder van de zwavel die op de bladeren neerslaat?

Door de introductie van nieuwe roofmijtsoorten in de rozenteelt werd de vraag naar het effect van zwavelen opnieuw actueel. In januari 2006 werd een onderzoek gestart met de volgende doelen:

- a) Vaststellen of dampwerking dan wel contact met de neergeslagen zwavel de oorzaak is van de verminderde werking van biologische bestrijders.
- b) Vaststellen hoe lang en hoe vaak zwavel kan worden verdampt zonder de werking van natuurlijke vijanden te veel te beïnvloeden.

2 Bepaling van zwaveldepositie

De zwavel werd opgevangen in glazen petri-schalen (ø 9 cm) die tijdens het zwavelen geopend in het gewas stonden. Om de zwavel te verzamelen werd elke petri-schaal afgespoeld met 10 ml van een 1%-ige ammoniak-oplossing. De hoeveelheid zavel in het spoelsel werd bepaald door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem van de Universiteit in Wageningen met de ICP-AES-techniek.

3 Effect van zwavel op galmuggen

3.1 Inleiding

Cecidomyiidae zijn een familie van kleine muggen. Ze worden meestal galmuggen genoemd, omdat de meeste soorten bij hun waardplanten gallen en andere misvormingen veroorzaken. Enkele soorten hebben zich in een hele andere richting ontwikkeld, en zijn gespecialiseerde roofdieren geworden. Twee daarvan treden vaak spontaan in onze kassen op. Het ontbreken van heftige luchtbewegingen daar schept blijkbaar een ideale omgeving voor deze fragiele mugjes. De meest bekende is *Aphidoletes aphidimyza*, waarvan de larven predatoren zijn van allerlei bladluizen. De larven van *Feltiella acarisuga* (figuur 1), ook *Therodiplosis persicae* genoemd, vinden we vaak in spinthaarden. Ze eten alle mobiele stadia van de spintmijten, ook de individuen in diapauze. De mugjes zetten hun eieren af in kolonies van hun favoriete prooi. De blinde larven bewegen zich traag. Ze verlammen hun prooi met een injectie alvorens ze leeg te zuigen.

De larven van *Feltiella acarisuga* verpoppen in een witte cocon langs de bladnerven. Die van *Aphidoletes aphidimyza* verlaten meestal de plant en verpoppen in een los spinsel in de grond.

De adulten zijn geen predatoren. Ze voeden zich met suiker (nectar). Het zijn nacht-actieve dieren, die hun gastheer opsporen via hun uitstekend reukvermogen. In het gewas worden ze zelden waargenomen of herkend.

Het vermoeden bestaat dat het gebruik van zwavelverdamers tegen meeldauwen (in roos, tomaat, paprika) een negatieve invloed heeft op deze nuttige insecten. Dat zou op verschillende manieren kunnen. De in alle hoeken van de kas doordringende zwaveldamp zou tot vergiftiging van de muggen kunnen leiden. Galmuggen beschikken over een uitstekend reukvermogen, waarmee ze elkaar en hun prooi in het donker kunnen vinden. De zwavelstank zou hun zoekvermogen kunnen verstoren. Dat laatste is plausibel, omdat het zwavelen doorgaans 's nachts plaatsvindt, dus in de periode dat de mugjes actief zijn. Ten derde zouden de larven last kunnen hebben van de zwaveldepositie op de bladeren.

Daarom werden proeven uitgevoerd om een eventueel effect van zwavelverdampen op zowel larven als adulten aan te tonen



Figuur 1. Larve en volwassen vrouwtje van *Feltiella acarisuga*

3.2 Invloed van zwaveldepositie op niet behandelde larven

3.2.1 Materiaal en methode

Bladeren afkomstig uit een onbespoten anthuriumgewas werden in emmers met water geplaatst, en in een rozenkas blootgesteld aan de volgende zwavelbehandelingen:

- A. onbehandeld
- B. 1 nachtbehandeling van 8 uren
- C. 3 nachtbehandelingen van telkens 8 uren
- D. 7 nachtbehandelingen van telkens 8 uren

Er hing één zwavelverdamper van het merk Nivola gevuld met pijpzwavel (figuur 2) in een kas van 144 m². Er werd elke nacht gezwaveld van 22:00 tot 6:00 uur. De anthuriumbladeren bevonden zich op 5 meter afstand van de zwavelpot. Het experiment werd uitgevoerd in augustus 2007 en 4 maal herhaald in de tijd.



Figuur 2. Zwavelverdamper en zwavelpijp

Na de behandeling werden de anthuriumbladeren naar het laboratorium gehaald. Ponsjes van 3 cm doorsnede werden uitgesneden en op vochtige watten gelegd (figuur 3 en 4). Per behandeling werden 2 ponsjes gemaakt.

Larven van *Feltiella acarisuga* werden geleverd door de firma Koppert op komkommerbladeren met spint. Op elk ponsje werden met een penseel vijf larven van het 2^{de} of 3^{de} stadium overgebracht, alsmede ruim 100 spintmijten.

De bladponsjes werden geplaatst in een klimaatkast met een lichtregime van 14/10 uur L/D, 20°C en 80% RV.



Figuur 3: Bladponsje van snij-anthurium



Figuur 4: Biotoets

Waarnemingen:

Na 3 dagen werd het aantal levende en dode galmuglarven geteld, alsmede het aantal gevormde cocons. Na 10 dagen werd geteld hoeveel cocons waren uitgekomen.

3.2.2 Resultaten en discussie

Zwaveldepositie

Een nacht zwavelen leverde een depositie op van ruim 2 mg per m². Bij voortzetting van de behandeling werden wel hogere deposities gemeten, maar de toename was minder dan proportioneel.

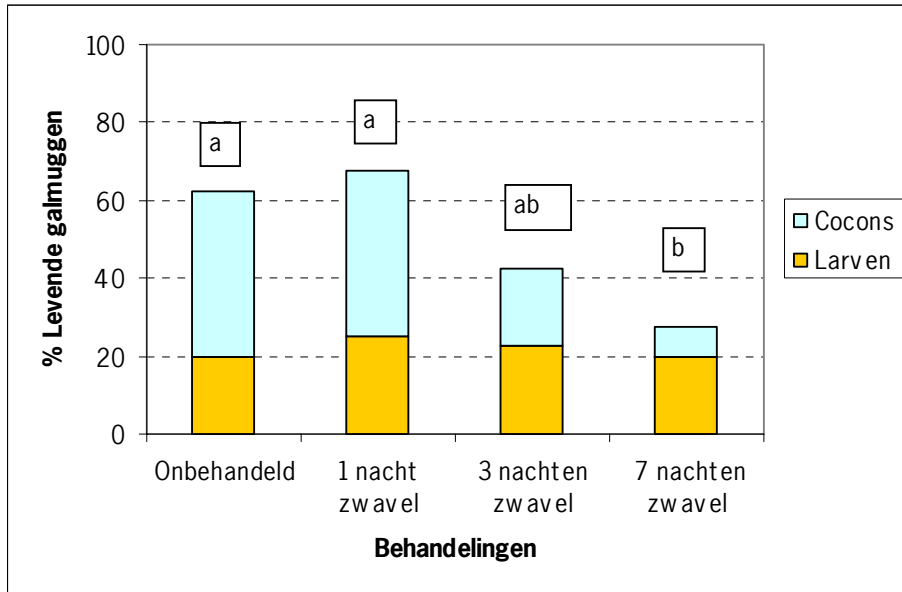
Tabel 1: Zwaveldepositie op petrischalen

Behandelingen	Gemeten zwaveldepositie (mg/m ²)
1 nacht van 8 uur zwavel	2
3 nachten van 8 uur zwavel	3
7 nachten van 8 uur zwavel	3,9

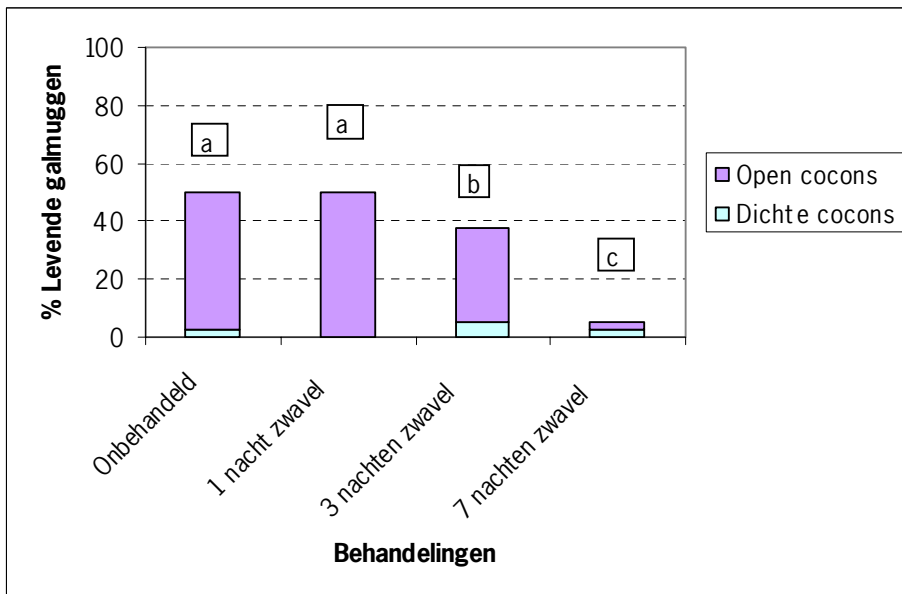
Effect van neergeslagen zwavel op larven van *Feltiella acarisuga* (figuren 5 en 6)

- De neergeslagen zwavel van 1 nachtbehandeling (2,2 mg/m²) had geen effect op de galmuglarven.
- De neergeslagen zwavel van 3 nachtbehandelingen gaf een significante reductie van het aantal larven.
- Op de neergeslagen zwavel van 7 nachtbehandelingen (4,3 mg/m²) bleken nog maar enkele larven hun ontwikkeling te voltooien.

Er moet rekening mee worden gehouden dat in deze proef de larven zelf niet waren blootgesteld aan de zwaveldamp. Het negatieve effect kan dus mogelijk nog groter zijn.



Figuur 5: Overleving van *Feltiella acarisuga* op neergeslagen zwavel na 3 dagen



Figuur 6: Overleving van *Feltiella acarisuga* op neergeslagen zwavel na 10 dagen

3.3 Invloed van het verdampen van zwavel op volwassen galmuggen

3.3.1 Materiaal en methode

De proef werd gestart in augustus 2007 bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. Ze werd uitgevoerd in twee proefkassen van 144 m² (afdeling 601 en 807) met een 8 maanden oud rozengewas, cv. Passion en Blushing Akito. Het gewas bestond uit 12 bedden. Het setpunt voor de verwarming was 20°C. Een mist-installatie werd gebruikt voor het handhaven van de luchtvochtigheid, die was ingesteld op 80% RV. De planten werden zo nodig belicht (10.000 lux) gedurende 20 uren per dag. CO₂ werd tijdens de lichtperiode opgevoerd tot 800 ppm.

In een kas werd elke nacht gezwaveld met één verdamper, en de andere kas diende als controle. De verdamper (merk Nivola) hing tussen het gewas op 1 meter afstand van het pad (zie figuur 8). Deze brandde elke nacht van 22:00 tot 6:00 uur.

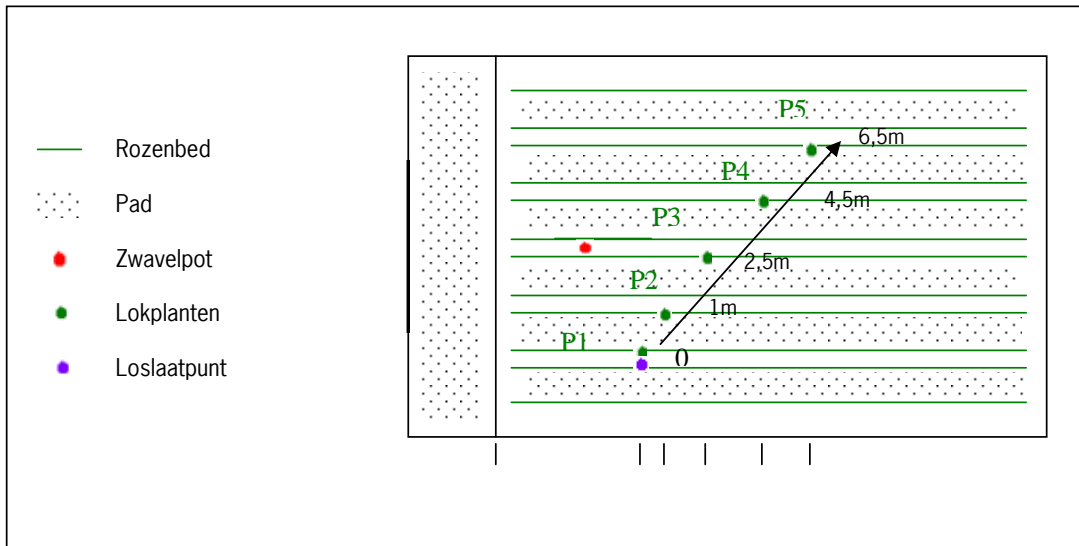
Als proefdier werd de bladluispredator *Aphidoletes aphidimyza* gebruikt. Cocons met poppen werden geleverd door de firma Koppert. Deze werden uitgekweekt in vochtig vermiculiet in een klimaatkast bij 20°C en 80% RV. De volwassen muggen werden verzameld met een exhauster. 60 vrouwtjes en 40 mannetjes werden aan het eind van de middag losgelaten op één loslaatpunt per kas. De behandeling bestond uit 3 opeenvolgende nachten zwavelen, en werd 3 keer herhaald in de tijd: van 17 augustus tot 20 augustus, van 20 augustus tot 23 augustus en van 27 augustus tot 30 augustus.

Lokplanten met graanluizen werden aangeboden op verschillende afstanden van het loslaatpunt. Hiervoor werden zaailingen van wintergerst gebruikt, gekoloniseerd met vogelkersluis (*Rhopalosiphum padi*). De gerst werd gekweekt in steenwolblokken met elk ca. 30 zaailingen (figuur 7). Bij het begin van elke proef waren de zaailingen ongeveer 2 weken oud en bevatten 60 à 100 bladluizen per plant. Op de diagonaal van elke kas werden 5 zulke steenwolblokken neergezet, op respectievelijk 0 m, 1 m, 2½ m, 4½ m en 6½ m van het loslaatpunt (figuur 8).

Naast elke lokplant stond een open petrischaal om de zwavel op te vangen.



Figuur 7: Lokplant voor galmuggen (gerst met vogelkersluis)



Figuur 8: Overzicht van de proefopzet

Waarnemingen:

Na 3 nachten zwavelen werd het aantal galmugeieren op de lokplanten geteld. Van elk steenwolblok werden daartoe 20 zaailingen afgezocht onder een binoculair.

3.3.2 Resultaten en discussie

Zwaveldepositie

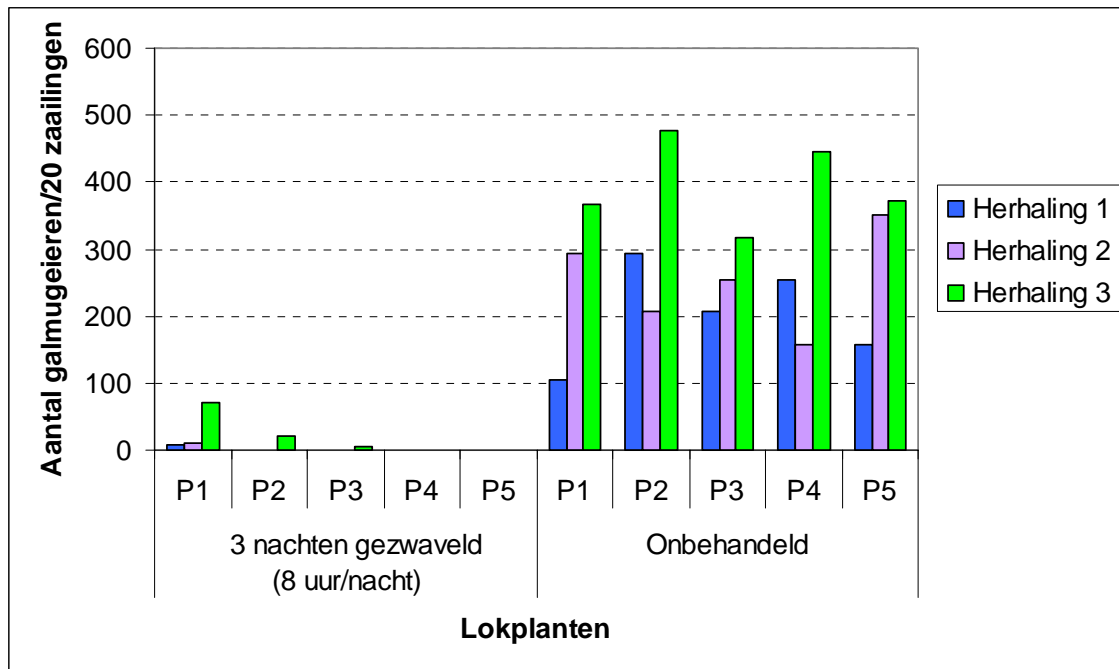
Na 3 nachten zwavelen werd een depositie van gemiddeld 3 mg zwavel/m² gemeten (Tabel 2). Ruimtelijk gezien was de depositie redelijk homogeen.

Tabel 2: Zwaveldepositie op petrischalen

Herhaling	Gemeten zwaveldepositie (mg/m ²)					Gemiddeld
	Lokplant 1	Lokplant 2	Lokplant 3	Lokplant 4	Lokplant 5	
1	4,8	3,5	3,2	2,8	2,5	3,4
2	3,5	4,6	2,9	3,2	2,6	3,4
3	2,5	2,5	2,2	2,1	2,6	2,4

Effect van het verdampen van zwavel op *Aphidoletes aphidimyza* (figuur 9)

- In vergelijking met de zwavelkas werden in de controlekas 20 x (3^{de} herhaling) tot 100 x (1^{ste} en 2^{de} herhaling) meer eieren afgezet.
- In de controlekas vonden de galmuggen alle lokplanten, en verdeelden hun eieren gelijkmatig over die planten. In de zwavelkas werden de weinige afgezette eieren alleen op de dichtstbijzijnde lokplanten afgezet.



Figuur 9: Effect van zwavelverdampen op eileg van *Aphidoletes aphidimyza*

3.4 Conclusies

- Het verdampen van zwavel gedurende de nacht heeft een desastreus effect op (het functioneren van) volwassen galmuggen. Als ze de behandeling al overleven, dan zijn ze in elk geval niet meer in staat om de prooikolonies te vinden en/of hun eieren af te zetten
- Ook de larven kunnen schade ondervinden van contact met op de bladeren neergeslagen zwavel. Ze voltooien hun ontwikkeling dan niet meer. De resultaten suggereren dat er mogelijk een compromis kan worden ontwikkeld om dit effect te minimaliseren. Het is echter de vraag of nader onderzoek zinvol is gezien het zeer negatieve effect op (het zoekvermogen van) de adulten.

4 Effect van zwavel op de sluipwesp *E. formosa*

4.1 Inleiding

Sluipwespen van de Familie Eulophidae, met name *Encarsia formosa* en *Eretmocerus eremicus*, worden, afzonderlijk of in combinatie, in de Nederlandse kassen uitgezet tegen kaswittevlies. *Encarsia formosa* (figuur 10) werd al in 1972 geïntroduceerd in de tomatenteelt, en wordt momenteel door vrijwel alle tomatentelers ingezet. De meeste rozentelers maken er echter geen gebruik van, met als argument dat de gevoelige wespjes niet bestand zijn tegen het verdampen van zwavel ter bestrijding van meeldauw.

Om dit laatste te onderzoeken testte Wageningen UR Glastuinbouw in 2007 het effect van zwavel op adulten van *Encarsia formosa*. *Encarsia* heeft een minder goed ontwikkeld zoekvermogen (proefschrift Herman van Roermund, 1995) dan galmuggen, en spoort haar prooi lopend op. Daarom werd gekozen voor een proefopstelling waarbij de wespjes “te voet” waren blootgesteld aan op blad neergeslagen zwavel



Figuur 10. *Encarsia formosa*

4.2 Materiaal en Methode

Rozenplanten van het ras Blushing Akito werden op tafels gekweekt in een kasje van 24m². De verwarming was ingesteld op 20°C en de relatieve luchtvochtigheid werd geregeld op 80%. Een lamp van 2.000 lux werd aangeschakeld bij een daglichtwaarde onder 150 Watt en uitgeschakeld boven 175 Watt. De planten waren alleen gespoten met zepen (Savona en Biosoap) tegen kaswittevlies en met dodemorf (Meltatox) tegen meeldauw. Vanaf 10 dagen voor het begin van de proeven werden geen chemische behandelingen meer uitgevoerd.

Encarsia formosa werd op kaartjes geleverd door de firma Biobest. De geparasiteerde poppen werden uitgekweekt bij kamertemperatuur (ca. 20°C) (figuur 11). De sluipwespen werden vervolgens met een exhaustor verzameld.



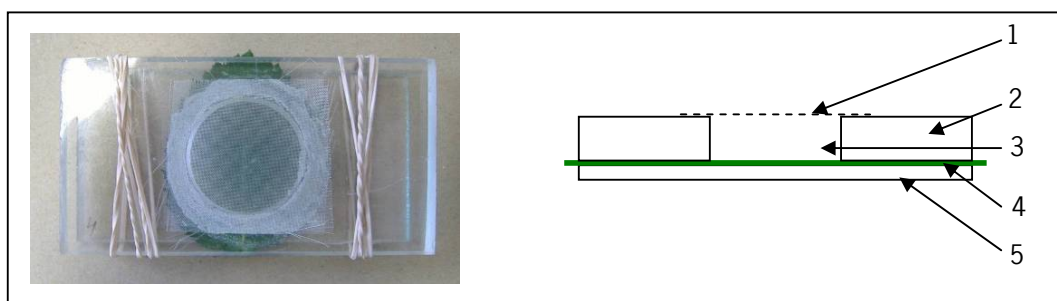
Figuur 11. Commercieel materiaal van *Encarsia formosa*. Links een geparasiteerde wittevliegpop in close-up

De proefplanten werden blootgesteld aan zwavel in een rozenkas van 144 m² met één zwavelverdamer gevuld met pijpzwavel. Er werd elke nacht gezwaveld van 22:00 tot 6:00 uur. De te behandelen planten werden geplaatst op 2 meter afstand van de zwavelpot. Onbehandelde planten bleven in de opkweekkas. Drie testen werden uitgevoerd met de volgende behandelingen:

Tabel 3: Beschrijving van de tests

Datum	Testnr.	Behandelingen
10-05-2007	Test 1	A. onbehandeld B. 28 nachtbehandelingen van telkens 8 uren
12-06-2007	Test 2	A. onbehandeld B. 1 nachtbehandeling van 8 uren C. 7 nachtbehandelingen van telkens 8 uren
04-07-2007	Test 3	A. onbehandeld B. 1 nachtbehandeling van 8 uren C. 3 nachtbehandelingen van telkens 8 uren

Daags na de behandeling werden 15 rozenblaadjes geplukt en gemonteerd in z.g. Munger-cellen (figuur 12) met 5 adulten van *Encarsia formosa*. De kooitjes werden geplaatst in een klimaatkast met een lichtregime van 14/10 uur L/D, een constante temperatuur van 20°C en 80% RV.



Figuur 12. Munger-cel (1: insectengaas, 2: plexiglas plaat, 3: boring (kooiruimte), 4: rozenblaadje, 5: glazen plaat)

Waarnemingen:

Na 1 dag blootstelling werd het aantal levende en dode sluipwespen geteld.

4.3 Resultaten en discussie

Neergeslagen zwavel

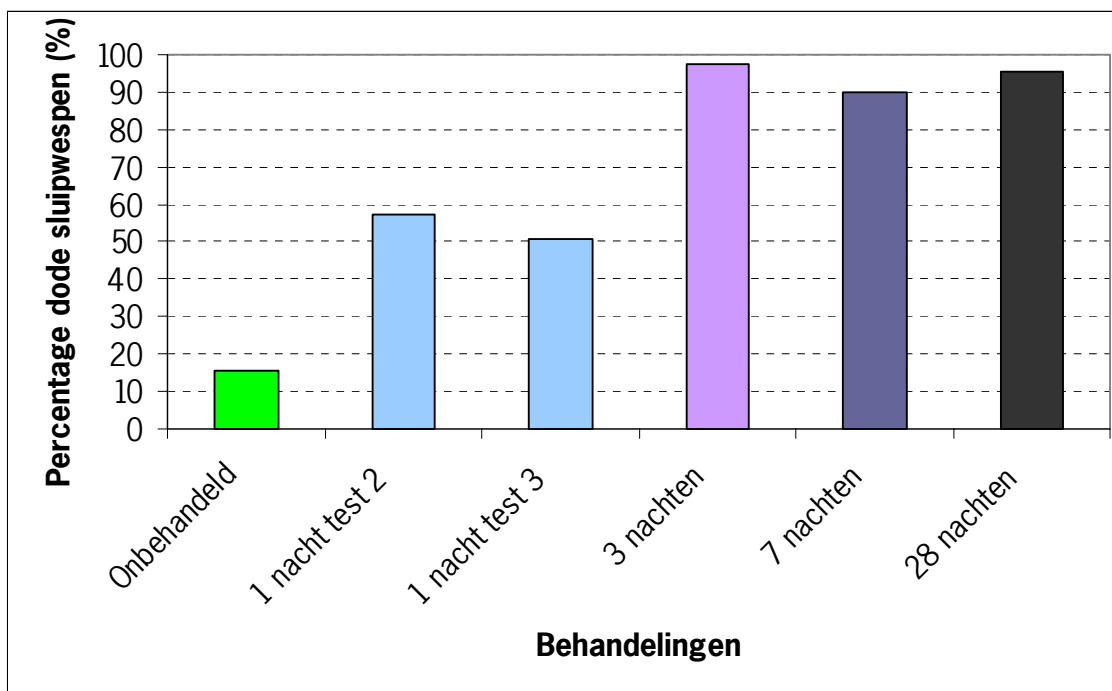
De gemeten hoeveelheid neergeslagen zwavel is weergegeven in tabel 4. Een nacht zwavelen leverde een depositie op van 0,74 à 1,78 mg per m². Deze resultaten komen redelijk overeen met de metingen van de vorige proeven (Tabel 1: 0,56 à 2 mg/m²/nacht, Tabel 2: 1 mg/m²/nacht).

Tabel 4: Zwaveldepositie op petrischalen

Behandelingen	Gemeten zwaveldepositie (mg/m ²)
1 nacht van 8 uren zwavel	
Test 2:	1,4
Test 3:	1,1
3 nachten van telkens 8 uren zwavel	5,3
7 nachten van telkens 8 uren zwavel	5,2
28 nachten van telkens 8 uren zwavel	49,2

Effect van neergeslagen zwavel op *Encarsia formosa* (figuur 13)

Op de laagste zwaveldosering overleefde helft van de wespjes zelfs niet één dag. Op de hogere doseringen liep het sterftepercentage op tot ongeveer 90%.



Figuur 13. Effect van neergeslagen zwavel van verschillende nachtbehandelingen van telkens 8 uren zwavel op adulten van *Encarsia formosa*

4.4 Conclusies

- Op de zwaveldepositie van 1 nacht sterft 50% van *Encarsia*-sluiwespes binnen 1 dag.
- Op zwaveldeposities van 3 en meer nachten sterft 90% van *Encarsia*-sluiwespes binnen 1 dag.
- De hoeveelheid zwavel die bij praktijkdosering op een rozengewas aanwezig is, is voor *Encarsia formosa* schadelijker dan de meeste fungicide-residuen.

5 Effect van zwavel op de roofmijt *A. swirskii*

5.1 Inleiding

Onderzocht werd of zwavel acut toxisch is voor roofmijten. De meest gebruikte roofmijtsoorten in roos zijn *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius cucumeris*, *Amblyseius swirskii* en *Amblyseius californicus*. *A. swirskii* werd gekozen als toetsdier omdat deze soort zonder prooi en zonder gastplant gemanipuleerd kan worden.

5.2 Effect van zwaveldepositie

5.2.1 Inleiding

De proef vond in mei 2007 bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk plaats met als doel het effect van **neergeslagen** zwavel op roofmijten te testen. De roofmijten zelf waren daarbij niet behandeld.

5.2.2 Materiaal en Methode

5.2.2.1 Proefopzet

De zwavelbehandelingen vonden plaats in kleine rozenkas van 144 m² (figuur 14) van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. De planten (7 maanden oud cvs. Passion en Blushing Akito) werden in steenwol geteeld. De verwarming was ingesteld op 20°C en de relatieve luchtvochtigheid werd geregeld op 80%. De mist-installatie werd niet gebruikt om afspoelen van zwavel te voorkomen. Belicht werd met 10.000 lux gedurende maximaal 20 uren per dag. Er hing één zwavelverdamer (Nivola) met een blok van 10 cm pijpzwavel. Er werd elke nacht gezwaveld van 22:00 tot 6:00 uur.



Figuur 14. Overzicht van de proefkas

De proef werd uitgelegd met 4 behandelingen in 3 herhalingen. Arena's (zwart stukken harde kunststof van 12,5 x 8 cm op vochtige watten) zonder roofmijten bleven gedurende 7 nachten in de kas (figuur 15). De volgende varianten werden uitgevoerd:

- A- Onbehandeld
- B- Arena's op 1 m afstand van de zwavelpot
- C- Arena's op 3 m afstand van de zwavelpot
- D- Arena's op 7 m afstand van de zwavelpot

Naast elke arena stond een glazen petrischaal om de neergeslagen zwavel op te vangen.

In het laboratorium werden op elke arena 10 jonge vrouwtjes van *Amblyseius swirskii* geplaatst. *Amblyseius swirskii* (figuur 16) was gekweekt op stuifmeel van lisdodde (*Typha* sp.) in een klimaatkast bij 20°C en 80% bij 20°C en 80% RV. Cohorten van gelijke leeftijd (9 dagen) werden verkregen door eieren te verzamelen en uit te kweken. De arena's werden geplaatst in een klimaatkast met een lichtregime van 14/10 uur L/D, een constante temperatuur van 20°C en 80% RV. De roofmijten werden elke 3 dagen gevoerd met stuifmeel van lisdodde (*Typha* sp.). Met water doordrenkt filtreerpapier omgrensde de arena's om de roofmijten van vocht te voorzien. Een barrière van lijm op het filtreerpapier voorkwam ontsnapping.



Figuur 15: links, Arena met roofmijten en glazen petrischaal om zwavel te verzamelen; rechts, arena's in klimaatkast.



Figuur 16. De roofmijt *Amblyseius swirskii*

5.2.2.2 Waarnemingen

Het aantal levende en dode roofmijten en roofmijt-eieren werd dagelijks onder een binoculair bepaald. De eieren werden daarbij verwijderd.

5.2.3 Resultaten en discussie

Neergeslagen zwavel

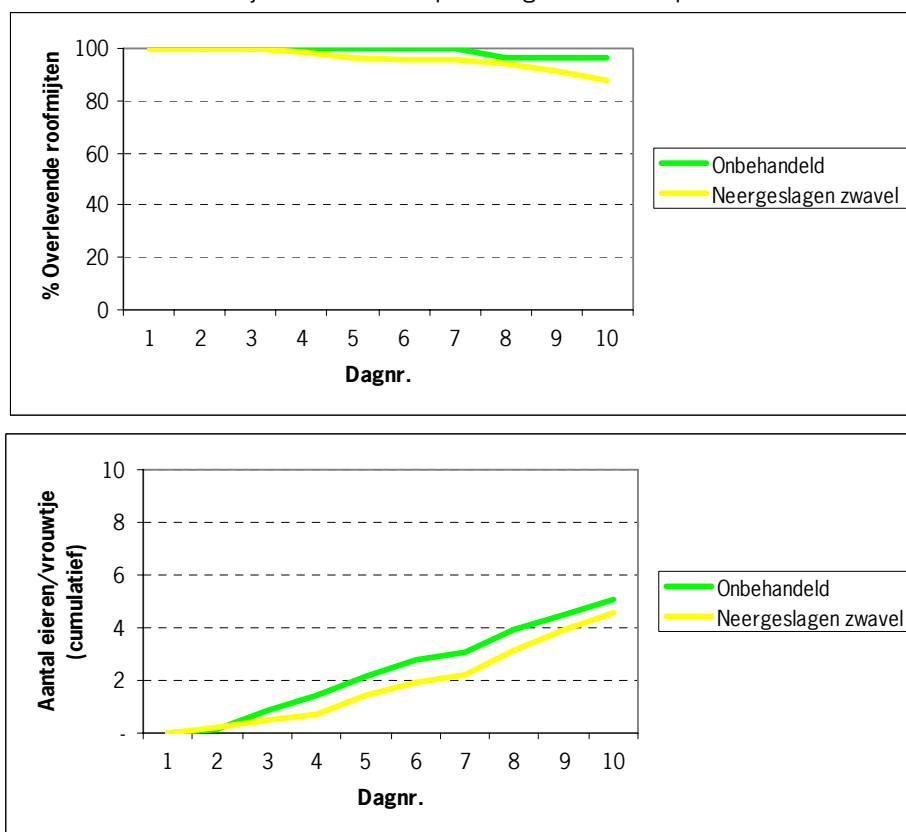
De gemeten hoeveelheid neergeslagen zwavel is weergegeven in tabel 5. Deze resultaten komen redelijk overeen met de metingen van de vorige proeven (Tabel 4: 5,2 mg/m² in 7 dagen op 2 meter afstand van het zwavelpotje).

Tabel 5: Zwaveldepositie op petrischalen

Behandelingen	Gemeten zwaveldepositie (mg/m ²)
7 nachten van telkens 8 uren zwavel	
1m	5,7
3m	4,6
7m	3,1

Effect van neergeslagen zwavel op *Amblyseius swirskii* (figuur 17)

- Neergeslagen zwavel veroorzaakte een geringe (niet significante) sterfte onder oudere roofmijten.
- Neergeslagen zwavel gaf een kleine (niet significante) reductie van het aantal gelegde eieren.
- De afstand van de roofmijten tot de zwavelpot had geen invloed op de resultaten



Figuur 17. Effect van neergeslagen zwavel op overleving en eileg *Amblyseius swirskii* per overlevend vrouwkje

5.2.4 Conclusies

Volwassen exemplaren van *A. swirskii* die zelf niet aan de zwavelbehandeling zijn blootgesteld, hebben bij gedwongen contact weinig last van op het blad neergeslagen zwavel.

5.3 Effect van zwaveldamp en zwaveldepositie

5.3.1 Inleiding

In de nu volgende proeven werden ook de roefmijten blootgesteld aan de zwaveldamp, en was er dus sprake van de gecombineerde effecten **damp + depositie**. De proeven werden uitgevoerd in de periode juni 2007 tot januari 2008 in kleine rozenkassen van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk.

5.3.2 Materiaal en methode

5.3.2.1 Proefopzet

De proefserie werd gestart in twee kassen van 144 m² (zie 6.2.2.1) met een 7 maanden oud rozengegewas (cvs. Passion en Blushing Akito) en voortgezet in twee kassen van 94 m² met een vier jaar oud rozengegewas (cv. Avalanche). Het setpunt voor de verwarming was 20°C. De mist-installatie werd niet gebruikt om afspoelen van zwavel te voorkomen. Belicht werd met 10.000 lux gedurende maximaal 20 uren per dag. In een van beide kassen hing een zwavelverdamer (Nivola) boven het middelste bed.

Zie Tabel 5 voor de verschillende behandelingen. Kweek van roefmijten en meting van zwavel vonden plaats zoals in 6.2.2.1 beschreven.

Tabel 5: Overzicht van de uitgevoerde zwavelbehandelingen

Proefnr.	Datum	Kasoppervlakte (m ²)	Leeftijd-roefmijten (dagen vanaf ei)	Zwavelbehandelingen		
				Nachten	Uren/nacht	vanaf
Proef 1	4 juni	144	9	3	8	22:00 uur
Proef 2	2 juli	144	9	1	8	22:00 uur
Proef 3	16 oktober	94	15	6	8	22:00 uur
Proef 4	23 oktober	94	12	5	4	23:00 uur
Proef 5	22 november	94	11	8	4	23:00 uur
Proef 6	10 januari	94	9	4 (om de andere nacht)	4	23:00 uur

Er werden 4 varianten aangelegd in 3 of 4 herhalingen:

- A- Onbehandeld
- B- arena's met roefmijten op 1 m van de zwavelpot
- C- arena's met roefmijten op 3 m van de zwavelpot
- D- arena's met roefmijten op 7 m van de zwavelpot

5.3.2.2 Waarnemingen

De arena's werden dagelijks naar het laboratorium gebracht waar het aantal levende en dode roefmijten en roefmijt-eieren onder een binoculair werd bepaald. De eieren werden daarbij verwijderd.

5.3.3 Resultaten en discussie

Neergeslagen zwavel

De gemeten hoeveelheid neergeslagen zwavel is weergegeven in tabel 5. De depositie was iets hoger in de nabijheid van de verdampers. In de eerste nacht wordt wat meer zwavel afgezet dan in de volgende nachten. Bij behandelingen van 8 uren per nacht was de depositie ongeveer 2x zo hoog (0,8 tot 1,2 mg/m²/nacht) als bij 4 uren per nacht (0,3 tot 0,7 mg/m²/nacht).

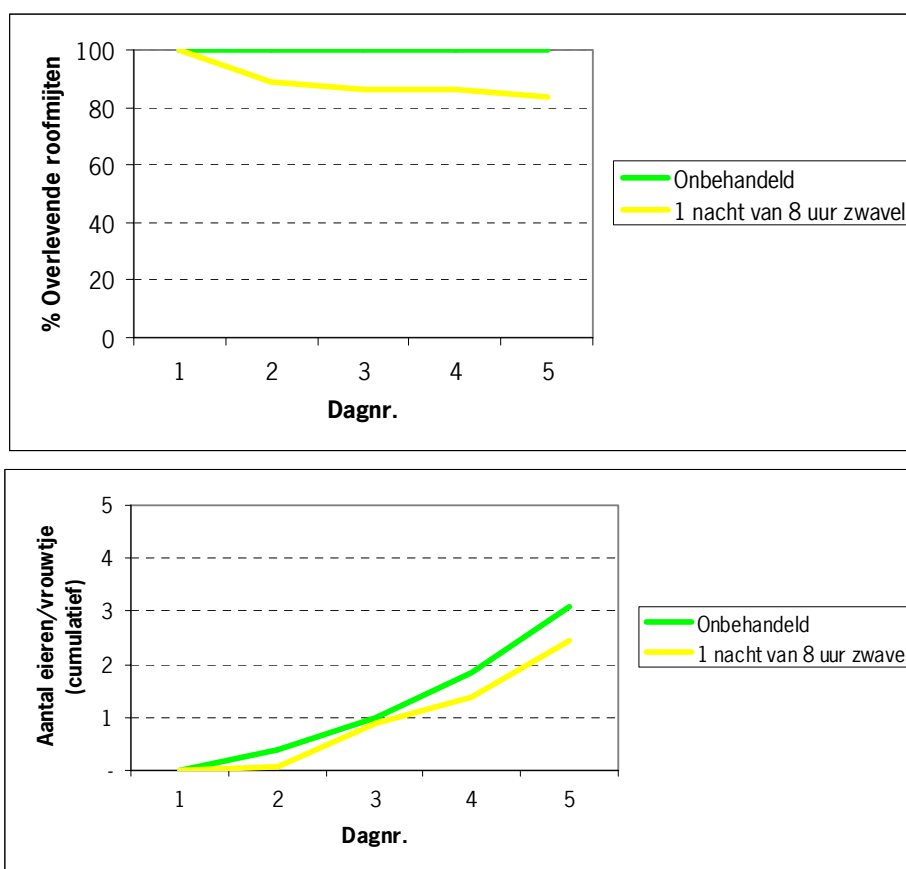
Tabel 6: Zwaveldepositie op petrischalen

Behandelingen		Gemeten zwaveldepositie (mg/m ²)	Gemiddeld zwaveldepositie/nacht (mg/m ²)
1 nacht van 8 uren zwavel	1m	1,2	1,2
	3m	1	1
	7m	0,8	0,8
3 nachten van telkens 8 uren zwavel	1m	3,3	1,1
	3m	2,7	0,9
	7m	2,7	0,9
6 nachten van telkens 8 uren zwavel	1m	5,7	1
	3m	5,9	1
	7m	4,7	0,8
5 nachten van telkens 4 uren zwavel	1m	3,5	0,7
	3m	3,4	0,7
	7m	2	0,4
8 nachten van telkens 4 uren zwavel	1m	5,6	0,7
	3m	4,9	0,6
	7m	3,2	0,4
4 nachten van 4 uren zwavel om de andere nacht	1m	1,4	0,4
	3m	1,3	0,3
	7m	1,4	0,4

Effect van zwaveldamp en zwaveldepositie op *Amblyseius swirskii*

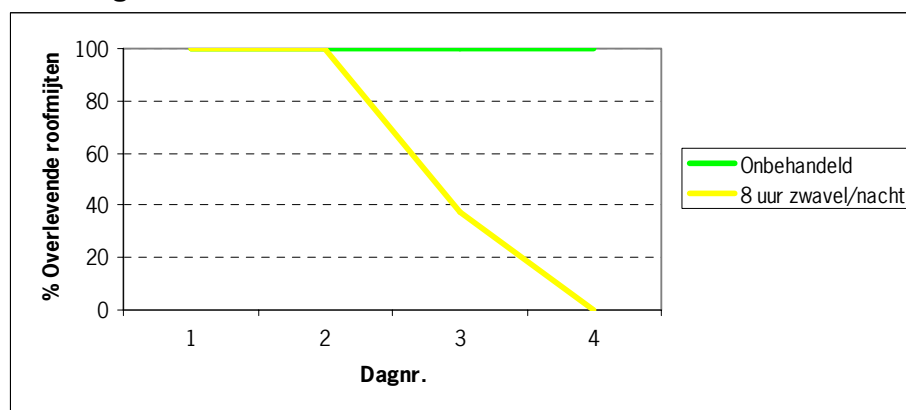
- De afstand van de roofmijten tot de zwavelpot had geen invloed op de resultaten.
- Na blootstelling van *A. swirskii* gedurende één nacht van 8 uur trad enige sterfte op. De aansluitende eileg was licht geremd (figuur 18). Het verschil was niet significant.
- Als elke nacht zwavel werd verdampt gingen na 3-4 dagen de roofmijten dood of waren niet meer actief (figuren 19 en 20). Na 4 dagen werden amper nog eieren gelegd. Dit komt overeen met resultaten gevonden in 1997 met *A. degenerans* (Kerssies & Ramakers, 1997).
- Halvering van de behandelduur tot 4 uren per nacht leverde geen verbetering (figuren 21, 22 en 23).

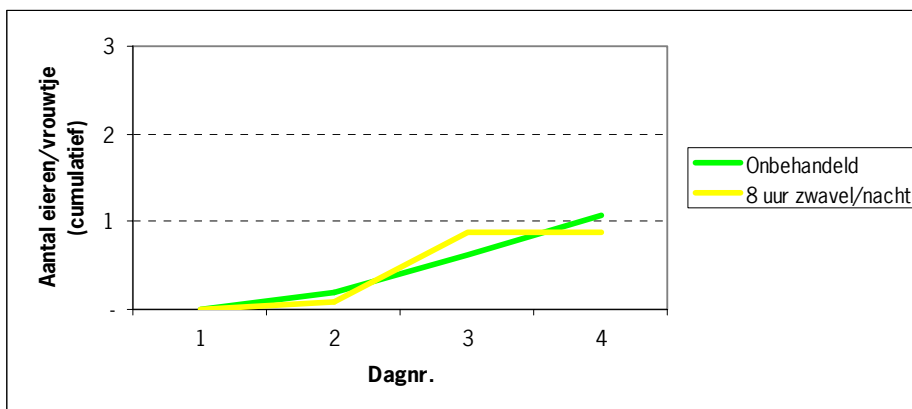
1 nachtbehandeling van 8 uur zwavel



Figuur 18. Effect van damp + depositie van 1 zwavelbehandeling van 8 uren op overleving en eileg *Amblyseius swirskii* per overlevend vrouwtje

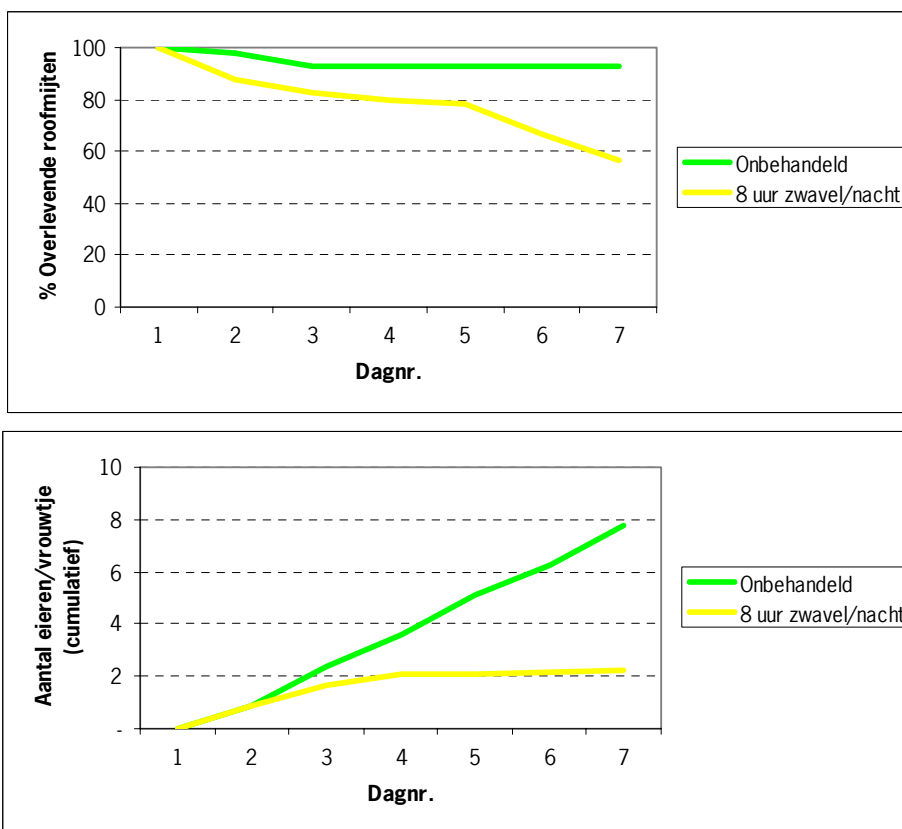
3 nachtbehandelingen van 8 uur zwavel





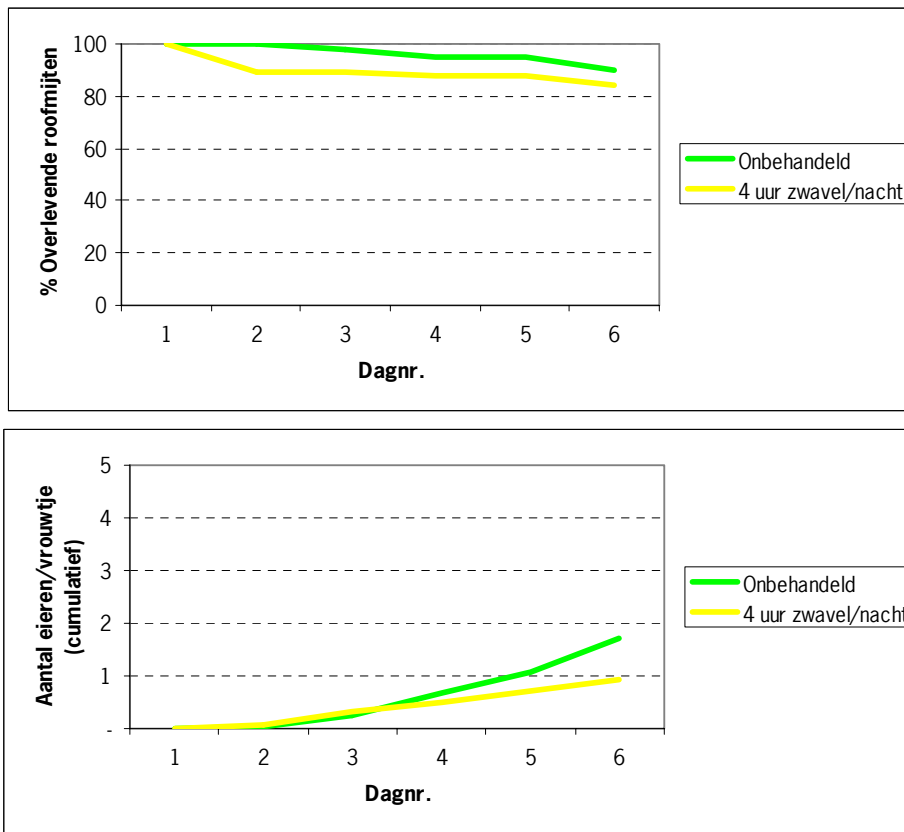
Figuur 19. Effect van damp + depositie van 3 zwavelbehandelingen van 8 uren op overleving en eileg *Amblyseius swirskii* per overlevend vrouwtje

6 nachtbehandelingen van 8 uur zwavel



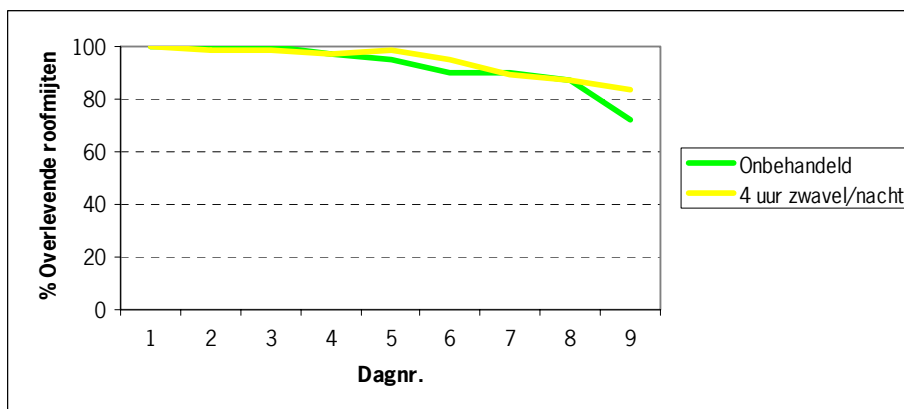
Figuur 20. Effect van damp + depositie van 6 zwavelbehandelingen van 8 uren op overleving en eileg *Amblyseius swirskii* per overlevend vrouwtje

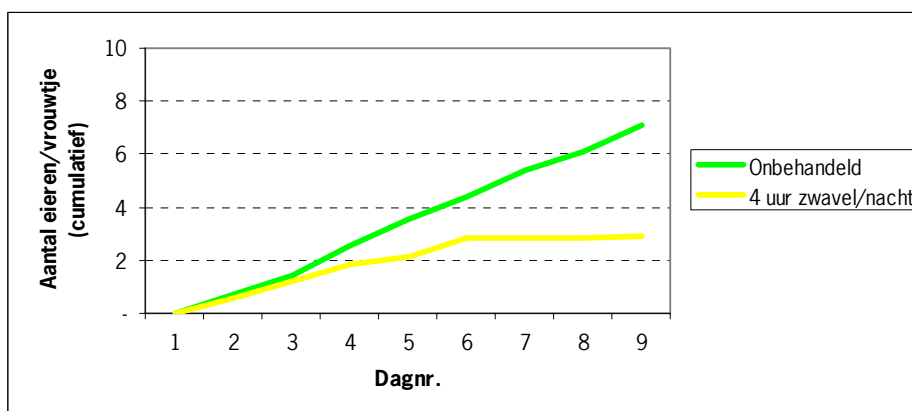
5 nachtbehandelingen van 4 uur zwavel



Figuur 21. Effect van damp + depositie van 5 zwavelbehandelingen van 4 uren op overleving en eileg *Amblyseius swirskii* per overlevend vrouwtje

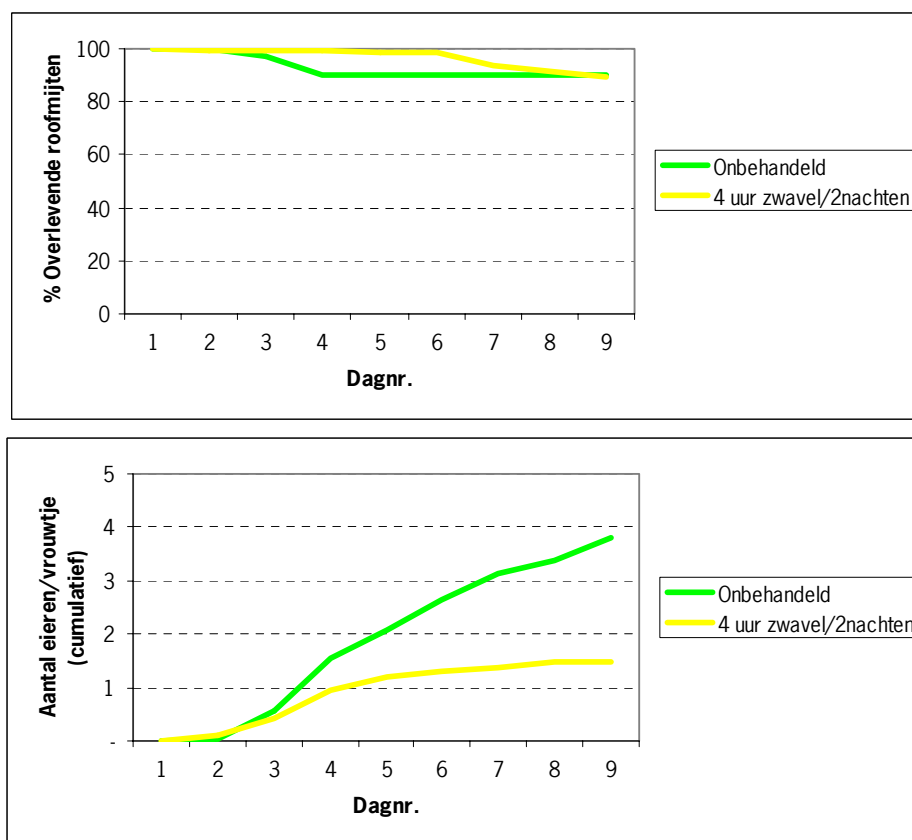
8 nachtbehandelingen van 4 uur zwavel





Figuur 22. Effect van damp + depositie van 8 zwavelbehandelingen van 4 uren op overleving en eileg *Amblyseius swirskii* per overlevend vrouwtje

4 nachtbehandelingen van 4 uur zwavel om de andere nacht



Figuur 23. Effect van damp + depositie van 4 zwavelbehandelingen van 4 uren om de nadere nacht op overleving en eileg *Amblyseius swirskii* per overlevend vrouwtje

5.3.4 Conclusies

- Zwavelen is acuut niet erg toxisch voor de roofmijt *Amblyseius swirskii*. Frequent zwavelen veroorzaakt enige doding, maar is vooral desastreus voor de eileg na 3 à 4 dagen.

6 Meting van zwaveldepositie bij telers

6.1.1 Inleiding

Zwavelmonsters werden genomen bij commerciële bedrijven om deze te vergelijken met de zwaveldepositie gemeten in de proeven.

6.1.2 Materiaal en methode

Glazen petrischalen werden neergelegd bij 5 telers op 4 afstanden van de zwavelpot (Tabel 7). De neergeslagen zwavel werd gedurende 3 dagen opgevangen en vervolgens geanalyseerd.

6.1.3 Resultaten

Tabel 7: Zwaveldepositie op petrischalen

Gewas	1 zwavelverdamp(er) per	Aantal uren/nacht	Aantal nachten	Afstand zwavelpot	Zwaveldepositie mg/m ²	Zwaveldepositie per nacht mg/m ²
gerbera	500 m ²	8	3	1m	9,5	3,2
				3m	7,3	2,4
				7m	9,6	3,2
				10m	10,1	3,4
gerbera	400 m ²	9	3	1m	10,7	3,6
				3m	5,6	1,9
				7m	8,5	2,8
				10m	5,9	2,0
gerbera	1000 m ²	8	3	1m	3,5	1,2
				3m	9,8	3,3
				7m	5,6	1,9
				10m	5,6	1,9
roos	50 m ²	8	3	1m	10,5	3,5
				3m	6,9	2,3
				7m	8,0	2,7
				10m	11,4	3,8
roos	100 m ²	8	3	1m	9,2	3,1
				3m	8,3	2,8
				7m	7,6	2,5
				10m	5,5	1,8

6.1.4 Conclusies

Een nacht zwavelen leverde een depositie op van 1,2 à 3,6 mg per m². Op praktijkbedrijven vallen de metingen hoger uit dan in kleine proefkassen (0,56 à 2 mg/m²/nacht). Opvallend is dat de gemeten depositie niet gecorreleerd is met het aantal zwavelverdamper/ha. Dit vraagt nader onderzoek.

7 Algemene conclusies

- Het grootschalige gebruik van zwavel dat in de sierteelt wordt toegepast is nadelig voor de geïntegreerde bestrijding in de sierteelt.
- Volwassen *Encarsia formosa* en larven van *Feltiella acarisuga* zijn gevoelig voor zwaveldepositie. In kassen waar zwavel wordt gebruikt leggen galmuggen weinig eieren.
- Roofmijten zijn wat minder gevoelig voor zwavel. Eenmalig zwavel verdampen heeft een matig effect, waarvan de roofmijtpopulatie vermoedelijk snel herstelt. Voortzetting van het zwavelen gaf echter al na 3 dagen een desastreuze afname van de ei-leg bij *Amblyseius swirskii*. De afstand tot de zwavelpot was daarbij van weinig belang. Verkorting van de behandelduur (4 i.p.v. 8 uur per nacht; zwavelen om de andere nacht) bood geen soelaas.
- Zwaveldepositie heeft weinig of geen effect op *A. swirskii*.

Advies

Met het oog op biologische plaagbestrijding heeft een bestrijdingsstrategie tegen meeldauw zonder zwavel de voorkeur. Middelen zoals o.a. dodemorf (Meltatox), triflumizool (Rocket), penconazool (Topaz) en bitertanol (Baycor) komen in aanmerking.

Onderwerpen die voor verder onderzoek in aanmerking komen zijn:

- = testen 1x per week zwavelen op roofmijten
- = effect van zwavelbehandeling op predatie
- = effect op larven en protonimfen
- = luchtmonsters bij zwavelverdampen
- = vaststellen hoe lang en hoe vaak zwavel moet minimaal worden verdampt voor een effectieve meeldauwbestrijding bij licht en zwaar gevoelige rassen.
- = verschillen roofmijtsoorten in zwavelgevoeligheid?
- = kunnen roofmijten aan zwavelbehandelingen wennen?

Literatuur

Hanna R., Zalom F.G., Wilson L.T., Leavitt G.M., 1997. Sulfur can suppress mite predators in vineyards. California Agriculture, vol. 51 (1).

Hassan S.A. *et al.*, 1994. Results of the 6th joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS- working group "Pesticides and beneficials Organisms". Entomophaga 39 (1): 107-119.

Kerssies A., Ramakers P., Van der Staay M. & Van Slooten M., 1997. Effect van zwavel op echte meeldauwschimmels en op *Amblyseius degenerans* in vruchtgroenten-gewassen. Project in opdracht van de sectorwerkgroep MJPG Glastuinbouw. Project: 003-1634. 27 pp.

Roermund, H.J.W. , 1995. Understanding biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa*. From individual behaviour to population dynamics. Thesis Landbouwniversiteit Wageningen.

James D.G, 2004, Beneficial arthropods in washington hop yards: screening the impact of pesticides on survival and function. Final Report for Washington State Commission for Pesticide Registration.