



Verbeterde spintbestrijding door inductie van plantweerberaarheid in komkommer

Gerben J. Messelink, Eric de Groot en Renata van Holstein-Saj



© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

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

Wageningen UR Glastuinbouw

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

Inhoudsopgave

Samenvatting		5
Inleiding		7
1	Screening van weerstandsinducers	9
	1.1 Inleiding	9
	1.2 Materiaal en methoden	10
	1.3 Resultaten	12
	1.4 Discussie en conclusies	12
2	Evaluatie biologische spintbestrijding op geïnduceerde planten	13
	2.1 Inleiding	13
	2.2 Materiaal en methoden	13
	2.3 Resultaten	15
	2.4 Discussie en conclusies	18
3	Conclusies en aanbevelingen	19
4	Literatuur	21

Samenvatting

De biologische bestrijding van spint, *Tetranychus urticae*, gaat in komkommer niet altijd even gemakkelijk. Spint voelt zich uitstekend thuis op komkommer en kan zich razendsnel vermenigvuldigen. Biologische bestrijding gaat verreweg het beste met de spintspecialist *Phytoseiulus persimilis*, maar het is dan wel zaak om haarden snel te signaleren en de roofmijten op tijd in te zetten. Regelmatig gaat de bestrijding niet goed, omdat de spint zich al te ver heeft ontwikkeld en de roofmijten er te traag achteraan hobbelen. In het spintonderzoek dat wordt beschreven in dit rapport, hebben we gekeken of het mogelijk is de snelle spintontwikkeling wat te remmen, om daarmee de bestrijding met roofmijten te verbeteren. In eerste instantie zijn allerlei biotische en abiotische middelen gescreend om te kijken of ze een resistentie-effect kunnen induceren. Bij zowel een meeldauwtolerant cultivar (Shakira) als een gangbaar cultivar (Sheila) waren effecten zichtbaar, hoewel niet significant. Een vervolgstap was om met de beste middelen te combineren met inzet van roofmijten. Bij een voorjaarsteelt van komkommer bleek dat behandeling van jonge planten met plantenextracten, harpine-eiwitten of resistentie-inducerende bacteriën, een sterkere onderdrukking van spint met roofmijten gaf ten opzichte van onbehandelde planten. Kort na het aanbrengen van spint werd plantmateriaal gefixeerd in vloeibare stikstof voor een metaboliëtenanalyse. Daaruit kwam naar voren dat de metaboliëten die behoren tot de flavonoïden het sterkst gecorreleerd zijn met een goede spintbestrijding. De resultaten kunnen aanleiding zijn om planten al bij de plantenkweker te behandelen waardoor ze tijdens de teelt weerbaarder zijn tegen spint. Dit fenomeen vraagt nog wel om een grondige evaluatie op praktijkschaal.

Inleiding

Bonenspint, *Tetranychus urticae*, komt algemeen voor als plaag in de glastuinbouw en geeft ook in de teelt van komkommer regelmatig problemen. Chemische bestrijding is vaak onvoldoende effectief doordat de spintmijten resistent worden tegen het beperkte aantal acariciden dat beschikbaar is. De biologische bestrijding van spint werkt in principe goed, maar door te late signalering schiet het soms tekort. Bovendien is het vrij kostbaar. Er is dus behoefte om de spintbestrijding effectiever en goedkoper te maken. Recent is door Wageningen UR Glastuinbouw de merkwaardige ontdekking gedaan dat planten die licht besmet waren met kaswittevlies de ontwikkeling van spint aanzienlijk kunnen remmen (Messelink *et al.*, 2009). Deze remming bleek vervolgens de biologische bestrijding met roofmijten 10x zo effectief te maken. Een mogelijke verklaring is dat wanneer witte vlieg de plant aanprikt, de plant hierop reageert door bepaalde afweerstoffen aan te maken. Dit wordt ook wel geïnduceerde resistentie genoemd. Het is nog niet duidelijk of ditzelfde mechanisme op een toepasbare manier benut kan worden om daarmee de biologische bestrijding van spint te verbeteren. Verder is onduidelijk of deze effecten afhankelijk zijn van het type cultivar en de daaraan gekoppelde genetische basis van het plantmateriaal. Het doel van dit project was om een methode te ontwikkelen om geïnduceerde resistentie tegen spint praktisch toepasbaar te maken.

1 Screening van weerstandsinducers

1.1 Inleiding

Bij geïnduceerde resistentie zijn signaalstoffen betrokken die de plant ertoe aanzetten om secundaire metabolieten (zoals “defensieve eiwitten”) te maken, die effect hebben op plaagorganismen. In eerder onderzoek (Messelink *et al.*, 2009) vonden we dat spint zich veel slechter op komkommer ontwikkelde wanneer de planten van te voren besmet waren met kaswittevlies. Dit effect bleek systemisch te werken en kan dus betiteld worden als “geïnduceerde resistentie”. In dit vervolgonderzoek is een aantal middelen, zogenoemde “inducers”, geselecteerd dat mogelijk op vergelijkbare wijze resistentie tegen spint kan induceren. Bij elk van deze inducers is in eerder onderzoek een systemische plantreactie waargenomen, en bij een deel is ook een effect op plagen waargenomen (Tabel 1.) De geselecteerde inducers zijn getest op 2 cultivars van komkommer die verschillen in vatbaarheid voor meeldauw, om daarmee de genetische basis van het plantmateriaal te variëren.

Tabel 1. Geselecteerde “inducers” waarbij systemische geïnduceerde effecten in planten zijn waargenomen.

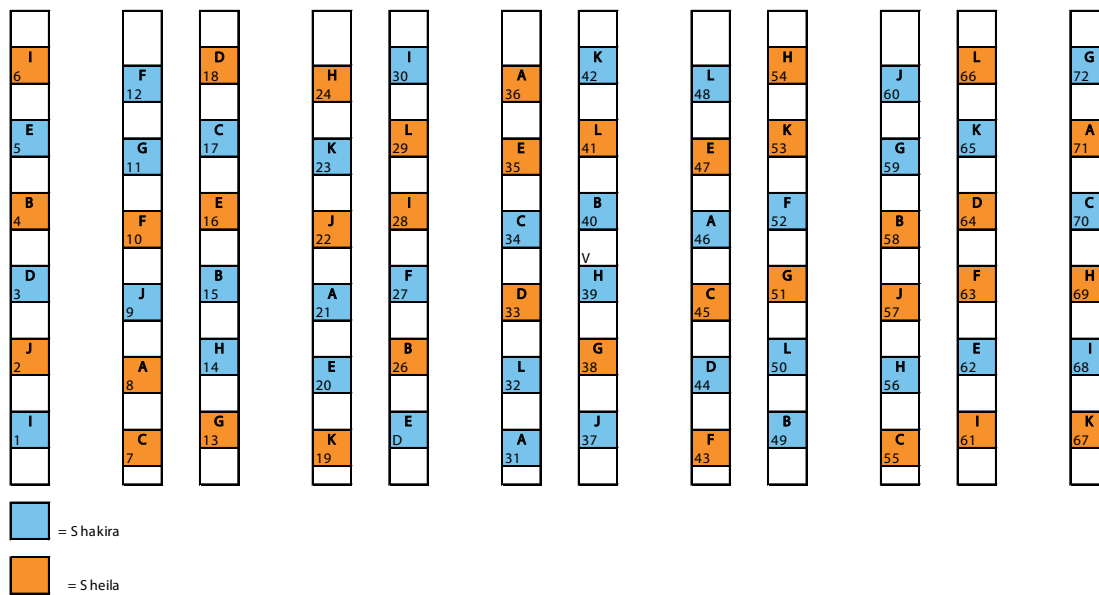
inducers	Waargenomen effect	Bron
PGPB's (plant growth promoting bacteria)	Planten waren minder vatbaar voor de komkommerkever, <i>Diabrotica undecimpunctata</i> .	Zehnder <i>et al.</i> , 1997
	Remming van groei en ontwikkeling van rupsen op model-plant <i>Arabidopsis</i> .	Van Oosten <i>et al.</i> , 2008
<i>Trichoderma harzianum</i>	Plant reageert met aanmaak van signaalstoffen die betrokken zijn bij geïnduceerde resistentie. Effecten op plagen zijn niet bekend.	Van Wees <i>et al.</i> , 2008
Plantextracten	Plant reageert met aanmaak van signaalstoffen die betrokken zijn bij geïnduceerde resistentie. Effecten op plagen zijn niet bekend.	Von Rad <i>et al.</i> , 2005
Harpine eiwitten (stabiele eiwitten uit bacteriën)	Plant reageert met aanmaak van signaalstoffen die betrokken zijn bij geïnduceerde resistentie. In tomaat was er géén effect op bladluis.	Boughton <i>et al.</i> , 2006
Chitosan (afbraakproduct van natuurproduct chitine)	Induceert resistentie in tomaat. Effect op plagen niet bekend.	Amini, 2009
BTH (syntetische equivalent van Jasmonzuur)	Verminderde vraat van tripsen en rupsen op tomaat. Een lichte toename in groei van spint.	Thaler <i>et al.</i> , 2002
	Verminderde eileg, vertraagde groei en meer sterfte bij tabakswittevlies op komkommer.	Correa <i>et al.</i> , 2005
BABA (synthetische inducer)	Meer sterfte van bladluis op boon.	Hodge <i>et al.</i> , 2005
	Remming van groei en ontwikkeling van rupsen op kool.	Hodge <i>et al.</i> , 2006
Laminarine (Lipopolysaccharide uit zeewier)	Aanschakeling van resistentiegenen in tomaat aangetoond. Effecten op plagen onbekend.	Desender <i>et al.</i> , 2006
Witte vliegen	Negatief effect op spint in komkommer.	Messelink <i>et al.</i> , 2009
	Positief effect op spint in boon.	Zhang <i>et al.</i> , 2009
UV-C (ultraviolet licht, 200-280 nm)	Induceert resistentie in tomaat. Effect op plagen niet bekend.	Charles <i>et al.</i> , 2009

1.2 Materiaal en methoden

De geselecteerde inducers van Tabel 1. zijn getest op jonge komkommerplanten van het cultivar Shakira (Enza, meeldauw-tollerant) en Sheila (Nunhems). De planten werden pesticidenvrij opgekweekt bij Wageningen UR Glastuinbouw. De proef is uitgevoerd in oktober 2009. Gedurende de eerste 3 weken werden de volgende behandelingen uitgevoerd:

Behandeling	bron	toediening	dosering
A	controle (waterbespuiting)	demiwater	bladbespuiting 40 ml/plant
B	PGPB1, <i>Pseudomonas fluorescens</i> sp. proradix	Sourcon Padena/Koppert	plantvoet aangieten $3.5 \cdot 10^5$ sporen/plant
C	PGPB2, <i>Pseudomonas fluorescens</i> WCS417	Universiteit van Utrecht	plantvoet aangieten $5 \cdot 10^7$ sporen/plant
D	Trianium-P®, <i>Trichoderma harzianum</i> strain T-22	Koppert	plant voet aangieten $3 \cdot 10^7$ sporen/plant
E	Pre-Tect®, bladbemester + Harpine-eiwit	Plant Health Care	bladbespuiting 5% oplossing 40 ml/plant
F	Vital®, vetzuren, plantenextracten en sporenelementen	Ecostyle	bladbespuiting 1%-oplossing 40 ml/plant
G	Chitosan	Sigma-Aldrich	bladbespuiting 20µg/plant, in 40 ml/plant
H	BTH, syntetisch equivalent van SA	Syngenta	bladbespuiting 0.125g/plant, In 40 ml/plant
I	Vacciplant®, laminarine	Goëmar	bladbespuiting 0.25% 40 ml/plant
J	BABA	Sigma-Aldrich	plantvoet aangieten 2.5g/plant, In 25 ml/plant
K	kaswittevlieg	WUR Glastuinbouw	2 bladkooitjes op het derde blad 10 adulten/blad voor 1 week
L	UV-C-behandeling (265 nm)	Clean Light	Handheld apparaat 100 mW/cm ² per plant

In totaal zijn 72 planten verdeeld over 12 rijen in een kasafdeling van 98 m², waar de planten verder als hogedraadteelt werden geteeld (Figuur 1.). Iedere plant werd afzonderlijk op één mat geplaatst (Figuur 2.). Een week na het toedienen van de middelen (planten van 4 weken oud) werden op 2 nieuwe bladeren 20 spintvrouwjes/blad uitgezet. Weer twee weken later hebben we de met spint behandelde bladeren geplukt en onder een binoculair in het laboratorium beoordeeld door alle aanwezige mobiele spintstadia en spinteieren te tellen. De gemiddelde kastemperatuur tijdens de proef was 22.1 °C en de gemiddelde luchtvochtigheid 67%. De data werden statistisch verwerkt met ANOVA na een logtransformatie van de dichtheden van spint.



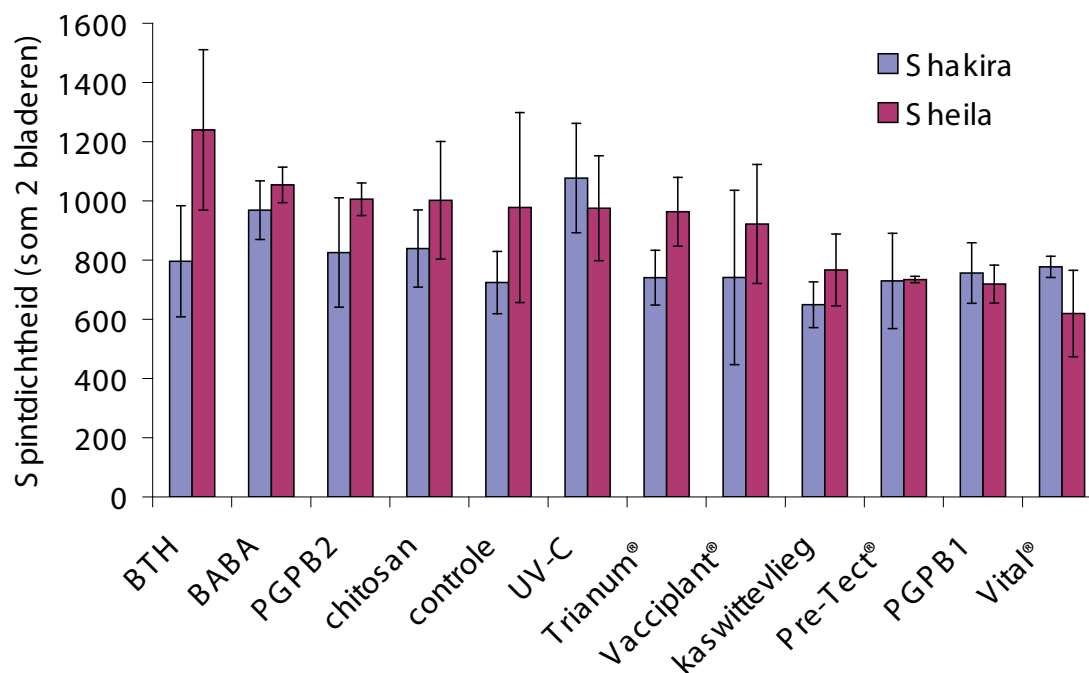
Figuur 1. Schematische weergave van verdelingen van behandelingen in de kas.



Figuur 2. Aangieten van jonge planten met een *Pseudomonas*-bacteriesuspensie.

1.3 Resultaten

De gemeten spintdichtheden verschillen statistisch niet significant tussen de behandelingen. Er lijkt wel een trend aanwezig te zijn dat bij Sheila de behandelingen kaswittevlieg, Pre-tect®, PGPB1 en Vital®, een iets lagere dichtheid van spint gaven en dat bij BTH de spintdichtheden juist iets hoger lagen. Bij Shakira is er géén duidelijke trend te bespeuren, behalve dat bij UV-C de spintdichtheid iets hoger lijkt te liggen. Over het algemeen zijn de spintdichtheden iets lager bij Shakira, dan bij Sheila, maar ook dit verschil was niet significant.



Figuur 3. Gemiddelde spintdichtheden ($\pm se$) per 2 bladeren bij 12 behandelingen op 2 komkommerscultivars.

1.4 Discussie en conclusies

Doordat de behandelingen onderling niet significant verschillen, kunnen géén duidelijke uitspraken worden gedaan over de effecten van de toegediende weerstandsinducers. Om budgettaire redenen is besloten het aantal herhalingen per cultivar-gewas-combinatie te beperken tot 3. Door de variatie in spintontwikkeling en de minimale verschillen tussen behandelingen, is het waarschijnlijk alleen mogelijk bij het voldoende herhalingen duidelijke effecten te vinden. De resultaten komen overeen met eerder proeven, waar kaswittevlieg ook slechts 20% remming in de spintontwikkeling gaf. Dit bleek wel grote gevolgen te hebben voor de spintbestrijding met roofmijten (Messelink *et al.*, 2009). In het volgende hoofdstuk hebben we de effecten van een aantal van deze geteste inducers gemeten in combinatie met uitzet van roofmijten.

2 Evaluatie biologische spintbestrijding op geïnduceerde planten

2.1 Inleiding

Op basis van de screening van de eerste proef zijn de inducers Pre-tect®, PGPB1 en Vital® geselecteerd om te testen in combinatie met de spintroofmijt *Phytoseiulus persimilis*. De bacterie PGPB1 is nu in een hogere dosering getest. Verder is het middel kaliumfosfiet als behandeling toegevoegd, omdat recent is gevonden dat dit middel een sterke mate van resistentie tegen meeldauw kan induceren (Hofland-Zijlstra, 2009). Bovendien is er een licht systemisch effect op spint in tomaat gevonden (niet-gepubliceerde data). Kaswittevlug is als positieve controle meegenomen, vanwege de eerder gevonden effecten (Messelink *et al.*, 2008). De populatieontwikkeling van spint en spintroofmijten zijn gedurende één teeltseizoen in het voorjaar-zomer van 2010 gevolgd.

2.2 Materiaal en methoden

De effecten van inducers op de biologische bestrijding van spint werd uitgevoerd op het meeldauwtolerante cultivar Shakira. De planten werden pesticidenvrij opgekweekt bij Wageningen UR Glastuinbouw. De proef is uitgevoerd van mei tot en met juli 2010. De volgende 6 behandelingen werden in 12 herhalingen uitgevoerd:

Behandeling		bron	toediening	dosering
A	controle	nvt	nvt	nvt
B	PGPB1, <i>Pseudomonas fluorescens</i> sp. proradix	Sourcon Padena/Koppert	3x plantvoet aangieten	3.5 * 10 ⁹ /plant/keer
C	Pre-Tect®, bladbemester + Harpine-eiwit	Plant Health Care	2x bladbespuiting	5% oplossing 1x 60 ml en 1x 80 ml per plant
D	Vital®, vetzuren, plantenextracten en sporenelementen	Ecostyle	2x bladbespuiting	1% oplossing 1x 60 ml en 1x 80 ml per plant
E	kaswittevlug	WUR Glastuinbouw	Plant in kooi met wittevlug	20 adulten/plant voor 5 dagen
F	Fy-taal®, Kaliumfosfiet	Biron	2x plantvoet aangieten	0.5% oplossing 25 ml/plant/keer

In totaal zijn de 72 planten verdeeld over 12 rijen in een kasafdeling van 98 m², waar de planten verder als hogedraadteelt werden geteeld (Figuur 4.). Net als bij de eerste proef werd iedere plant afzonderlijk op een steenwolmat van 1 m geplaatst. De bacteriesuspensie werd al toegediend in de opkweekfase één week na het zaaien. Deze aangietbehandeling werd na 2 en 4 weken herhaald. De spuitbehandelingen werden 2x uitgevoerd, 1x op planten van 3 weken oud, waarbij de onderste 3 bladeren werden gespoten, en 1x op planten van 6 weken oud, waarbij de onderste 7 bladeren werden gespoten. Kaswittevlug werd toegediend door planten van 3 weken oud 5 dagen bloot te stellen aan 20 volwassen kaswittevliegen in afzonderlijke insectenkooien (Figuur 5.). Voordat de planten in de kas werden geplaatst, zijn alle volwassen wittevliegen van de planten verwijderd. Deze blootstelling resulteerde gemiddeld in 400 wittevlieglarven per plant. Weer 2 weken later werden alle bladeren met wittevlieglarven van de planten verwijderd, om uitvlug van een tweede generatie te voorkomen. De planten waren 5 weken oud toen spint werd geïntroduceerd. Dit was 2 dagen na de tweede toediening van de spuitbehandelingen. Spint werd uitgezet op 5 aaneensluitende bladeren die niet direct waren blootgesteld aan de spuitmiddelen. Per blad zijn 20 spintvrouwtjes van dezelfde leeftijd uitgezet, die van te voren op komkommerblad waren gekweekt (Figuur 6.). Na één week werd van iedere plant het onderste blad met spint geplukt en beoordeeld onder een binoculair in het laboratorium. Op de overige 4 bladeren werden 4 verse vrouwtjes van *P. persimilis* per blad uitgezet.

De dichtheden van roofmijten en spint werden vervolgens wekelijks beoordeeld door iedere week 1 blad te plukken. Vijf dagen na de eerste spintintroductie werd in de top van de plant bladmateriaal gefixeerd in vloeibare stiftstof voor een latere metabolietenanalyse met LC-MS apparatuur (Liquid Chromatography – Mass Spectrometry). Deze methode wordt beschreven door de Vos *et al.* (2007).

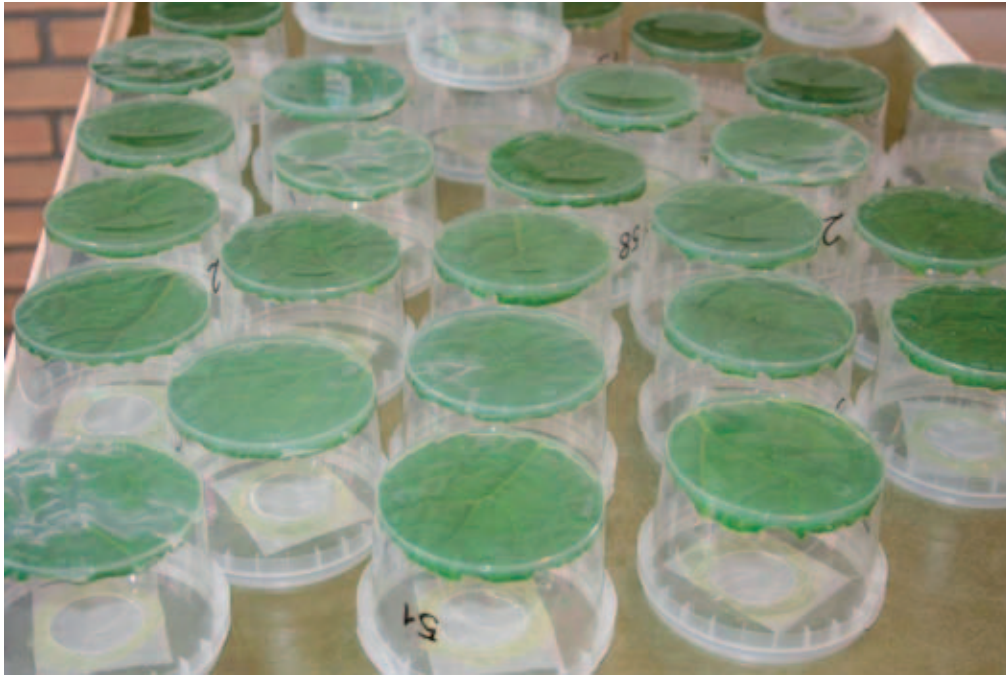
De gemiddelde kastemperatuur tijdens de proef was 25.5 °C en de gemiddelde luchtvochtigheid 60%. De data werden statistisch verwerkt met een repeated measures ANOVA na een logtransformatie van de dichtheden van spint en roofmijten. Komkommervruchten werden geoogst zodra deze oogstrijp waren. Het aantal geproduceerde vruchten werd per plant bijgehouden.



Figuur 4. Planten tijdens de beginfase van de kasproef.



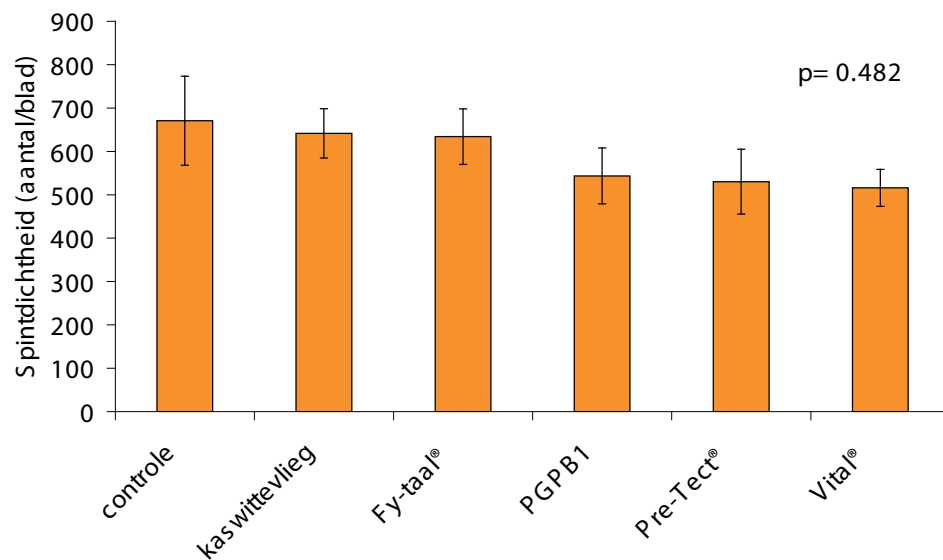
Figuur 5. Besmetting van planten met kaswittevlies in kooien.



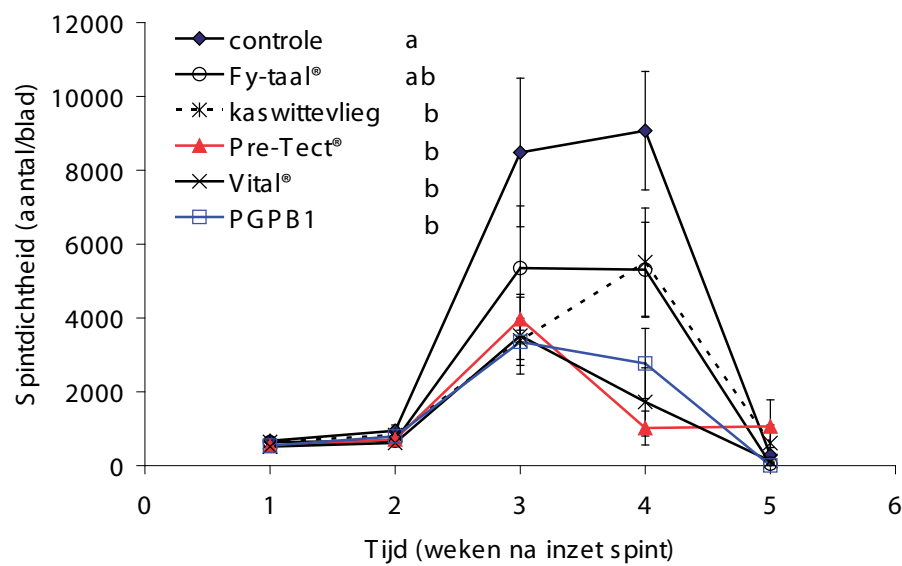
Figuur 6. Kweekbakjes met komkommerblad voor de productie van spintvrouwtjes van dezelfde leeftijd.

2.3 Resultaten

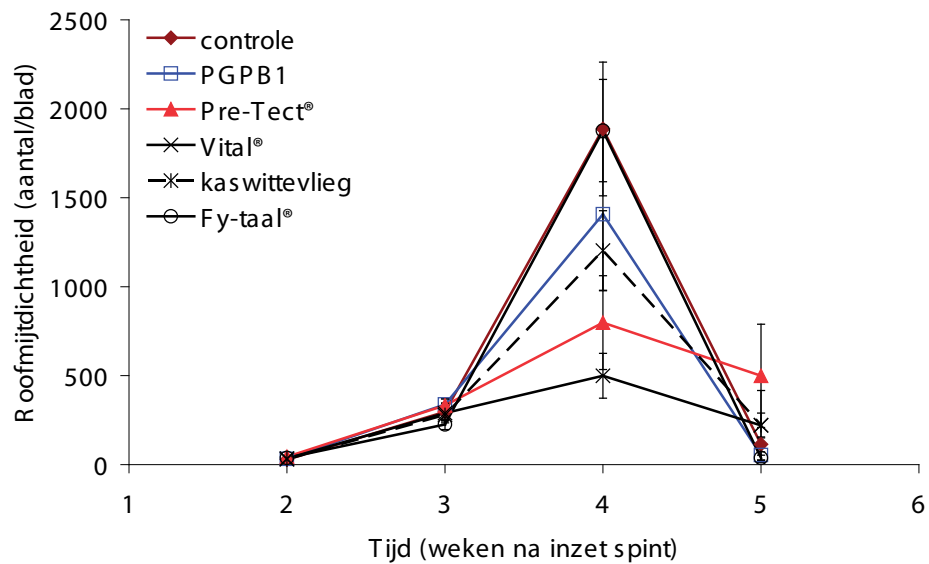
Eén week na het aanbrengen van spint, waren er nog geen significante verschillen in spintdichtheden tussen de behandelingen (Figuur 7.). Wel lijkt er een trend aanwezig dat bij PGPB1, Pre-tect® en Vital® de spintdichtheden iets lager liggen ten opzichte van de onbehandelde controle. Echter, na toevoeging van roofmijten werden de verschillen tussen de behandelingen zeer significant (Figuur 8.). Alle behandelingen, met uitzondering van Fy-taal, verschillen significant van de onbehandelde controle. De roofmijtdichtheden waren niet significant verschillend tussen de behandelingen (Figuur 9.). De hoeveelheid spint per roofmijt was zeer hoog bij de start in de eerste week, maar daalde snel naar veel lagere ratio's vanaf de tweede week (Figuur 10.). Tijdens de looptijd van de proef waren er géén significante verschillen in komkommerproductie tussen de behandelingen. De planten produceerden gemiddeld 17 vruchten per plant. De LC-MS analyses lieten zien dat tenminste 20 centrotypen (metabolieten + afgeleiden daarvan) sterk gecorreleerd zijn met lagere spintdichtheden. Hoe meer van deze stoffen aanwezig waren, hoe lager de spintdichtheden. De metabolieten behoren vooral tot de flavonoiden. Deze stoffen bleken niet specifiek met één bepaalde behandeling te zijn gecorreleerd, wat duidt op een algemeen resistentiemechanisme.



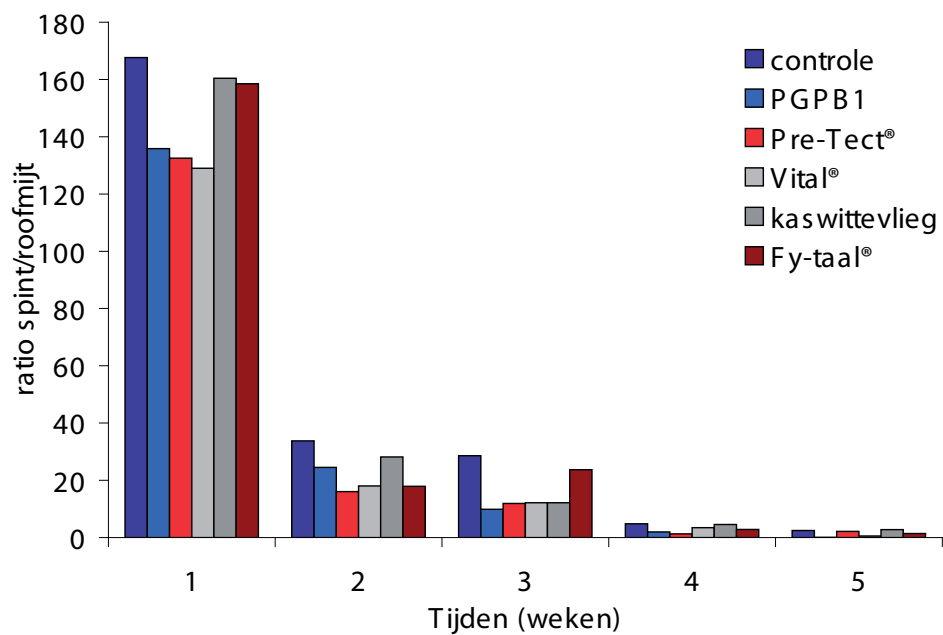
Figuur 7. Gemiddelde ($\pm$ se) spindichtheid (mobiele stadia + eieren) bij 6 behandelingen één week na toepassing (zonder toevoeging van roofmijten).



Figuur 8. Gemiddelde ($\pm$ se) spindichtheid (mobiele stadia + eieren) bij 6 behandelingen gedurende 5 weken na de spintintproductie. Roofmijten werden na de eerste week toegediend.



Figuur 9. Gemiddelde ($\pm$ se) roofmijtdichtheid (mobiele stadia + eieren) bij 6 behandelingen gedurende 4 weken na introductie in week 1.



Figuur 10. Aantal spintstada ten opzichte van het aantal roofmijtenstada tijdens de 5 weken na inzet van spint. De eerste ratio is gebaseerd op de eerste spintteling + inzet van 4 roofmijten per blad (spintdichtheid/4) en in de daarop volgende weken op tellingen van alle stadia van spint en roofmijten.

2.4 Discussie en conclusies

De resultaten laten zien dat een lichte remming in de populatiegroei van spint leidt tot een verbeterde biologische bestrijding. Weerstandsinducers kunnen dus de biologische bestrijding effectiever laten verlopen. Spint bereikte op deze planten beduidend minder hoge dichtheden. In de praktijk betekent dit dat de kans op verspreiding van spint waarschijnlijk vermindert. De verminderde toename van spint resulteerde niet in een snellere bestrijding van spint. Uiteindelijk werd in alle behandelingen spint volledig door de roofmijten bestreden. Mogelijk zorgt een opeenhoping van secundaire plantenmetabolieten in de spint ervoor dat de roofmijten minder spint gaan vreten, waardoor de spint niet sneller onder controle komt. Een andere verklaring is dat veel roofmijten bij te lage ratio's spint/roofmijten het blad zullen verlaten om op zoek te gaan naar nieuwe spintharden. Over de hele proefperiode gemeten, bleken de behandelingen géén significant effect te hebben op de populatiegroei van de roofmijten.

De aanmaak van afweerstoffen kost de plant energie en zou in theorie tot een lagere komkommerproductie kunnen leiden. In onze proef vonden we echter géén effect van de inducers op productie (in aanwezigheid van spint). Dit kan erop wijzen dat de planten "geprimed" waren, wat betekent dat de planten pas extra afweerstoffen gaan aanmaken op het moment dat dat nodig is (Conrath *et al.*, 2006).

3 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek geven aan dat het goed mogelijk is om de biologische bestrijding van spint te verbeteren door inzet van weerstandsinducers. De beste resultaten werden behaald met bespuitingen van jonge planten met plantenextracten of harpine-eiwitten of door plantwortels aan te gieten met resistentie-inducerende bacteriën. De resultaten bieden perspectief om komkommerplanten al in de opkweekfase te behandelen, waardoor ze later in de teelt beter beschermd zijn tegen spint. Het is aan te raden om dit proces van opkweek naar productiebedrijf verder te evalueren op praktijkschaal ondersteund met biotoetsen en plantweerstandsmetingen (bijv. flavonoïdegehaltes).

4 Literatuur

- Amini, J. 2009.
Induced Resistance in Tomato Plants Against Fusarium Wilt Invoked by Nonpathogenic Fusarium, Chitosan and Bion. *Plant Pathology Journal* 25:256-262.
- Boughton, A. J., K. Hoover, and G. W. Felton. 2006.
Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomatoplants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 120:175-188.
- Charles, M. T., K. Tano, A. Asselin, and J. Arul. 2009.
Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. V. Constitutive defence enzymes and inducible pathogenesis-related proteins. *Postharvest Biology and Technology* 51:414-424.
- Conrath, U., G. J. M. Beckers, V. Flors, P. Garcia-Agustin, G. Jakab, F. Mauch, M. A. Newman, C. M. J. Pieterse, B. Poinssot, M. J. Pozo, A. Pugin, U. Schaffrath, J. Ton, D. Wendehenne, L. Zimmerli, and B. Mauch-Mani. 2006.
Priming: Getting ready for battle. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19:1062-1071.
- Correa, R. S. B., J. C. Moraes, A. M. Auad, and G. A. Carvalho. 2005.
Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera : Aleyrodidae) biotype B. *Neotropical Entomology* 34:429-433.
- De Vos, R. C. H., S. Moco, A. Lommen, J. J. B. Keurentjes, R. J. Bino, and R. D. Hall. 2007.
Untargeted large-scale plant metabolomics using liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Nature Protocols* 2:778-791.
- Desender, S., O. Klarzynski, P. Potin, M. R. Barzic, D. Andrivon, and F. Val. 2006.
Lipopolysaccharides of *Pectobacterium atrosepticum* and *Pseudomonas corrugata* induce different defence response patterns in tobacco, tomato, and potato. *Plant Biology* 8:636-645.
- Hodge, S., G. A. Thompson, and G. Powell. 2005.
Application of DL-beta-aminobutyric acid (BABA) as a root drench to legumes inhibits the growth and reproduction of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera : Aphididae). *Bulletin of Entomological Research* 95:449-455.
- Hodge, S., T. W. Pope, M. Holaschke, and G. Powell. 2006.
The effect of beta-aminobutyric acid on the growth of herbivorous insects feeding on Brassicaceae. *Annals of Applied Biology* 148:223-229.
- Hofland-Zijlstra, J.D. 2009.
Kaliumfosfiet maakt Impatiens weerbaar tegen valse meeldauw. *Gewasnieuws Potplanten* 12, p.1.
- Messelink, G.J.; R. van Holstein-Saj en E.B. de Groot. 2009.
Spint in komkommer. Rapport 229, Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.
- Thaler, J. S., R. Karban, D. E. Ullman, K. Boege, and R. M. Bostock. 2002.
Cross-talk between jasmonate and salicylate plant defense pathways: effects on several plant parasites. *Oecologia* 131:227-235.
- Van Oosten, V. R., N. Bodenhausen, P. Reymond, J. A. Van Pelt, L. C. Van Loon, M. Dicke, and C. M. J. Pieterse. 2008.
Differential effectiveness of microbially induced resistance against herbivorous insects in *Arabidopsis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 21:919-930.
- Van Wees, S. C. M., S. Van der Ent, and C. M. J. Pieterse. 2008.
Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Current Opinion in Plant Biology* 11:443-448.
- Von Rad, U., M. J. Mueller, and J. Durner. 2005. Evaluation of natural and synthetic stimulants of plant immunity by microarray technology. *New Phytologist* 165:191-202.
- Zehnder, G., J. Kloepper, C. B. Yao, and G. Wei. 1997.
Induction of systemic resistance in cucumber against cucumber beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) by plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of Economic Entomology* 90:391-396.
- Zhang, P. J., S. J. Zheng, J. J. A. van Loon, W. Boland, A. David, R. Mumm, and M. Dicke. 2009.
Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:21202-21207.

