



# De invloed van de UV doorlatendheid van het kasdek materiaal op plaaginsecten en gewas

Additionele voordelen van energiebesparende kasdekmaterialen

Silke Hemming, Erik van Os  
Willem Jan de Kogel, Peter van Deventer, Gerrie Wieggers  
Eefje den Belder, Janneke Elderson, Kees Booij, Wim van den Brink





# De invloed van de UV doorlatendheid van het kasdek materiaal op plaaginsecten en gewas

Additionele voordelen van energiebesparende kasdekmaterialen

Silke Hemming, Erik van Os  
Willem Jan de Kogel, Peter van Deventer, Gerrie Wieggers  
Eefje den Belder, Janneke Elderson, Kees Booij, Wim van den Brink

© 2006 Wageningen, Plant Research International B.V.

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 Plant Research International B.V.

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.

## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 00  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.pri.wur.nl](http://www.pri.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
1.1 Probleemstelling	3
1.2 Doelstelling	3
2. Literatuurstudie	5
2.1 Reactie van gewasbelagers en nuttige insecten op optische straling	5
2.1.1 Interpretatie en bruikbaarheid experimentele gegevens	5
2.1.2 Effect op plaaginsecten en virusoverdracht	6
2.1.3 Effect op natuurlijke vijanden	7
2.1.4 Effect op schimmels	7
2.1.5 Effect op bestuivers	7
2.2 Rol van verschillende lichtgolflengte gebieden op insecten	8
2.2.1 Plagen	8
2.2.2 Natuurlijke vijanden	10
2.2.3 Schimmels	11
2.2.4 Virussen	11
2.2.5 Bestuivers	11
3. Materiaal en Methoden	13
3.1 Proefkassen en inrichting	13
3.2 Kasdekmaterialen en transmissiemetingen	14
3.3 Experimenten	15
3.4 Monitoring kasklimaat	15
3.5 Waarnemingen gewas	15
3.6 Waarnemingen insecten	16
3.6.1 Bepaling populatiegroei van plaaginsecten onder verschillende kasdekmaterialen	17
3.6.2 Bepaling van de plantkwaliteit als voedselbron voor plaaginsecten.	19
4. Resultaten	21
4.1 Kasdekmaterialen	21
4.2 Kasklimaat	22
4.3 Gewasgroei	25
4.3.1 Resultaten	25
4.3.2 Conclusie gewasgroei	26
4.4 Plaaginsecten	29
4.4.1 Screening	29
4.4.2 Bepaling populatiegroei van plaaginsecten onder verschillende kasdekmaterialen	29
4.4.3 Bepaling van de plantkwaliteit als voedselbron voor plaaginsecten	32
4.4.4 Conclusie	34
4.4.5 Suggesties voor nader onderzoek	34

	pagina
5. Integrale beoordeling kasdekmaterialen met verschillende UV-doorlatendheid	35
5.1 Interactie UV en gewas	35
5.2 Interactie UV en insecten, schimmels, virussen en bestuivers	38
5.3 UV-doorlatendheid van kasdekmaterialen	39
5.4 Integrale beoordeling energiebesparende kasdekmaterialen	41
6. Conclusie	45
7. Literatuur	47
Bijlage I. Effect van licht op insectenplagen en hun natuurlijke vijanden	9 pp.
Bijlage II. Effect van UV-blokkerende bedekking op insectenplagen	9 pp.
Bijlage III. Effect van UV B via het gewas op gewasbelagers	3 pp.
Bijlage IV. Effect van licht op natuurlijke vijanden	1 p.
Bijlage V. Effect op schimmelziektes	1 p.
Bijlage VI. Meetdata Experiment 1 t/m 4	10 pp.

# Samenvatting

Nieuwe energiebesparende kasdekmaterialen hebben in vergelijking met glas een andere UV transmissie die invloed kan hebben op de groei van de planten, maar ook op die van plaaginsecten, schimmels, predatoren en bestuivende insecten. Het doel van dit onderzoek is om het integraal effect van een veranderd UV spectrum op teelten vast te stellen. Hierbij is het van belang om aan te tonen of bepaalde energiebesparende kasdekmaterialen additionele voordelen hebben voor de bestrijding van ziekten en plagen en vervolgens een snellere introductie zouden kunnen hebben.

In een literatuurstudie (hoofdstuk 2) is nagegaan wat de effecten zijn van UV straling en van andere delen van het stralingsspectrum op andere organismen in de kas. Vrijwel al het onderzoek wijst op een aanzienlijke afname van plaaginsecten (trips, wittevlies, bladluis, spintmijt, mineervlieg) bij toepassing van UV absorberende kasdekmaterialen. Hierdoor treden ook minder virusziekten op. Meestal wordt het vlieggedrag verstoord bij de afwezigheid van UV-A en wordt de kolonisatie bemoeilijkt. Insecten mijden UV-B omdat de waardplant verandert. Veel minder onderzoek is er gedaan naar natuurlijke vijanden. Toch valt te constateren dat hun gedrag overeenkomt met plaaginsecten. Onbekend is of hun effectiviteit als predator of parasiet wordt aangetast. Schimmels blijken UV licht nodig te hebben voor sporulatie; myceliumgroei wordt niet beïnvloed. Bestuivers (honnels, bijen) zijn voor een deel afhankelijk van UV licht voor hun oriëntatie, maar niet uitsluitend. Onderzoekresultaten lijken onderscheid te maken tussen aanvangsverliezen van een kolonie direct na plaatsen (ook bij gebruik van kunstlicht) en oriëntatieproblemen onder niet-UV-doorlatende kasdekken. Deze kasdekmaterialen worden niet aanbevolen voor gewassen die bestuivers nodig hebben.

Om het integrale effect van energiebesparende kasdekmaterialen met en zonder UV-doorlatendheid te bepalen zijn naast een literatuurstudie ook experimenten op semi-praktijkschaal onder Nederlandse stralingsomstandigheden uitgevoerd (hoofdstuk 3 en 4). Als voorbeeldgewas is chrysant gekozen, omdat het hierbij om een relatief snel groeiend gewas gaat met veel ziekteproblemen. De invloed van de verschillende kasdekmaterialen op plantengroei, trips, witte vlieg en bladluis werd in vier gewascycli gevolgd.

In alle experimenten vertoont snijchrysant 'Euro Pink' een snellere groei onder het niet-UV-doorlatend materiaal PC met langere internodieën (hoofdstuk 4.3). Er zijn geen verschillen ten aanzien van kwaliteitskenmerken zoals het drogestofgehalte te constateren. Van snijbloemen zoals chrysant wordt een snelle vegetatieve groei in een korte periode verwacht. Hiervoor is UV in de kas niet nodig. UV-blokkerende kasdekmaterialen zoals PC met gelijktijdig een zo hoog mogelijke PAR doorlatendheid bieden naar verwachting een meerwaarde voor de vegetatieve groeifase. Van potchrysant wordt daarentegen een compacte groei met korte internodieën verwacht. Hier bieden geheel of gedeeltelijk UV-doorlatende materialen wellicht een meerwaarde.

Experimenten met plaaginsecten wijzen er op dat de populatiegroei van insecten beïnvloedbaar is door gebruik te maken van andere kasdekmaterialen (hoofdstuk 4.4). De sterkste aanwijzing hiervoor werd gevonden voor de bladluis. In alle experimenten waren de aantallen bladluizen lager onder kasdek PC dan onder glas. Wat het mechanisme is dat de verschillen in populatiegroei van de insecten tussen de verschillende kastypen verklaart is voornamelijk niet helemaal duidelijk. Mogelijk spelen verschillen in lichtkwaliteit/kwantiteit, temperatuur en/of plantkwaliteit een rol. Aanvullend onderzoek is wenselijk.

In hoofdstuk 5 worden de voor- en nadelen van verschillende energiebesparende kasdekmaterialen met betrekking tot de verschillen in UV-doorlatendheid en de gevolgen hiervan integraal beoordeeld. Deze beoordeling wordt gerelateerd aan gewasgroepen, zodat duidelijk wordt voor welke producten een win-win situatie door het gebruik van een bepaald energiebesparend kasdek materiaal ontstaat. Dit hoofdstuk sluit af met een integrale beoordeling van de beschikbare kasdekmaterialen op de meest belangrijke criteria, zoals de totale lichtdoorlatendheid, de UV-doorlatendheid en het energiebesparend effect.

De keuze van het optimale kasdek materiaal voor een bepaalde gewasgroep moet vooral worden gemaakt op de parameters gewasproductie en kwaliteit. Daarnaast ontstaat een additioneel voordeel als dit gecombineerd kan worden met een reductie van plaaginsecten, schimmels of virussen, wat bijdraagt aan een gezonde gewasproductie en kwaliteit.

In deze studie kon worden aangetoond dat een reductie van plaaginsecten, schimmels of virussen kan worden bereikt door een niet-UV-doorlatend kasdek materiaal. Voor gewasgroepen waar een niet-UV-doorlatend kasdek materiaal voordelen biedt, ontstaat dan de gewenste win-win situatie. Niet-UV-doorlatende energiebesparende kasdek materialen zijn het meest geschikt voor bepaalde snijbloemen en voor schaduwminnende groene en bloeiende potplanten. Voor andere gewasgroepen kunnen ook voordelen worden behaald. Deze zijn naar verwachting echter minder, omdat of energiebesparing op grond van lagere teelttemperaturen minder voor de hand ligt of omdat het gewas geen voorkeur heeft voor een omgeving zonder UV.

Niet-UV-doorlatende energiebesparende kasdek materialen zijn bijvoorbeeld traditionele PC platen, die echter een lagere lichtdoorlatendheid hebben, de nieuwe PC ZigZag platen en niet-UV-doorlatende PMMA platen (PMMA-UV). Ook UV-blokkerende folies in een dubbele uitvoering zijn denkbaar.

In hoofdstuk 5 wordt ook aangegeven voor welke gewassen welke (energiebesparende) kasdek materialen de meeste voordelen bieden. Dit geeft leveranciers en tuinders een handvat om de juiste keuze te kunnen maken en zal in de toekomst het gebruik van de juiste energiebesparende kasdek materialen bevorderen.

# 1. Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Er zijn energiebesparende kasdekmaterialen op de markt die ook het aandeel UV-straling dat in de kas komt veranderen, vergeleken met tuinbouwglas. Dit heeft consequenties voor de groei van de planten onder deze materialen maar ook voor het gedrag van andere levende organismen zoals plaaginsecten, predatoren, schimmels, virussen en bestuivende insecten.

UV-straling beïnvloedt de groei van verschillende gewassen. Het is bekend dat de kleur van bloemen en groenten kan worden verbeterd en potplanten compacter blijven. Er zijn indicaties dat bijen en hommels een verminderd oriëntatievermogen hebben; maar ook dat ze zich aan kunnen passen aan de veranderde omstandigheden en dat de bestuiving voldoende is. Reductie van botrytis bij minder UV is al langer aangetoond, en ook de reductie van witte vlieg en trips en de daaraan verbonden reductie van virusoverdracht kon in experimenten gedemonstreerd worden. In onderzoek werd vastgesteld dat UV-blokkerende materialen plaaginsecten reduceren, omdat deze insecten hun oriëntatie verliezen. De inzet van chemische bestrijdingsmiddelen kan daardoor worden gereduceerd. Gelijktijdig raken mogelijk predatoren en parasieten minder geïrriteerd omdat ze zich meer door geurstoffen oriënteren dan door optische aspecten. Biologische bestrijding wordt daardoor mogelijk effectiever.

Verschiedende energiebesparende kasdekmaterialen veranderen het aandeel UV-straling in de kas. Platen bestaande uit Acryl (PMMA) zijn volledig doorlatend voor UV-straling, platen bestaande uit polycarbonaat (PC) zijn juist niet doorlatend voor UV-straling. Nieuwe materialen zoals de Zig-Zag plaat (PC) met gelijktijdig een hoge lichtdoorlatendheid, een hoge potentie voor energiebesparing en een positief effect op de hagelresistentie en het brandgedrag, zullen dus nog andere positieve eigenschappen kunnen hebben met betrekking tot de invloed op de reductie van ziektes en plagen in het gewas. In dit project wordt nagegaan welk kasdek materiaal voor welke gewasgroepen de meeste voordelen biedt en of gelijktijdig een reductie van plaaginsecten en virusverspreiding kan worden bereikt verbonden met een vermindering van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen ten gevolge.

## 1.2 Doelstelling

### *Technische doelstellingen*

Bepaling van het integraal effect op plantengroei en andere levende organismen in de kas van een veranderd UV-spectrum door energiebesparende kasdekmaterialen.

### *Energiedoelstellingen*

Met dit project wordt een twee keer snellere praktijkpenetratie van energiebesparende dekmaterialen beoogd. Als aangetoond welke energiebesparende kasdekmaterialen welke voordelen voor welke gewasgroepen hebben en of daaraan additionele voordelen voor de bestrijding van ziektes en plagen zijn verbonden, zullen tuinders eerder bereid zijn om deze energiebesparende maatregelen in te voeren.

Een energiebesparend materiaal bespaart op jaarbasis ongeveer 25% aan energie. Elk jaar wordt ca. 10-12% van de nieuwbouwkassen uitgerust met energiebesparende kasdekmaterialen. Dit betekent een areaal van 45-50 ha per jaar. Als dit met een factor twee verhoogd kan worden, worden per jaar ca. 100 ha kassen uitgerust met energiebesparende kasdekmaterialen. Bij een gemiddeld jaarlijks gasverbruik van 50 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> en een energiebesparing van 25% betekent dit, dat in 2010 37.5 mil. m<sup>3</sup> gas minder wordt gebruikt.

### *Nevendoelestellingen*

Door een mogelijk positief effect van energiebesparende kasdekmaterialen, die niet doorlatend zijn voor UV-straling, op de reductie van plaaginsecten en een reductie van de virusverspreiding, zijn minder chemische bestrijdingsmiddelen nodig.



In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek om bovenstaande doelstellingen te realiseren. Allereerst wordt verslag gedaan van een literatuurstudie naar uitgevoerd onderzoek op het gebied van kasdekmaterialen en de interactie met ziekten, plagen en bestuivende insecten. Vervolgens wordt verslag gedaan van experimentele proeven naar gedrag van insecten onder de kasdekmaterialen glas, PMMA (acryl) en PC (polycarbonaat) onder Nederlandse omstandigheden. Een integrale beoordeling van verschillende energiebesparende kasdekmaterialen sluit deze studie af.

## 2. Literatuurstudie

Het doel van de literatuurstudie is om informatie te verzamelen over:

- a. Effect UV-straling op andere levende organismen in de kas:  
De invloed van UV-straling onder energiebesparende kasdekmaterialen op plaaginsecten, predatoren, schimmels, virussen en bestuivende insecten zoals bijen en hommels en de mens wordt in kaart gebracht.
- b. Effect van andere delen van het stralingsspectrum op andere levende organismen in de kas:  
De invloed van gedeeltes van de PAR-straling (blauw, rood etc.) of nabij infrarode straling onder mogelijk nieuw te ontwikkelen kasdekmaterialen op plaaginsecten, predatoren, schimmels, virussen en bestuivende insecten en de mens wordt in kaart gebracht.

Hieronder wordt verslag gedaan van de conclusies uit het literatuuronderzoek. Gebruikte literatuur is weergegeven in de bijlagen en in de literatuurlijst.

### 2.1 Reactie van gewasbelagers en nuttige insecten op optische straling

De mate van aantasting in een gewas is een resultante van het aantal insecten dat de kas koloniseert, het aantal dat op het gewas landt en zich vervolgens daarop voedt en de mate van reproductie en overleving. Kolonisatie, landings- en wegvlieggedrag worden aangestuurd door oriëntatie van de volwassen insecten op onder andere geur en kleur maar smaak speelt natuurlijk ook een rol. De mate waarin kwalitatieve of kwantitatieve schade optreedt in het gewas is afhankelijk van zowel de aantasting door insecten en andere belagers, de reactie van de plant hierop en de groeiomstandigheden zoals bemesting, temperatuur en het licht regime. Omgevingsfactoren zoals optische straling hebben dus via een combinatie van reacties in zowel de gewasbelagers als via reacties in het gewas invloed op de beschadiging van het gewas.

Met betrekking tot optische straling zijn er bij alle insectensoorten golflengte gebieden die vlieggedrag stimuleren dan wel gebieden die landingsgedrag stimuleren. De respons kan van soort tot soort verschillen. Interessant is te zien dat een aantal voor kasgewassen belangrijke insectengroepen, zoals trips, bladluis en witte vlieg, vergelijkbaar zijn in hun reactie wat eventuele manipulatie vergemakkelijkt.

Omgevingsfactoren spelen een geheel andere rol bij het infectieproces van schimmels dan bij de ontwikkeling van insecten. Wel is, evenals bij insecten, de aantasting die uiteindelijk in het gewas ontstaat een resultante van het effect op de schimmel en een reactie van het gewas op die omgevingsfactor.

#### 2.1.1 Interpretatie en bruikbaarheid experimentele gegevens

Door de complexe interactie tussen kasmaterialen, optische straling, gewasbelager en gewasgroei zijn onderzoeksresultaten niet altijd eenduidig interpreteerbaar. Ook zijn resultaten niet altijd overdraagbaar op de Nederlandse omstandigheden. Aspecten die bij het literatuuronderzoek naar boven kwamen zijn:

1. Geteste materialen filteren vaak niet alleen een bepaald golflengtegebied uit maar veranderen meestal het gehele spectrum. Bijvoorbeeld insecten hebben sensoren voor meerdere golflengtegebieden zodat effecten niet eenduidig aan één golflengtegebied kunnen worden toegeschreven.
2. Dichtheden van insecten worden vaak indirect gemeten. De vangsten op vangplaten geven een combinatie van dichtheid en activiteit. Hoge vangsten kunnen dus wijzen op hoge dichtheden, maar ook op hoge activiteit of een combinatie daarvan. Lichtregimes kunnen dichtheden en activiteit echter onafhankelijk en tegengesteld beïnvloeden.
3. Vergelijkbare effecten op insectengedrag kunnen verschillend uitwerken op aantasting en de uiteindelijke schade. Bijvoorbeeld vliegstimulerende factoren kunnen zowel de kolonisatie en herverdeling in een kas bevorderen (resultierend in toename aantasting) ofwel landingsgedrag verminderen of wegvlieggedrag

versterken (resultierend in een afname van de aantasting). Daarnaast worden verschillen in dichtheden zowel door kolonisatie als door reproductie beïnvloed.

4. Het spectrum van de straling is niet altijd nauwkeurig genoeg beschreven. De ervaring leert dat kleine wijzigingen in de optische straling grote gevolgen hebben voor gewasbelagers. Dit is meteen een verklaring die we hebben voor tegenstrijdige resultaten.
5. De meeste artikelen over kassen betreffen andere soorten kassen dan die in Nederland gebruikt worden.
6. De performance van insectensoorten worden niet alleen direct beïnvloed door de abiotische omstandigheden als licht en temperatuur maar vooral door de planteigenschappen. Deze planteigenschappen vormen samen de zogenaamde waardplantkwaliteit. De chemische samenstelling van de plant (zowel primaire als secundaire inhoudsstoffen) hebben een duidelijk effect op bijvoorbeeld 'performance' van een soort en worden ook beïnvloed door het lichtregime. Directe effecten op insecten en indirecte via de plant zijn dus moeilijk te scheiden.
7. De vergelijkbaarheid van gegevens wordt bemoeilijkt doordat experimenten zijn uitgevoerd in verschillende geografische gebieden en verschillende soorten kassen (open tunnel kassen en gesloten kassen), een grote variatie aan kasdekmaterialen en gewassen.

## 2.1.2 Effect op plaaginsecten en virusoverdracht

Er zijn veel publicaties over het effect van UV-absorberende kasbedekkingen op insectenplagen, en op virusziektes die door insecten verspreid worden. Het betreft vooral onderzoek in Israël, Spanje, Japan en VS. Het klimaat en (mede daardoor) ook het type kas wijkt daardoor nogal af van de Nederlandse situatie. De UV-absorberende materialen zijn getest op diverse soorten tunnelkassen, die onderling qua afsluiting van de omgeving al behoorlijk verschillen, maar ook zeker verschillen van de in ons land gebruikelijke, 'hermetisch' afgesloten kassen. Dit betekent dat we bij de interpretatie van de onderzoeksresultaten uit deze tunnelkassen rekening moeten houden met andere processen. Sommige insectensoorten kunnen de tunnelkas vrij gemakkelijk in en uit; aantallen insecten kunnen dan het gevolg zijn van zowel populatieprocessen in de kas, als van migratieprocessen.

Vrijwel alle onderzoeken wijzen echter op een aanzienlijke afname van aantallen plaaginsecten (trips, witte vlieg, bladluis, spintmijt en mineervlieg) bij toepassing van UV-absorberende kasdekmaterialen. Als gevolg daarvan treden ook virusziekten veel minder op. In Bijlage I, Bijlage II en Bijlage III staan overzichten van verschillende auteurs en verschillende testomstandigheden. Hieronder is ervoor gekozen eerst een overzicht per plaagsoort te geven en daarna een overzicht van effecten van verschillende lichtsoorten op diverse insecten.

### *Trips*

Tripssoorten behoren wereldwijd tot de meest lastige plaagorganismen in een breed scala aan gewassen. Door de verborgen levenswijze, hoge reproductie en resistentie tegen een breed scala aan middelen zijn ze moeilijk te bestrijden. Naast directe zuigschade veroorzaken ze ook schade als virusvector. Onderzoek met betrekking tot de invloed van licht is gedaan aan *Caliothrips phaseoli* (Mazza 1999, 2002), *Frankliniella occidentalis* (Antignus, 1996b, Antignus, 1998, Costa, 1999, Gonzalez, 2001, Matteson, 1992a) en *Frankliniella intonsa* (Nakagaki 1982, 1984). Het komt erop neer dat trips een situatie prefereert met UV-A en UV-B vermijdt. In open tunnels met UV-A blokkering vliegt trips minder makkelijk en is de populatiegroei minder snel. Het is onduidelijk of dit in gesloten kassen ook optreedt. UV reflecterend materiaal onder het gewas verstoort het gedrag hetgeen ook leidt tot kleinere populaties. Blauw, groen en geel zijn aantrekkelijke kleuren voor trips.

### *Wittevlieg*

Wittevlieg, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci* en *B. argentiifolia*, komt wereldwijd in kassen voor, brengt virus over en veroorzaakt vaak grote schade in diverse gewassen. Tekort aan UV-A licht vermindert de aantallen wittevlieg en virusinfectie in de meeste gewassen. De meeste proeven zijn weer in open tunnelkassen gedaan waardoor verminderde kolonisatie en reproductie niet konden worden gescheiden (Antignus 1996a, 1996b, 2001, Costa 1999).

### *Bladluis*

Verschillende bladluissoorten komen op verschillende gewassen voor. Omdat het om meer soorten gaat is het wat moeilijker conclusies te trekken. Eigenlijk is alleen voor de twee belangrijkste soorten, *Aphis gossypii* en *Myzus persicae* onderzoek gedaan naar het effect van UV-absorberende materialen. In beide gevallen lijkt UV-blokkering een reductie in populatiegroei te geven door verminderde kolonisatie, reproductie en minder vorming van gevleugelde vormen.

### *Rupsen*

Het effect van UV op dichtheden en groei van rupsen van verschillende vlindersoorten blijkt zeer variabel. UV-B versterkt de voedingswaarde van sommige gewassen waardoor rupsen zwaarder worden. Over UV-A is weinig bekend. Omdat de meest schadelijke rupsen van nachtvlinders zijn, is een direct effect van UV-absorberende materialen niet te verwachten.

## 2.1.3 Effect op natuurlijke vijanden

Van een zeer beperkt aantal natuurlijke vijanden is vastgesteld in welke mate optische straling effect heeft op de populatieopbouw en -ontwikkeling en hun efficiency als ze ingezet worden tegen gewasbelagers. In grote lijnen lijken de effecten op natuurlijke vijanden niet veel anders te zijn dan die op plaaginsecten. Over het effect op hun performance en effectiviteit als predator of parasiet is niets bekend. In Bijlage V staat een samenvatting van de gevonden literatuur.

## 2.1.4 Effect op schimmels

Onderzoek naar de invloed van licht op schimmelziekten betreft voornamelijk onderzoek naar UV-absorberende materialen en naar het effect van blauw licht. Veel schimmels hebben UV-licht nodig voor de sporulatie. UV absorptie door de kasbedekking zal de sporulatie van veel ziekteverwekkende schimmels remmen. Mogelijk levert een hoge blauw / UV-B ratio van het licht een effectieve remming van de sporulatie op. Groei van mycelium wordt waarschijnlijk niet beïnvloed. De aanwijzingen daarvoor zijn zeer beperkt. In Bijlage V staat een samenvatting van gevonden literatuur.

## 2.1.5 Effect op bestuivers

Onderzoek naar de invloed van licht op bestuivers betreft voornamelijk onderzoek naar UV-absorberende materialen. Recentelijk is er behoorlijk wat werk verricht wat betreft de effecten van kasdekmaterialen op o.a. hommels die gebruikt worden als bestuivers in de verschillende gewassen. Recentelijk uitgevoerde experimenten (Dyer & Chittka, 2004a, 2004b, 2004c) laten geen verschil in efficiëntie van het vinden van belangrijke kasgewassen van hommels zien bij aan- of afwezigheid van ultraviolet licht, alhoewel de hommels wel het verschil in UV registreren en leren van de gewijzigde omstandigheden. Deze wetenschappers laten zien dat bijen en hommels uitstekend in staat zijn hun visueel vermogen aan te passen aan de nieuwe omstandigheden. Ander onderzoek (o.a. Blacquièrè, 2005 en Blacquièrè *et al.*, 2006) geeft aan dat in kassen zonder UV bijen minder vaak terugkeren naar de kast. Degenen die niet terugkeren moeten als verloren worden beschouwd. Bovendien vertoonde hetzelfde volk geplaats in een kas zonder UV een duidelijk ander gedrag als geplaats in een kas met UV. Met UV vliegen bijen in horizontale cirkels, vliegen horizontaal weg en keren naar de kast terug. Hommels vertoonden in grote mate hetzelfde gedrag. Een ander opvallend verschil dat Blacquièrè *et al.* (2006) constateerde was dat de breking van het licht waarschijnlijk niet de oorzaak is van de problemen in activiteit in kassen zonder UV. Honingbijen zien de zon als een ronde, smalle heldere lichtbron (Gould & Gould, 1988). Onder zigzag PC wordt het zonlicht tot een boog gebroken, onder PMMA was dat veel minder het geval. In de in hoofdstuk 3 beschreven proef met enkellaags PC werd het zonlicht echter niet tot een boog gebroken en werd hetzelfde vlieggedrag geconstateerd (Blacquièrè *et al.*, 2006) als onder zigzag PC. Blacquièrè *et al.* (2006) constateren ook uit de literatuur dat vooral bij hommels aanzienlijke aanvangsverliezen

optreden direct na het plaatsen in de kas. Duidelijke markeerborden in een commerciële tomatenteelt in een foliekas hielpen niet de aanvangsverliezen te verminderen, wel verbeterden ze de latere oriëntatie. Onder kunstlicht werden ook snelle aanvangsverliezen gerapporteerd, vooral in donkere perioden met weinig licht waarbij aanvullend kunstlicht werd gegeven. Hier moet ook een deel van de oorzaak worden gezocht in het ontbreken van, voor bijen en hommels belangrijke, delen van het spectrum in het lamplicht. Hier is nog geen verder onderzoek naar gedaan.

## 2.2 Rol van verschillende lichtgolflengte gebieden op insecten

### 2.2.1 Plagen

#### UV-B

Insecten mijden UV-B en eten minder van planten die onder UV-B opgegroeid zijn, als ze de keus hebben voor een UV-B-vrij alternatief. Onderzoek hiernaar is vooral verricht in Argentinië, waar door gaten in de ozonlaag meer UV-B straling het aardoppervlak bereikt. Dit leidt tot effecten in volgrondsteelten en in natuurlijke vegetaties:

- **Mazza (1999, 2002)**, Argentinië: trips (*Caliothrips phasioli*) verkiest bladeren van sojaplanten die onder UV-B-vrij licht zijn opgegroeid, boven bladeren van planten die in compleet zonlicht zijn opgegroeid als voedsel, zowel in het lab als in het veld. De rups *Anticarsia gemmatilis* eet echter bij voorkeur van sojaplanten zonder tripsschade, zodat uiteindelijk de ene plaagsoort door de andere vervangen is. De directe reactie van *Caliothrips phasioli* op UV-A en UV-B licht werd vastgesteld door keuze-experimenten in een tunnel: de trips mijdt UV-B, en zoekt UV-A op.
- **Zavala (2001)**, Argentinië: de rups *Anticarsia gemmatilis* eet meer van sojaplanten die onder UV-B-vrij zonlicht zijn opgegroeid. worden zwaarder en overleven beter. De sojaplanten zelf bevatten minder fenolen en meer lignine.

Het effect van extra UV-B (bovenop normaal zonlicht) op groei en ontwikkeling van insecten verloopt via een effect op de eigenschappen van de waardplanten. Deze planteigenschappen vormen samen de zogenaamde waardplantkwaliteit. De chemische samenstelling van de plant (zowel primaire als secundaire inhoudsstoffen) hebben een duidelijk effect op bijvoorbeeld op 'performance' van een soort. Performance is de combinatie van groei en reproductie.

Het N-gehalte van de planten blijkt door de extra UV-B straling vaak verhoogd te zijn, ook andere afwijkingen in inhoudsstoffen worden gemeld. Een oorzakelijk verband tussen chemische samenstelling en veranderde voedselkwaliteit wordt echter niet bewezen.

- **Lindroth (2000)**, klimaatkamers: 25% extra UV-B veroorzaakt in witte klaver een lichte verhoging van het N-gehalte en een afname van het koolwaterstof gehalte, maar niet iedere populatie reageert hetzelfde. Op de rups *Graphiana mutans* is geen effect gevonden van voeding met klaverblad dat onder verhoogd UV-B groeide. De rups *Spodoptera litura* is na 2 weken voeding op klaver met verhoogd UV-B lager van gewicht dan na 2 weken op gewone klaver, maar dit gewichtsverschil verdwijnt later weer.
- **Grant Petersson (1996)**, een extra dosis UV-B op *Arabidopsis thaliana* veroorzaakt een hoger gehalte aan flavenoiden. De rups *Pieris rapae* eet minder van *A. thaliana* met verhoogd UV-B, de oudere rupsen zijn lichter. Op de rups van *Trichoplusia ni* heeft extra UV-B op *A. thaliana* geen effect.
- **Warren (2002)**, USA: verdubbeling van UV-B (295-310nm) heeft effect op *Populus trichocarpa*, maar de resultaten in kas of buiten verschillen. Het gehalte aan UV-absorberende stoffen is in ieder geval hoger. In de kas is het gehalte aan chlorophyl en N hoger, aan tannine lager (in jong blad), het S-gehalte hoger (in oud blad). De kever *Chrysomela scripta* had een voorkeur voor *P. trichocarpa* die de dubbele UV-B dosis kreeg. De voedingsefficiëntie was hierop echter lager.

## UV-A

Insectenogen zijn gevoelig voor UV-A. Dit is bijvoorbeeld voor witte vlieg en spint (eigenlijk geen insect, maar wel een plaag in kasgewassen) vastgesteld:

- **Mellor (1997)**, Spectrale efficiëntie-curve van witte vlieg *T. vaporariorum*. naast een piek bij 520 nm ook in UV-A gebied een piek; het rugwaartse deel van de ogen is gevoeliger voor UV-A dan het buikwaartse deel. Dit kan met het waarnemen van belagers te maken hebben.
- **Naegele (1966)**, Het actie-spectrum van de spintmijt *Tetranychus urticae* vertoont een hoge piek bij 375 nm.

Als insecten de keuze hebben tussen een ruimte waar wel UV-A licht doordringt en een ruimte zonder UV-A, dan kiezen ze voor die met UV-A:

- **Mazza (2002)**, Argentinië: de directe reactie van *Caliothrips phasioli* op UV-A en UV-B licht werd vastgesteld door keuze-experimenten in een tunnel: de trips mijdt UV-B, en zoekt UV-A op.

UV-A is (net als lichtintensiteit in het algemeen) vlieggedrag stimulerend. Afwezigheid van UV-A (met name in het hoge gebied, 360-400nm) verstoort het vlieggedrag en bemoeilijkt de kolonisatie van het gewas. Dit lijkt de belangrijkste factor die het schadeverminderend effect van UV blokkers in dekmaterialen veroorzaakt.

Bij een overmaat aan UV-A en richtreflectie uit de verkeerde richting (bijvoorbeeld folies onder en tussen het gewas) wordt er wel veel gevlogen maar kunnen de insecten zich niet op het gewas oriënteren (mogelijk is dit een richting- of contrasteffect).

Vrijwel alle onderzoeken wijzen echter op een aanzienlijke afname van aantallen plaaginsecten (trips, witte vlieg, bladluis, spintmijt en mineervlieg) bij toepassing van UV-absorberende kasdekmaterialen. Als gevolg daarvan treden ook virusziekten veel minder op.

- **Antignus (1996a)**, Israël: UV-blokkerende folies hebben een enorme afname van plagen (*Liriomyza trifolii*, *Frankliniella occidentalis* en *Bemisia tabaci*) in de kas op tomaat tot gevolg, en daardoor ook een afname van virusziekten. 'walk in' tunnels, 6X6X2.7 m.
- **Antignus (1996b)**, Israël: UV-blokkerende PE bedekkingen leiden tot een enorme afname van *Bemisia tabaci* en het virus TYLCV in tomaat, en *Aphis gossypii* en *Frankliniella occidentalis* in komkommer. 'walk in' tunnels, 6X6X2.7 m, uiteinden met gaas.
- **Antignus (1998)**, Israël: 50mesh 'bionet' schermen (absorptie van UV-A en UV-B), zijn effectief tegen *Bemisia argentifolii* (plakval), TYLCV, de mijten *Tetranychus telarius* en *Vasates lycopersici*, en tegen *Liriomyza trifolii* in tomaat, en tevens tegen *Aphis gossypii* in komkommer. Tegen *Frankliniella occidentalis* in komkommer werkte dit net niet.
- **Antignus (2001)**, Israël: effecten op *Bemisia tabaci* en virusziekten in tomaat in tunnelkassen met UV-blokkerende PE bedekkingen zijn:
  1. virusinfectie gewas: virusverspreiding verloopt veel trager.
  2. vermogen tot virusoverdracht van witte vlieg: onveranderd.
  3. aantallen witte vlieg op buitenwanden v.d. kas (plakval): veel minder.
  4. afstand waarover witte vlieg zich verspreid: korter.

Dit betekent, dat het tekort aan UV- licht de oriëntatie van vliegende insecten beïnvloedt. Het normale gedrag van de wittevlies wordt veranderd, wat een verminderde verspreiding van wittevlies en het virus waarvan hij de vector is, tot gevolg heeft.

- **Costa (1999)**, VS: 4 UV-absorberende dekmaterialen voor tunnelkassen zijn getest op trips *F. occidentalis* en witte vlieg *B. argentifolii*. Keuze-experimenten: er is voorkeur voor een omgeving met UV-straling. Wittevlies wordt minder in de UV-abs. tunnel teruggevangen, dan in de niet UV-abs. controle (6-15% tegen 85-94%). Trips wordt minder teruggevangen in UV-abs. tunnel dan in controle (2-10% tegen 90-98%). Bij 'geen-keuze'-experimenten: UV-absorptie heeft geen effect op het vliegvermogen. Het terugvangstpercentage van losgelaten wittevlies is onder UV-absorberende en controle folie hetzelfde.
- **Costa (2002)**, VS: vergelijking effect van UV-absorptie in 2 golflengte ranges, <360nm versus <380nm. Bij keuze-experiment van wittevlies (*T. vaporariorum*) in experimentele tunneltjes wordt 96% van losgelaten wittevlies in ruimte met <360 en 4% in <380, dus voorkeur voor meer UV-A. Veldexperiment met natuurlijke

populaties in open hoepelkassen levert moeilijk interpreteerbare effecten doordat naast de bedoelde verschillen in UV-absorptie, de gebruikte folies ook in het infra-rood gebied verschilden, en bovendien de open zijanten ongefiltreerd licht toelieten.

- **Gonzalez (2001)**, Spanje: diverse UV-absorberende folies en een UV-doorlatende controle vergeleken als bedekking van een Kyoto tunnelkas met als gewas paprika. Folie T4 (UV-absorberend wit co-extruderd 3laags film) is over-all het beste, minste trips (*F. occidentalis*), en weinig virussymptomen (TSWV) en aantallen witte vlieg en hoogste gewasopbrengst.

Enkele onderzoekers vinden dat de plaagontwikkeling uitgesteld wordt. Het kan dan om een vertraging van de immigratie gaan:

- **Nakagaki (1982)**, Japan: in kas met UV-absorberend plastic, op paprika en komkommer. Bladluis (*Aphis gossypii* en *Myzus persicae*): populatie groei 10 dagen uitgesteld, minder gevleugelden. Thrips (*Frankliniella intonsa*): blijft laag. Mijt (*Polyphagotarsonemus latus*): op paprika iets later, niet minder.
- **Nakagaki (1984)**, in kas met UV-absorberend plastic, op tomaat. Bladluis (*Aphis gossypii*) minder (eigenlijk: later). Wittevlies (*Trialeurodes vaporariorum*) minder (eigenlijk: later). Trips (vnl. *Frankliniella intonsa* en *Scirtothrips dorsalis*): minder (eigenlijk: later). Mineervlieg (*Liriomyza bryoniae*): minder (eigenlijk: later).

### Blauw

Bij golflengtes in het zichtbare licht is er bij veel insecten een voorkeur (aantrekking) voor golflengtes tussen het laagblauwe en het gele gebied. De responsecurven verschillen van soort tot soort. Duidelijk is dat deze kleuren essentieel zijn voor de oriëntatie op het gewas. Meer specifiek onderzoek naar de rol van blauw voor bijvoorbeeld een belangrijke kasplaat als Western Flower Thrips (*F. occidentalis*) laat zien dat er een sterke aantrekking is. Dit geldt echter niet voor bijvoorbeeld tabakswittevlies (*Bemisia tabaci*) of kaswittevlies (*Trialeurodes vaporariorum*):

- **Mellor (1997)**, Spectrale efficiëntie-curve van *T. vaporariorum* heeft piek bij 520 nm (groen), ook in blauw gebied respons, in rood gebied niet.
- **Matteson (1992a)**, Spectrale efficiëntie-curve van *F. occidentalis* heeft piek bij 545 nm (groen), ook in blauwe gebied respons, in rood gebied nog een beetje.

### Rood

Of de kleur rood een rol speelt in de aantrekking van de verschillende insectensoorten heeft onder andere te maken met de locaties op de plant die belangrijk zijn in de levenscyclus van de soort. Zelfs binnen insectengroepen varieert dit sterk. Tripssoorten die zich specifiek ophouden in bloemen worden in tegenstelling tot soorten die meer op groene plantedelen bivakkeren worden duidelijk vaker aangetrokken door kleur. De groep van bloem-tripsen (aanwezig op bijvoorbeeld chrysant, tomaat, komkommer) worden aangetrokken tot bloemkleuren, met name laag UV, wit, blauw en geel, enkele tot groen, rood en zwart (Mellor, 1997 en Matteson, 1992a).

## 2.2.2 Natuurlijke vijanden

Van een zeer beperkt aantal natuurlijke vijanden is vastgesteld in welke mate optische straling effect heeft op hun ogen (electroretinogrammen) of op hun aantallen. In grote lijnen lijken de effecten op natuurlijke vijanden niet veel anders dan die op plaag-insecten. Over het effect op hun performance en effectiviteit als predator of parasiet is niets bekend.

Over UV-B is niets bekend. UV-A speelt waarschijnlijk een grote rol bij het lokaliseren van een prooi:

- **Reitz (2003)**, UV-reflecterende mulch onder paprikaplanten (vollegrond) doet het aantal *Orius insidiosus* per bloem significant afnemen, evenals z'n prooi, de trips *F. occidentalis*.
- **Mellor (1997)**, Spectrale efficiëntie-curve van sluipwesp *Encarsia formosa*: een piek in het UV-A gebied (340 nm), de sluipwesp is daar gevoeliger dan de witte vlieg die hij parasiteert. Er is een tweede piek bij 520 nm (groen), ook in blauwe gebied respons.

Blauw licht in de kas verhoogt de reproductie van de in Nederland veel gebruikte roofwants *Orius insidiosus*:

- **Stack (1997)**, VS: bij korte dag (nodig voor bloei van chrysaal) gaat *Orius insidiosus* in reproductieve diapauze. Dit is op te heffen door tijdens 6 uur bij te lichten met blauw licht (400-500 nm).
- **Mellor (1997)**, De ogen van de sluipwesp zijn niet ongevoelig voor blauw licht.

De ogen van de sluipwesp zijn niet ongevoelig voor rood licht, die van zijn prooi, de wittevlieg, wel:

- **Mellor (1997)**, sluipwesp *E. formosa* nog wel iets gevoelig voor rood licht; zijn prooi, de witte vlieg, helemaal niet.

### 2.2.3 Schimmels

UV-licht is nodig voor de sporulatie van veel schimmels. UV absorptie door de kasbedekking zal de sporulatie van veel ziekteverwekkende schimmels remmen. Een hoge blauw / UV-B ratio van het licht levert een effectieve remming van de sporulatie op. Groei van mycelium wordt waarschijnlijk niet beïnvloed. Het toedienen van extra UV-B leidt tot ernstiger aantasting door schimmelziektes:

- **Naito (1997)**, Extra UV-B (290-320 nm) leidt tot meer *Fusarium oxysporum* in spinazie.
- **Orth (1990)**, 11.6 kJ/m<sup>2</sup> UV-BBE (biologisch actief UV-B) toegediend aan komkommer in kas, geïnfecteerd met *Colletotrichum lagenarium* of *Cladosporium cucumerinum* verergert bij sommige cultivars de ziekteontwikkeling. Cultivar, timing en duur van de UV-BBE behandeling, en ook inoculatie-niveau en plantleeftijd spelen een rol.

Ook blauw licht remt de sporulatie. Blauw licht wordt in de kas verkregen door een folie te gebruiken die het gele licht (580 nm) absorbeert. Over het effect van UV-A en rood licht is niets bekend.

### 2.2.4 Virussen

De meeste virussen zijn voor hun verspreiding afhankelijk van insecten, zij treden op als vectoren. De gunstige effecten van UV-absorberende kasdekmaterialen op plaaginsecten als trips en witte vlieg laten zich direct vertalen naar voordelen ten aanzien van verspreiding van, en schade door virusziektes. Deze effecten zijn dan ook reeds besproken in het hoofdstuk over het effect van UV-A op plagen. Over UV-B, blauw en rood licht effecten is niets bekend.

### 2.2.5 Bestuivers

Onderzoek naar de invloed van licht op bestuivers betreft ook voornamelijk onderzoek naar UV-absorberende materialen. Morandin *et al.* (2002) vinden dat in kassen met UV er minder hommels de kas verlaten dan die zonder UV. Daarnaast suggereren andere onderzoekers (Costa & Robb, 1999, Morandin *et al.*, 2001; Costa *et al.*, 2002) dat de hommels juist actiever zijn in kassen met UV. Keuzeproeven onder experimentele omstandigheden laten een voorkeur zien voor UV (Y buis opstelling). Recentelijk is er behoorlijk wat werk verricht wat betreft de effecten van kasdekmaterialen op o.a. hommels en bijen die gebruikt worden als bestuivers in de verschillende gewassen. Recentelijk uitgevoerde experimenten (Dyer en Chittka, 2004c) laten geen verschil in efficiency van hommels zien in het vinden van de bloemen bij aan- of afwezigheid van ultraviolet licht, alhoewel zij wel het verschil in UV registreren. Deze onderzoekers geven ook aan dat bij totale afwezigheid van UV het visueel vermogen van de bestuivers niet achteruit gaat en ze uitstekend in staat zijn de bloemen te vinden als ze voldoende tijd krijgen om aan de nieuwe situatie aan te passen. Hierbij helpen kleurstimuli in de kas. Blacquière (2005) geeft aan, dat bijen en hommels in kassen zonder UV hun weg niet kunnen vinden. Het merendeel van de bijen gaat verloren, omdat ze omhoog vliegen en de weg naar de kast niet meer terug kunnen vinden (Blacquière *et al.*, 2006). Onderzoeksresultaten lijken enigszins tegenstrijdig. Blacquière *et al.* (2006) constateren echter dat er een verschil ligt tussen oriëntatie van bijen en hommels in kassen met of zonder UV en tussen aanvangsverliezen vlak na het plaatsen van de kassen. Dit laatste aspect komt namelijk ook regelmatig voor in met kunstlicht belichte kassen.



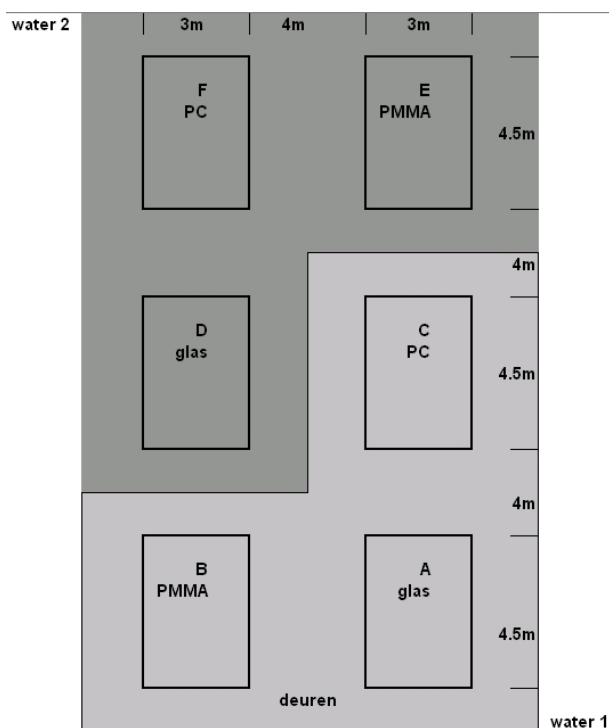


### 3. Materiaal en Methoden

Door de complexe interactie tussen kasdek materiaal, optische straling, gewasbelager en gewasgroei zijn resultaten uit de literatuur niet altijd eenduidig interpreteerbaar en overdraagbaar op de Nederlandse omstandigheden. Met een experimentele studie onder Nederlandse stralingscondities wordt nagegaan hoe het gedrag van in Nederland voorkomende plaaginsecten is en hoe het samenspel tussen verschillende factoren is zoals straling, plaaginsecten en gewas als alleen de UV-doorlatendheid van het kasdek materiaal wordt gevarieerd.

#### 3.1 Proefkassen en inrichting

Er zijn 6 proefkasjes gebouwd met een afmeting van 3.00m \* 4.50m (grondvlak 13.5m<sup>2</sup>) met een goothoogte van 1.85m (figuur 2) op het terrein van PPW op de Haaff. In het dak bevinden zich twee luchtramen, additionele luchtuitwisseling kan plaats vinden via de deur in de frontgevel. Alle luchtinsopeningen zijn afgedicht met insectengaas, in de frontgevel is een hordeur geplaatst afgedicht met insectengaas. Het insectengaas bestaat uit transparant polyethyleen en zijn dicht voor trips. De kassen zijn gedekt met drie verschillende kasdekmaterialen die verschillen in doorlatendheid voor UV-straling, zodat elk kasdek materiaal één keer herhaald is (Figuur 1). In elke kas bevindt zich een tafel waarop de proefplanten stonden. De water- en nutriëntenvoorziening gebeurde via een eb-vloed-systeem in twee kringlopen. De kassen zijn niet verwarmd.



Figuur 1. Plattegrond proefkassen.



*Figuur 2. Proefkassen gebruikt voor het beschreven onderzoek.*

## 3.2 Kasdekmaterialen en transmissiemetingen

De gebruikte kasdekmaterialen zijn PC-platen, PMMA-platen en glas als referentiemateriaal. Alle materialen zijn enkellaags en hebben een dikte van 4mm. PC is niet doorlatend voor UVB (300-320nm) en UVA (320-380nm) straling, PMMA laat alle UVB en UVA straling door en glas laat alleen UVA straling door.

De optische eigenschappen van de drie verschillende kasdekmaterialen zijn onderzocht. Metingen van de transmissie voor direct en diffuus invallende straling en metingen van de reflectie zijn verricht op een integrerende Ulbricht-kogel volgens NEN2675 (Figuur 3). De afmetingen van de proefmonsters waren 500mm\*500mm. Metingen zijn verricht tussen 400-700nm in stappen van 1nm.

Additioneel zijn metingen van de spectrale transmissie in het gebied van 300-2500nm verricht op een Perkin Elmer UV-VIS spectrophotometer met proefmonsters met de afmeting 30mm\*30mm. Metingen zijn verricht volgens NEN 2575 in stappen van 1nm.



*Figuur 3. Meetapparatuur voor het bepalen van de transmissie voor direct en diffuus invallende straling, integreernde Ulbricht-kogel.*

### 3.3 Experimenten

In de periode van half 2004 tot half 2005 zijn in boven beschreven proefkassen vier experimenten uitgevoerd waarin de invloed van de verschillende kasdekmaterialen op de gewasgroei en op het beval met plagen werd onderzocht.

Experimenten zijn uitgevoerd tijdens de volgende periodes:

- Experiment 1: 17/8-22/9 2004
- Experiment 2: 14/4-02/6 2005
- Experiment 3: 09/6-11/7 2005
- Experiment 4: 29/7-02/9 2005

### 3.4 Monitoring kasklimaat

Tijdens elk experiment is het kasklimaat gemonitord. De temperatuur en de luchtvochtigheid is in elke kas gemeten met een gekalibreerde Rotronic Hydroclip. De PAR straling onder de drie verschillende kasdekmaterialen is gemeten met een Deka kwantumsensor DK-PHAR 2.0. De sensoren waren aangesloten op een datalogger Datalogger 500, welke continue meetgegevens registreerde en het gemiddelde van de laatste 15 minuten heeft opgeslagen.

### 3.5 Waarnemingen gewas

De invloed van de kasdekmaterialen op de plantengroei van chrysant 'Euro Pink' is in het vegetatieve stadium gevolgd. De planten zijn beworteld in perspot en geplant op boven genoemde data in een 13cm pot met chrysantenpotgrond (Figuur 5). De planten werden naar behoefte van water en voedingsstoffen voorzien. Er werden geen chemische bestrijdingsmiddelen gebruikt.

In elke kas stonden 252 proefplanten, waarvan van 48 planten de groei werd gevolgd (Figuur 4). De lengtegroei van de planten werd bepaald door om de ca. 10 dagen de totale lengte van de plant te meten en het aantal nieuwe bladeren te tellen, waardoor de internodie-lengte kan worden bepaald. Na ca. 5 weken werden 24 planten destructief geoogst. Naast lengte en aantal nieuwe bladeren werd het versgewicht van de bladeren en het versgewicht van de stengel gewogen. Het totale bladoppervlak werd met een bladoppervlaktemeter (Li-cor 3100) bepaald. Het drooggewicht van de bladeren werd terug gewogen na drogen bij 70°C gedurende ca. 48 uur. De stengeldikte werd gemeten met een schuifmaat op een hoogte van ca. 20cm.

241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228
205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
61	61	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

deur

■ proefplanten

*Figuur 4. Plattegrond proefplanten in de kas.*



*Figuur 5. Proefplanten in de kas na het oppotten.*

### 3.6 Waarnemingen insecten

Er zijn twee mogelijke mechanismen voor het effect van UV-straling op de populatiegroei van plaaginsecten:

1. De visuele oriëntatie van het insect wordt beïnvloed waardoor de mobiliteit van het insect verandert of waardoor het insect bijvoorbeeld planten of plantendelen minder efficiënt kan vinden.

2. De kwaliteit van de plant als voedselbron voor het insect kan veranderen als gevolg van het veranderde lichtspectrum.

Om te onderzoeken of deze verschijnselen zich voordoen zijn experimenten uitgevoerd.

### 3.6.1 Bepaling populatiegroei van plaaginsecten onder verschillende kasdekmaterialen

#### *Doel*

Dit experiment geeft antwoord op de vraag of onder de verschillende kasdekken verschillen in populatieopbouw van de plaaginsecten aantoonbaar zijn. Wanneer er verschillen worden aangetoond zegt dit nog niets over het onderliggende mechanisme.

#### *Methode*

Per kas worden op een tablet 264 individueel opgepote chrysanten geplaatst (Figuur 5).

Om de directe effecten op de populatiegroei van plaaginsecten te bepalen werden in experiment 1 (2004) initiële populaties van Californische trips (*Franklinella occidentalis*), katoenluis (*Aphis gossypii*) en witte vlieg (*Trialeurodes vaporariorum*) uitgezet en wekelijks gemonitord via vangplaten en tellingen op de planten.

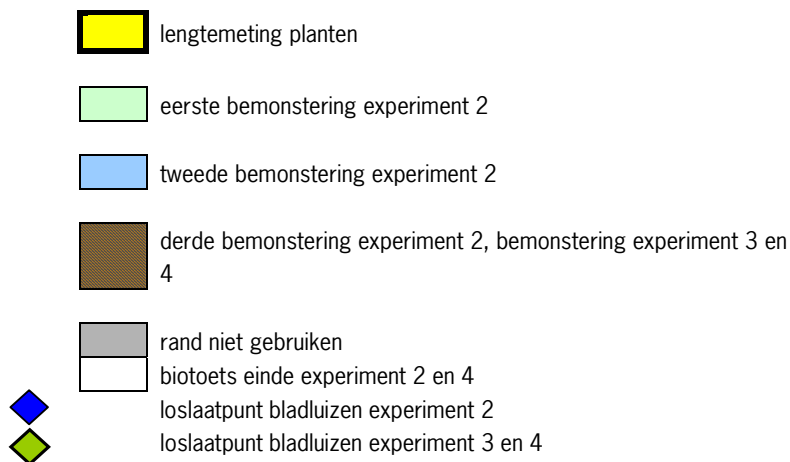
In experimenten 2,3 en 4 (2005) werden na een bepaalde tijd op dezelfde dag wittevlies (kaswittevlies, *Trialeurodes vaporariorum*) afkomstig van tomaat, bladluizen (katoenluis, *Aphis gossypii*) en trips (Californische trips, *Frankliniella occidentalis*), beide gekweekt op chrysant, in de kassen losgelaten. De bladluizen worden in open schaaltes tussen de planten gezet en de wittevlies en de trips worden verdeeld door ze over het gewas uit te schudden. Hierna worden na vastgestelde periodes per kas 12 planten bemonsterd door deze uit te spoelen in ethanol 70% waarna de op de plant achtergebleven insecten, vooral bladluizen, en de insecten in de alcohol geteld worden. In experiment 2 tot 4 (allen in 2005) is deze opzet drie maal uitgevoerd (Tabel 1).

In experiment 2 werd na 2, 4 en 6 weken het aantal insecten bepaald. Het bleek dat pas op de derde monsterdatum voldoende insecten in de kassen aanwezig waren om verschillen aan te kunnen tonen. Daarom is voor experiment 3 en 4 gekozen voor 1 bemonstering en wel na ongeveer 4 weken. Bij deze keuze werd rekening gehouden met de verwachting dat bij experiment 3 en 4 de planten harder zouden groeien (zomerperiode) dan in experiment 2 (voorjaar). In experiment 4 moest de beoordeling helaas eerder dan gepland plaatsvinden omdat de planten zo hard gegroeid waren dat ze dreigden om te vallen. Een schematisch overzicht is gegeven in Figuur 6.

Tabel 1. Gegevens over het loslaten en het bemonsteren van de insecten.

Experimentnr.	Loslaatdatum	Bladluis	Wittevlies	Trips	Bemonstering
2	18 april	200 op 2 punten	500	500	na 2, 4 en 6 weken
3	13 juni	100 op 10 punten	500	200	na 4 weken
4	8 augustus	100 op 10 punten	500	200	na 3 weken

253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228
205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



Figuur 6. Waarnemingsschema in experimenten 2 - 4 in 2005.

### 3.6.2 Bepaling van de plantkwaliteit als voedselbron voor plaaginsecten

#### *Doel*

Dit experiment geeft antwoord op de vraag of de gewaskwaliteit voor het plaaginsect verschilt tussen planten die opgekweekt zijn onder verschillende kasdekken. Als testinsect werd gekozen voor trips en werden de planten na afronding van experiment 2 t/m 4 gebruikt.

#### *Methode*

Om de indirecte effecten via de plant te kunnen bepalen werden in experiment 1 (2004) individuele insecten van trips (*Frankliniella*) en luis (*Myzis persicae*) in minikooitjes op de plant gezet waar de overleving en de reproductie werd gemeten.

In experiment 2, 3 en 4 (2005) werd een andere methode gevolgd. In een 5 cm plastic Petri schaalje wordt een laagje water agar (1.5%) van ca. 45°C gegoten. Voor het stollen van de agar wordt er een ponsje (Ø 28 mm) van het chrysant blad ingelegd. De rest van de chrysanten wordt koel bewaard. Per ponsje worden 5 trips ♀♀ (*Frankliniella occidentalis*), afkomstig van een kas kweek op chrysant, ingezet waarna de schaaltes worden afgesloten met plastic huishoudfolie. Per behandeling worden acht schaaltes ingezet. Incubatie bij 25°C en 16 uur licht. Na telkens een aantal dagen worden de trips gecontroleerd op mortaliteit en worden de overlevenden overgezet op 'verse' bladponsjes. De schaaltes met de bladponsjes worden bewaard (bij 25°C/16u licht) totdat na ongeveer 1 week de uitgekomen larven geteld zijn. Er zijn 6 kassen met chrysanten ingezet. Per kas worden 8 planten gebruikt voor het experiment. Van elke plant wordt een ponsje ingezet.





## 4. Resultaten

Om het integrale effect van energiebesparende kasdekmaterialen met en zonder UV-doorlatendheid te bepalen, worden experimenten op semi-praktijkschaal uitgevoerd. Als voorbeeldgewas wordt chrysant gekozen omdat het hierbij om een relatief snel groeiend gewas gaat met veel ziekteproblemen. De invloed van de verschillende kasdekmaterialen op plantengroei, trips, witte vlieg en bladluis wordt in vier gewascycli gevolgd.

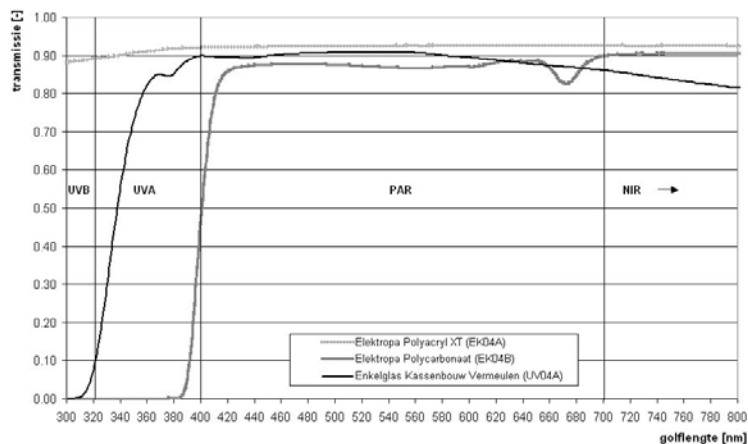
### 4.1 Kasdekmaterialen

De optische eigenschappen van de in de experimenten gebruikte kasdekmaterialen zijn van in het lab onderzocht. Ter vergelijking worden ook de optische eigenschappen van energiebesparende kasdekmaterialen op de markt aangegeven.

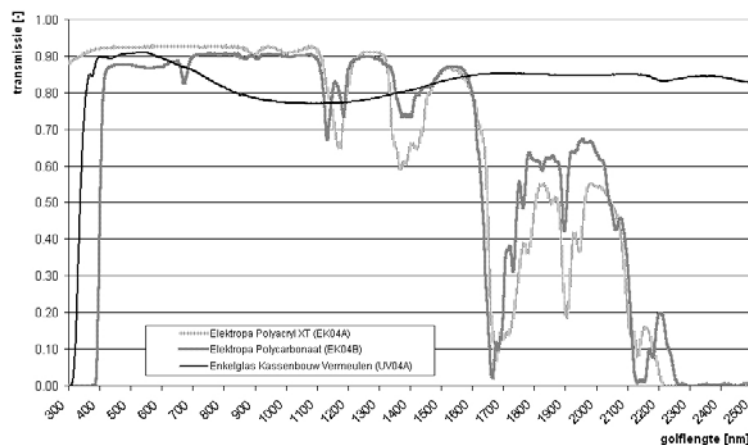
Drie kasdekmaterialen met verschillende doorlatendheid in het UV-gebied zijn in de experimenten onderzocht. Polycarbonaat (PC) laat geen UV-straling onder de 380nm door en is dus volledig opaak voor UVB (300-320nm) en UVA (320-380nm). Glas laat geen UVB straling, maar alleen UVA straling. PMMA laat alle UVB en UVA straling door en is dus volledig doorlatend voor alle UV-straling. De spectrale transmissie van deze materialen is weergegeven in Figuur 7.

Alle materialen zijn enkellaags voor een goede vergelijking met het referentiemateriaal glas. Bij gebruik van dubbele materialen kunnen verschillen in kasklimaat optreden, welke onwenselijk zijn voor deze experimenten.

De PAR transmissie van de drie materialen verschilt licht: PMMA > glas > PC (Tabel 2). Dit verschil treedt ook bij gebruik van dubbele energiebesparende materialen in de praktijk op. De kasdekmaterialen verschillen bovendien in hun NIR doorlatendheid PMMA/PC < glas (Figuur 8). Dit is een polymeerafhankelijke karakteristiek van PC en PMMA in vergelijking met glas. Door de hogere PAR transmissie van PMMA komt meer energie (in PAR gebied) in de kas, door de lagere NIR doorlatendheid komt minder energie (in NIR gebied) in kas. Dit kan resulteren in een ongeveer vergelijkbare kasluchttemperatuur onder PMMA en onder glas. Door de lagere PAR transmissie en de lagere NIR doorlatendheid van PC komt in totaal minder energie in de kas. Het kan verwacht worden dat de kasluchttemperatuur onder PC op een lager niveau zal liggen dan onder glas of onder PMMA. In 4.2 worden de in de proeven gerealiseerde temperaturen besproken.



Figuur 7. Spectrale transmissie van drie verschillende kasdekmaterialen (PC, glas, PMMA) voor UV straling (300-400nm) en PAR (400-700nm).



Figuur 8. Spectrale transmissie van drie verschillende kasdekmaterialen (PC, glas, PMMA) voor de gehele zonnestraling (300-2500nm).

Tabel 2. PAR transmissie volgens NEN 2675 voor verschillende kasdekmaterialen.

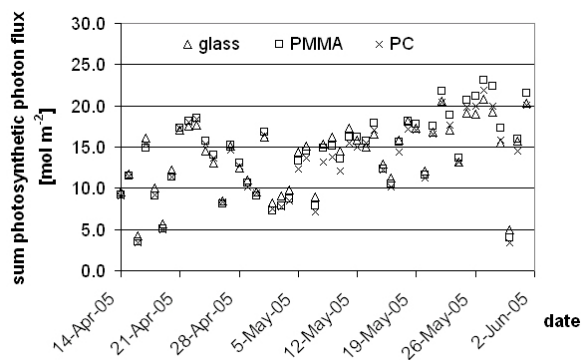
Kasdekmaterialen	Transmissie voor directe straling $\tau_{dir}$	Transmissie voor diffuse straling $\tau_{dif}$	Reflectie voor diffuse straling $\rho_{dif}$
<i>Proefmaterialen</i>			
PMMA enkel	0.9248	0.8544	0.1194
Glas enkel	0.8990	0.8225	0.1134
PC enkel	0.8562	0.7807	0.1383
<i>Energiebesparende materialen</i>			
PMMA Röhm Alltop® SDP16-64	0.8816	0.7644	0.1650
PMMA Mönch Acryplus Highlux® SDP16/96	0.8518	0.7438	0.1837
PC GE Lexan Thermoclear® LTC16	0.7590	0.6120	niet bekend
PC GE Lexan ZigZag®	0.9093	0.8035	0.0870

## 4.2 Kasklimaat

Het gerealiseerde kasklimaat in de vier experimenten is weergegeven in Figuur 10. In Figuur 11 is een illustratie gegeven van de verschillen tussen dag- en nachttemperaturen. In Tabel 3 is een samenvatting van het klimaat in tabelvorm gegeven. Hoewel de temperaturen in de verschillende experimenten sterk fluctueren is duidelijk te zien dat de etmaaltemperatuur in de PC kas lager is dan onder glas en onder PMMA. In Tabel 3 is te zien dat de gemiddelde nachttemperatuur onder PC 1,5 – 2°C lager ligt dan onder de andere materialen, terwijl de maximumtemperatuur 1,8 – 2,4°C lager liggen. Overdag is glas iets warmer dan PMMA, 's nachts ongeveer gelijk. Dit kan verklaard worden door de NIR transmissie van de verschillende materialen: glas laat meer NIR door, er komt meer straling binnen, de kas warmt sneller op, temperatuur ligt iets hoger; vooral PC heeft lagere NIR transmissie, warmteverlies is er vooral tijdens de nachtelijke uren in onverwarmde kassen. Als de kassen verwarmd zouden worden, zou dit een relatief hoger energieverbruik betekenen. Als dubbel PMMA of PC materialen zouden worden toegepast zal dit minder spelen, omdat dan het energieverbruik van enkellaags glas het hoogst zou zijn. Het relatieve vochtgehalte onder alle materialen vergelijkbaar, meestal onder glas iets hoger. Dit kan worden verklaard door het condensatiegedrag van materialen: aan PMMA en PC vindt een snellere condensatie plaats

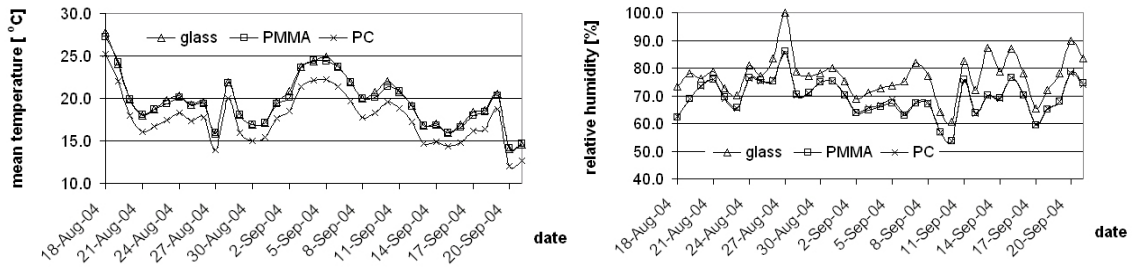
waardoor het vocht wordt afgevoerd. Als dubbel PMMA of PC zou worden toegepast, zal het vocht sneller aan een enkellaags glas worden afgevoerd.

De lichttransmissie van de drie materialen verschilde licht volgens labmetingen (Tabel 2). PMMA had een hogere transmissie dan glas en PC. In de praktijk was dit verschil erg klein, omdat ook lichtverlies optrad door condensatie aan het materiaal. In Figuur 9 is een illustratie gegeven van de dagelijkse verschillen in experiment 2. De lichttransmissie van PC was soms iets lager dan van de twee andere materialen, soms gelijk aan glas.

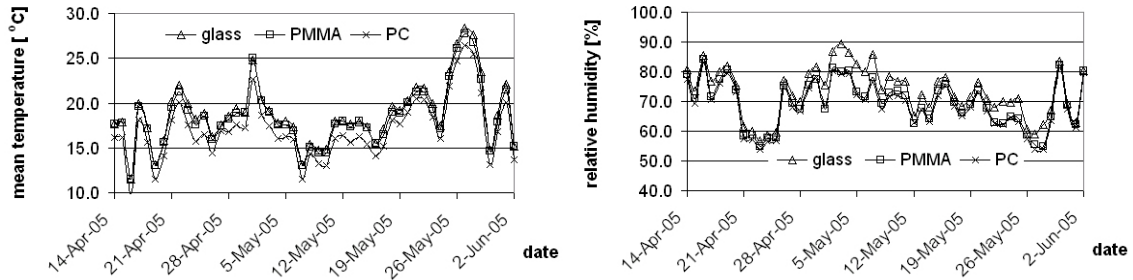


Figuur 9. *Dagelijkse stralingssom [mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>] onder drie verschillende kasdekmaterialen (PMMA, glas, PC) tijdens experiment 2 (14/4-2/6 2005).*

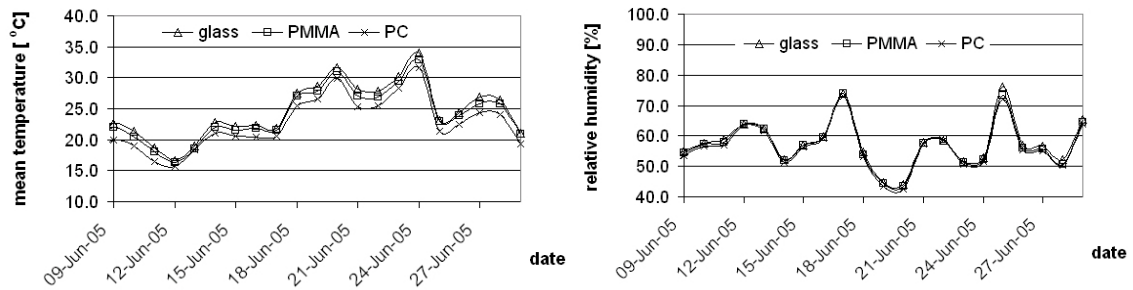
## Experiment 1



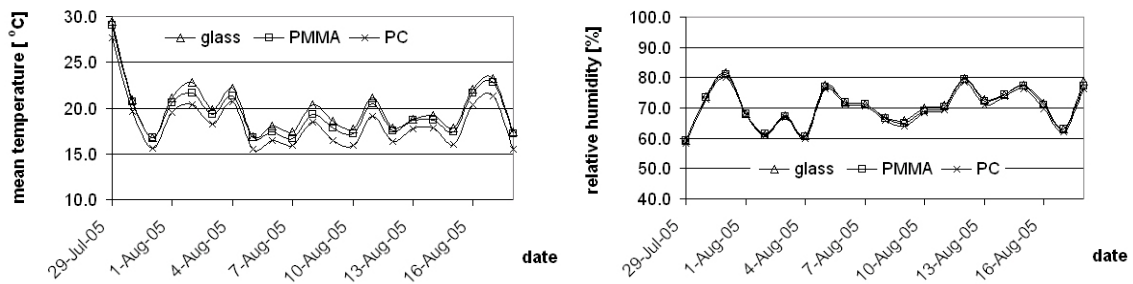
## Experiment 2



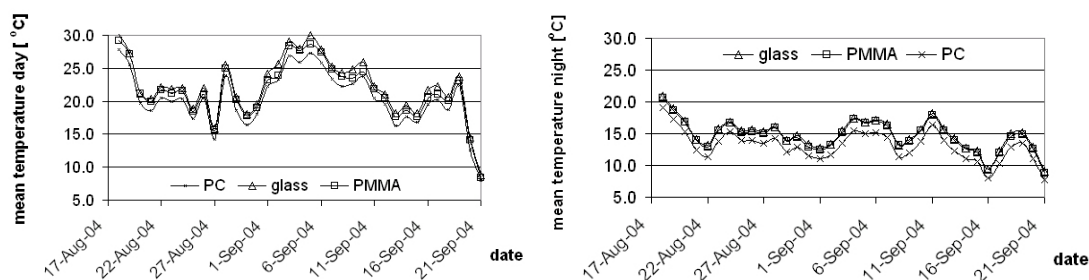
## Experiment 3



## Experiment 4



Figuur 10. Gemiddelde etmaal temperaturen [°C] (links) en relatieve vochtgehalte [%] (rechts) onder drie verschillende kasdekmaterialen (PC, glas, PMMA) tijdens experiment 1 (17/8-22/9 2004), experiment 2 (14/4-2/6 2005), experiment 3 (9/6-11/7 2005) en experiment 4 (29/7-2/9 2005).



Figuur 11. Gemiddelde dag- en nachttemperaturen [°C] onder drie verschillende kasdekmaterialen (PMMA, glas, PC) tijdens experiment 1 (17/8-22/9 2004).

Tabel 3. Gemiddelde temperaturen, vochtigheid en PAR gedurende de experimenten.

	Average temperature [°C]	Average maximum temperature [°C]	Average minimum temperature [°C]	Average humidity [%]	Average PAR [mol m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ]
<i>Experiment 1</i>					
PC	17.7	27.2	11.3	69.5	9.4
Glas	19.8	29.6	13.2	77.2	9.1
PMMA	19.6	28.9	13.4	69.5	9.6
<i>Experiment 2</i>					
PC	17.1	30.0	7.3	68.6	13.5
Glas	18.9	32.0	8.8	73.4	14.0
PMMA	18.5	31.3	8.9	69.6	14.2
<i>Experiment 3</i>					
PC	22.5	34.1	11.4	56.0	19.3
Glas	24.5	36.4	13.2	57.3	19.3
PMMA	23.8	35.2	13.2	56.7	19.5
<i>Experiment 4</i>					
PC	18.1	27.6	11.5	69.2	**
Glas	19.8	29.4	13.1	70.4	**
PMMA	19.2	28.4	13.1	70.0	**

\*\* niet gemeten, sensor defect

## 4.3 Gewasgroei

### 4.3.1 Resultaten

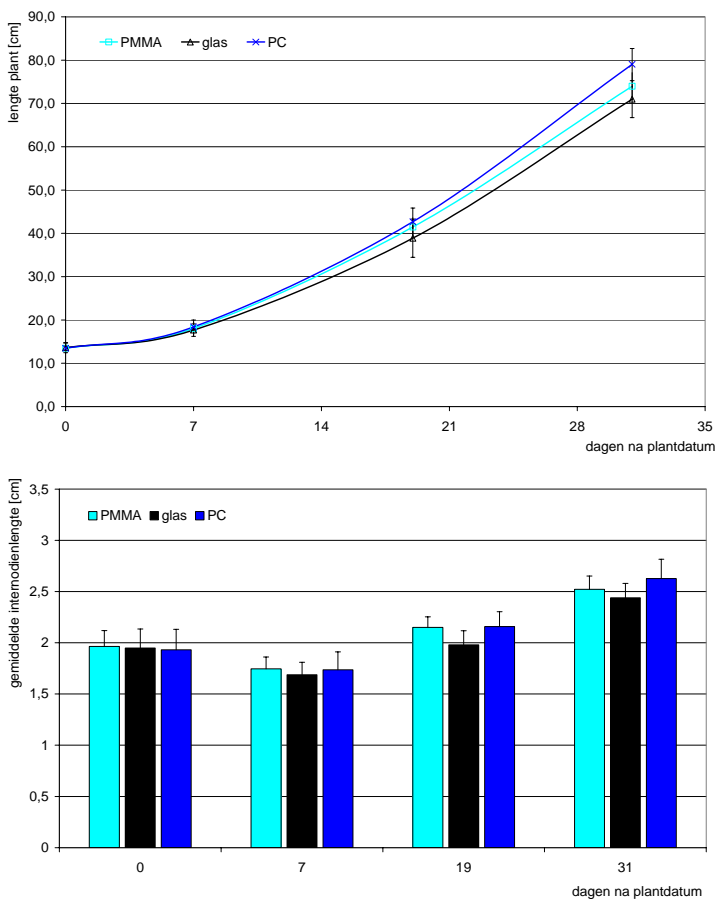
De vegetatieve groei van snijchrysanten 'Euro Pink' onder PMMA, glas en PC wordt in vier experimenten gevolgd. In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de belangrijkste gewaswaarnemingen. De uitgebreide data staan in Bijlage VI. In alle experimenten blijken de planten onder PC langer, in Figuur 12 is voor experiment 3 een voorbeeld gegeven van de lengtegroei. Aangezien het aantal bladeren niet verschilt onder de drie verschillende kasdekmaterialen, neemt de internodieënlengthe toe (Figuur 12). De stengeldikte is onder PC in tendens kleiner dan onder PMMA en die weer kleiner dan onder glas. De overige parameters die na de oogst zijn verzameld, zoals bladoppervlak, versgewicht stengel en bladeren en droge stofgehalte verschillen niet tussen de behandelingen. Wel verschillen vers- en drooggewicht per bladoppervlak (Figuur 13), de planten onder PC zijn in tendens lichter dan onder PMMA en glas.

De UV transmissie, met name UV-B, van PMMA is hoger dan die van glas en PC (Figuur 7). Uit studies in het verleden is bekend, in aanwezigheid van UV-B blijft een plant korter. Hierdoor kan het lengteverschil worden verklaard in deze experimenten. PMMA laat verder meer PAR licht door dan glas en die weer meer dan PC (Tabel 3, Figuur 7). Door meer PAR gaan planten meer groeien. Het groeiremmende effect van UV-B onder PMMA wordt waarschijnlijk gecompenseerd door een groeibevorderend effect van iets meer PAR onder PMMA, zodat de groei onder PMMA en glas ongeveer vergelijkbaar is. Onder PC zorgt de afwezigheid van UV tot een groeibevordering, welke blijkbaar niet verminderd wordt door iets minder PAR. Onder PC zou eventueel een mindere kwaliteit van de plant kunnen worden verwacht. In Tabel 4 blijkt PC wel altijd de dunste stengels te hebben, maar verschillen zijn niet significant. Ook in andere kwaliteitskenmerken zoals de drogestofgehalte zijn geen verschillen te constateren. In Figuur 14 is het geheel nog eens in een figuur weergegeven: onder PC worden de planten langer zonder UV en iets minder PAR, planten onder PMMA en glas blijven korter.

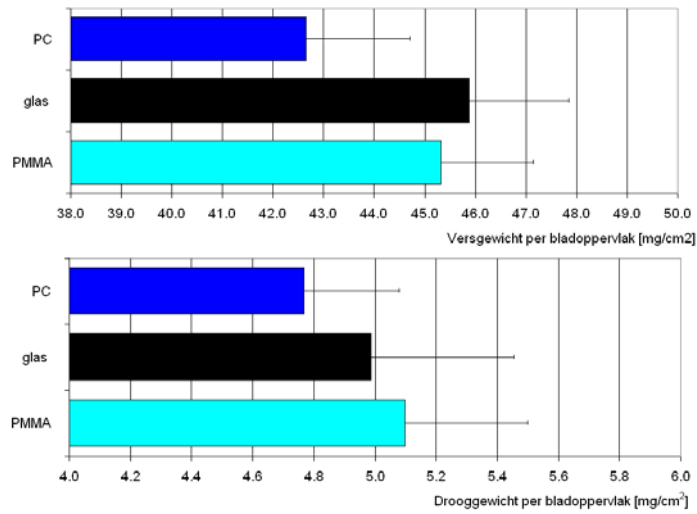
### 4.3.2 Conclusie gewasgroei

Van snijbloemen zoals chrysant wordt een snelle vegetatieve groei in een korte periode verwacht. Hiervoor is UV in de kas niet nodig. UV-blokkerende kasdekmaterialen zoals PC met gelijktijdig een zo hoog mogelijke PAR doorlatendheid bieden naar verwachting een meerwaarde voor de vegetatieve groeifase.

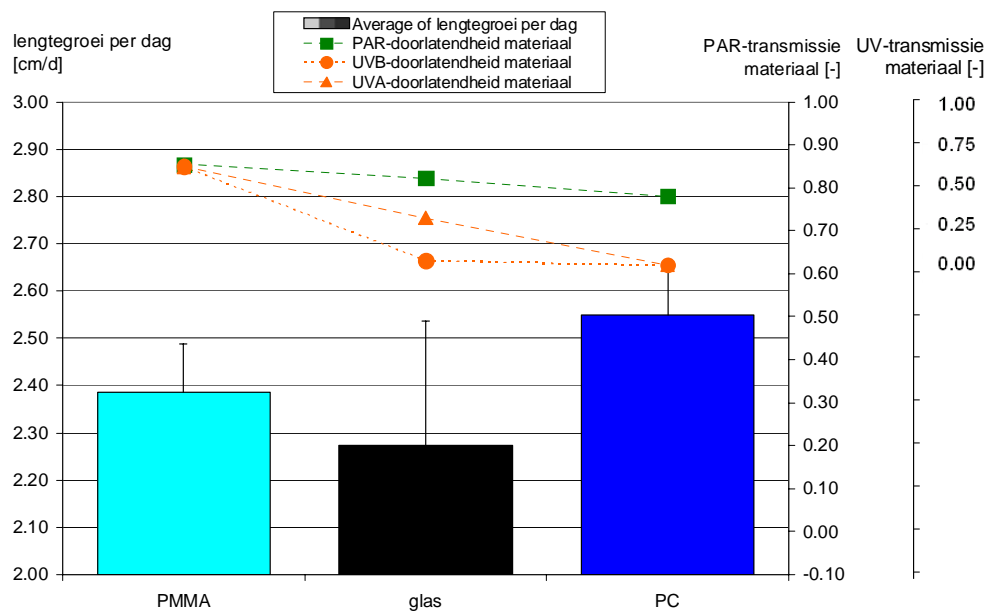
Van potchrysant wordt daarentegen een compacte groei met korte internodieën verwacht. Hier bieden geheel of gedeeltelijk UV-doorlatende materialen wellicht een meerwaarde.



Figuur 12. Ontwikkeling lengte en gemiddelde internodieën lengte in experiment 3.



Figuur 13. Vers- en drooggewicht per bladoppervlak in experiment 3.



Figuur 14. Samenvatting meetresultaten in experiment 1 t/m 4.



Tabel 4. Overzicht data alle proeven.

Data	exp1			exp2			exp3			exp4			
	materiaal	PMMA	glas	PC	PMMA	glas	PC	PMMA	glas	PC	PMMA	glas	PC
Average of lengte [cm]		71,9	72,3	74,2	58,0	56,4	59,5	74,0	71,2	79,0	81,1	80,6	83,9
Average of aantal bladeren [.]		27,3	27,5	27,2	23,2	23,4	23,2	29,4	29,2	30,2	27,4	27,7	27,6
Average of gemiddelde internodieën-lengte [cm]		2,64	2,64	2,74	2,51	2,41	2,57	2,52	2,44	2,63	3,00	2,92	3,05

Data*	exp1			exp3			exp4			
	materiaal	PMMA	glas	PC	PMMA	glas	PC	PMMA	glas	PC
Average of stengeldikte [mm]		8,5	8,9	8,4	7,3	7,4	7,2	7,9	8,0	7,7
Average of totaal bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]		1017	1060	982	841	916	978	863	846	873
Average of gemiddeld bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]		37,9	39,1	36,5	28,8	30,7	31,8	31,2	30,4	31,4
Average of versgewicht stengel [g]					35,4	35,8	37,9	38,2	38,1	35,4
Average of versgewicht bladeren [g]		46,3	48,4	44,2	38,2	42,3	41,9	37,0	36,3	36,2
Average of drooggewicht bladeren [g]		3,86	4,07	3,81	4,30	4,60	4,68	3,26	3,19	3,10
Average of drogestof gehalte [%]		8,3	8,4	8,6	11,3	10,9	11,2	8,8	8,8	8,6
Average of versgewicht per blad-oppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]		45,5	45,6	45,0	45,3	45,9	42,6	42,9	42,9	41,4
Average of drooggewicht per blad-oppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]		3,79	3,83	3,88	5,10	4,99	4,77	3,77	3,77	3,55

\* van experiment 2 zijn geen data verzameld

## 4.4 Plaaginsecten

### 4.4.1 Screening

Experiment 1 in 2004 was opgezet om gelijktijdig directe en indirecte effecten van UV-straling op verschillende plaaginsecten te screenen. Hoewel experiment 1 goed was opgezet en voorbereid werden de resultaten sterk negatief beïnvloed door onvoorziene technische problemen. Deze hadden enerzijds te maken met te veel achtergrond infectie via het plantmateriaal en immigratie van buiten de kasjes ( nabijgelegen bronnen, hoge dichtheden en onvoldoende afdichting van de kasjes). Anderzijds bleken de extreem vochtige, wisselende weersomstandigheden en lage ligging van de kasjes te leiden tot sterke condensvorming die veel insecten verloren deed gaan. Uit de beperkte data (Tabel 5) zijn vooralsnog geen conclusies te trekken. Naast de bovengenoemde technische problemen maakt de ongelijke achtergrondinfectie het niet verantwoord om de aanwezige verschillen toe te wijzen aan het effect van het kasdek materiaal. Uit latere experimenten bleek ook dat pas na een tijd van ca. 5 weken duidelijke verschillen tussen de kasdekmaterialen optraden. De resultaten hier zijn echter gebaseerd op een bemonstering na 3 weken waarna de proef werd afgebroken. Alle technische bottlenecks werden opgelost voor de experimenten in 2005.

Tabel 5. *Samenvatting van resultaten uit experiment 1 (2004).*

Gemeten parameters	GLAS (minst UV)	PC carbonaat	PMMA acryl (meest UV)
Vangst luis op vangplaten (totaal aantal individuen)	10	17	24
Vangst trips op vangplaten (totaal aantal individuen)	37	88	32
% door trips geïnfecteerde planten na 18 dagen	17%	20%	30%
% door bladluis geïnfecteerde planten na 18 dagen	5%	42%	19%
Reproductie bladluis in klemkooitjes # larven / 20 vrouwtjes (**)	3	29	25

*\*\* de reproductie was extreem laag door sterfte van vrouwtjes en larven ten gevolge van condens*

### 4.4.2 Bepaling populatiegroei van plaaginsecten onder verschillende kasdekmaterialen

Dit experiment geeft antwoord op de vraag of onder de verschillende kasdekken verschillen in populatieopbouw van de plaaginsecten aantoonbaar zijn. Wanneer er verschillen worden aangetoond zegt dit nog niets over het onderliggende mechanisme.

In Tabel 6 zijn de aantallen insecten weergegeven zoals waargenomen onder de verschillende kasdekken. In experiment 2 (start 18 april) bleek dat 2 en 4 weken na start van de proef nog maar weinig insecten per plant gevonden werden voornamelijk wat betreft trips en witte vlieg. Pas na 6 weken werden grote aantallen geteld. Wanneer de gemiddelde aantallen insecten na 6 weken worden vergeleken dan blijken zowel voor bladluis als voor trips en witte vlieg de aantallen onder kasdek PC het laagst te zijn terwijl de aantallen bij de kasdekken glas en PMMA elkaar niet veel ontlopen. Wanneer glas als referentie wordt genomen (glas = 100%) blijkt dat de aantallen insecten onder kasdek PC aanzienlijk lager zijn: bladluis: 53%, wittevlies: 64%, trips: 74%.

Tabel 6. Aantal insecten per 12 planten in experiment 2, 2, 4 en 6 weken na loslaten.

2 weken		bladluis			wittevlieg			trips		
		#	gem.	s.d.	#	Gem.	s.d.	#	gem.	s.d.
Glas	A	122	133.5	16.3	4	2.5	2.1	103	64.5	54.4
	D	145			1			26		
PMMA	B	62	39.0	32.5	1	2.5	2.1	19	23.5	6.4
	E	16			4			28		
PC	C	112	142.5	43.1	1	2.5	2.1	51	68.5	24.7
	F	173			4			86		
4 weken										
Glas	A	880	2018.5	1610.1	0	30.5	43.1	64	73.5	13.4
	D	3157			61			83		
PMMA	B	2093	3253.0	1640.5	7	18.0	15.6	54	52.0	2.8
	E	4413			29			50		
PC	C	3782	2383.5	1977.8	40	27.5	17.7	56	54.0	2.8
	F	985			15			52		
6 weken										
Glas	A	19320	24420.5	7213.2	341	376.5	50.2	303	219.5	118.1
	D	29521			412			136		
PMMA	B	17528	21163.5	5141.4	481	429.0	73.5	164	201.0	52.3
	E	24799			377			238		
PC	C	11421	13007.0	2242.9	173	242.0	97.6	128	163.0	49.5
	F	14593			311			198		

In experiment 3 werd na 4 weken bemonsterd. Niet eerder omdat de aantallen insecten dan nog niet voldoende toegenomen waren en niet later omdat de planten anders te groot zouden worden. De resultaten van de tellingen zijn weergegeven in Tabel 7.

Ook in dit experiment bleken de aantallen insecten, voor alledrie de soorten, het laagst onder kasdek PC. Wanneer Glas als referentie wordt genomen (glas = 100%) zijn de aantallen onder PC voor bladluis en wittevlieg relatief sterker gereduceerd dan in experiment 2; bladluis: 18%, wittevlieg: 32%, trips: 88%. In dit experiment wordt de sterkste toename in insectenaantallen waargenomen onder kasdek PMMA, dit geldt voor alledrie de insectensoorten.

Tabel 7. Aantal insecten per 12 planten in experiment 3, 4 weken na loslaten.

4 weken		Bladluis			wittevlieg			Trips		
		#	gem.	s.d.	#	gem.	s.d.	#	gem.	s.d.
Glas	A	2026	2939.0	1291.2	30	47.5	24.7	141	128.5	17.7
	D	3852			65			116		
PMMA	B	6748	5402.0	1903.5	128	155.0	38.2	324	292.5	44.5
	E	4056			182			261		
PC	C	226	528.5	427.8	7	15.0	11.3	91	112.5	30.4
	F	831			23			134		

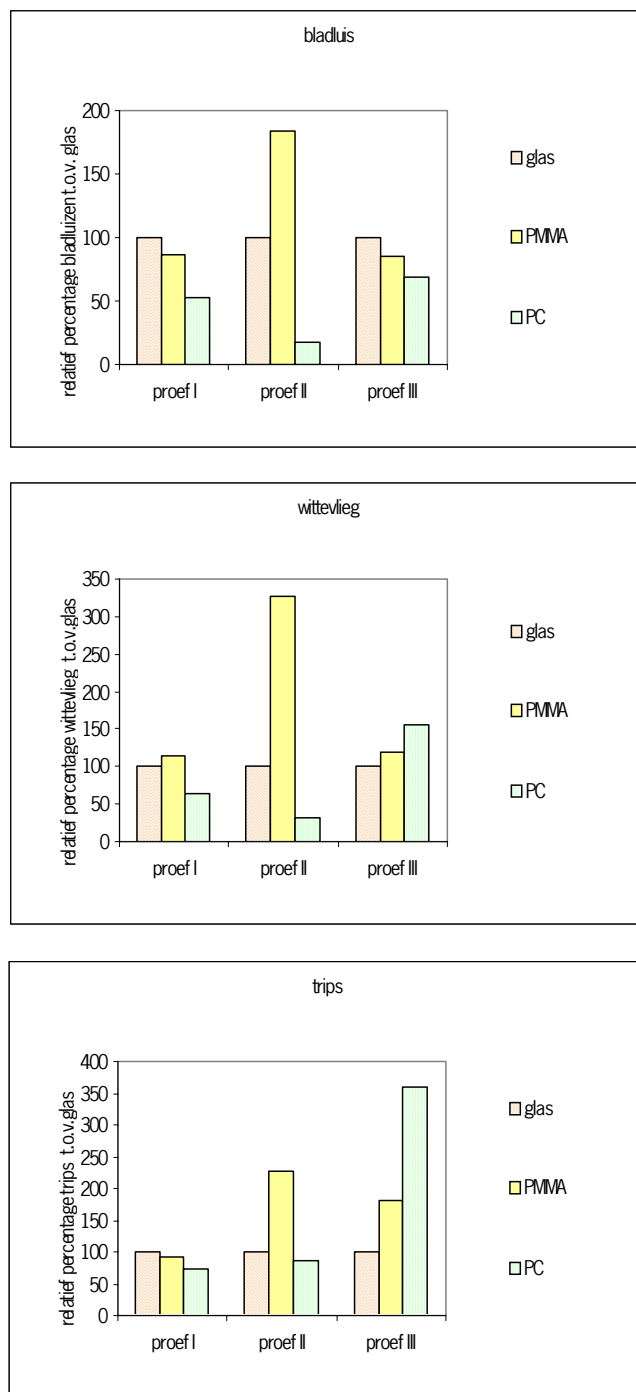
In experiment 4 (Tabel 8) moest gezien de sterke groei van de planten helaas eerder bemonsterd worden dan gepland. Gevolg was dat de aantallen insecten nog relatief laag waren in vergelijking met de eerste 2 experimenten,

waardoor aan deze waarneming minder waarde kan worden gehecht. Ook in dit experiment blijkt dat de aantallen bladluizen onder kasdek PC het laagst zijn (68% ten opzichte van glas). De aantallen witte vlieg zijn te laag om een zinnige uitspraak te kunnen doen. Bij trips zijn de aantallen onder Glas lager dan onder de andere typen kasdek. Dit is strijdig met de trend in experiment 2 en 3.

*Tabel 8. Aantal insecten per 12 planten in experiment 4, 3 weken na loslaten.*

3 weken		Bladluis			wittevlieg			trips		
		#	Gem.	s.d.	#	gem.	s.d.	#	gem.	s.d.
Glas	A	441	701.0	367.7	4	5.5	2.1	24	60.0	50.9
	D	961			7			96		
PMMA	B	125	601.0	673.2	4	6.5	3.5	24	108.0	118.8
	E	1077			9			192		
PC	C	774	479.5	416.5	11	8.5	3.5	48	216.0	237.6
	F	185			6			384		

De resultaten zijn samengevat in Figuur 15 waarbij de aantallen insecten onder kasdek Glas op 100 zijn gesteld. Hierdoor kan in een oogopslag worden gezien wat het relatieve effect is van de andere 2 typen kasdek ten opzichte van Glas.

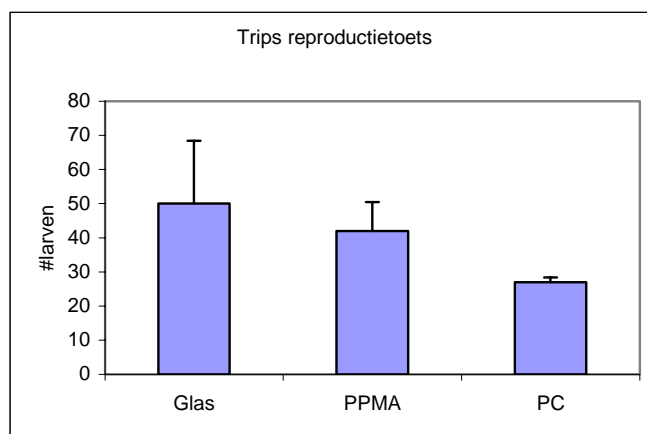


Figuur 15. Aantal insecten per 12 planten in proef I (6 weken na loslaten), proef II (4 weken na loslaten) en proef III (3 weken na loslaten). Steeds is het aantal insecten onder kastype Glas op 100% gesteld.

#### 4.4.3 Bepaling van de plantkwaliteit als voedselbron voor plaaginsecten

Dit experiment geeft antwoord op de vraag of de gewaskwaliteit voor het plaaginsect verschilt tussen planten die opgekweekt zijn onder verschillende kasdekken. Als testinsect werd gekozen voor trips en werden de planten na afronding van experiment 2 gebruikt.

In Figuur 16 is de totale reproductie van de trips op chrysanten afkomstig uit de verschillende typen kassen weergegeven. De reproductie neemt af in de volgorde Glas, PMMA, PC. Dit correleert met de aantallen trips die na 6 weken in de kassen geteld werden (219, 201, 163). Het lijkt er dus op dat de geschiktheid van de planten als voedingsbron uit kas PC gereduceerd is ten opzichte van planten uit kas PMMA en Glas. Met andere woorden de afname in populatiegroei in kas PC ten opzichte van kas Glas wordt mogelijk verklaard door een afname in geschiktheid van de plant voor tripsvermeerdering.



*Figuur 16. Resultaat trips reproductietoets op bladspansen van chrysanten afkomstig uit kassen met verschillende kasdekken (glas, PMMA, PC) na afloop van kasexperiment 1.*

Na afloop van experiment 4 werd nogmaals een dergelijke bladspansenproef gedaan, deze keer zowel met trips als bladluis. Voor dit experiment geldt dat ook hier de planten minder lang onder de verschillende kasdekken hebben gestaan dan in eerste instantie gepland was. In dit experiment konden geen verschillen worden aangetoond tussen de verschillende kasdekken.

De resultaten wijzen er op dat de populatiegroei van insecten beïnvloedbaar is door gebruik te maken van andere kasdekmaterialen. De sterkste aanwijzing hiervoor werd gevonden voor de bladluis. In alledrie de experimenten waren de aantallen bladluizen lager onder kasdek PC dan onder glas. Het effect van kasdek PMMA ten opzichte van glas is wisselend. Mogelijk dat de sterkte van de effecten van de kasdekken in voorjaar en zomer verschillend is. Of de verschillen in populatiegroei van de insecten veroorzaakt worden door directe effecten van de lichtkwaliteit op het insect of indirect, doordat de kwaliteit van de plant beïnvloed wordt is niet eenduidig vastgesteld. De proef na afloop van de experiment 2 lijkt wel in die richting te wijzen. Immers, de trips produceren minder nakomelingen op planten afkomstig uit de kas (PC) waarin ook de populatiegroei van de insecten het laagst was. In het experiment na afloop van experiment 4 werden deze verschillen niet gevonden, maar dit experiment had mogelijk een te korte looptijd om verschillen in plantkwaliteit te verkrijgen.

Uit de temperatuur en lichtgegevens van de verschillende kastypen (Figuur 10, Tabel 3) blijkt dat steeds onder kasdek Glas de hoogste temperaturen werden bereikt en onder kasdek PC de laagste. De populatiegroei van insecten is sterk temperatuursafhankelijk. Het is mogelijk dat de verschillen in populatiegroei tussen de kastypen (deels) veroorzaakt zijn door simpelweg verschillen in temperatuur.

De in deze proeven gebruikte methode is goed bruikbaar om een uitspraak te kunnen doen over de effecten van verschillende kasdekmaterialen op de populatiegroei van insecten. We hebben wel uit de proeven geleerd dat het van belang is om te zorgen dat de proeven een minimale tijdsduur hebben zodat er voldoende populatieontwikkeling is van de insecten om verschillen aan te kunnen aantonen. Andere redenen om de proeven wat langer te laten doorlopen zijn dat eventuele verschillen in plantkwaliteit tussen de kastypen zich in de tijd zullen opbouwen. Het effect op de insecten zal daardoor pas na verloop van tijd zichtbaar worden.

In bovenbeschreven proeven werd gebruik gemaakt van opgepotte chrysanten die los waren geplaatst op een tafel. Het bleek dat de chrysanten al na enkele weken zo hard gegroeid waren dat ze dreigden om te vallen. In een eventueel vervolgonderzoek zouden maatregelen genomen moeten worden om omvallen te voorkomen, dan wel zou voor een ander modelgewas gekozen moeten worden.

Het bleek dat in de proeven de populatie van wittevlieg langzaam op gang kwam. Mogelijk kan dit verbeterd worden door de wittevliegen eerst enige tijd te kweken op het gewas waarop ze getest worden (chrysant in dit geval). In bovengenoemde experimenten werden witte vliegen van tomaat verzameld en losgelaten in de kassen. Een dergelijke gewaswisseling vraagt aanpassing van de insecten. De bladluizen en trips waren wel afkomstig van kweken op chrysant.

#### 4.4.4 Conclusie

1. Door de keuze van het kasdektype kunnen insectenplagen onderdrukt of juist gestimuleerd worden. Wanneer glas als referentie wordt genomen blijkt PC insectenplagen (met name bladluis en witte vlieg) te reduceren. Kasdek PMMA lijkt in een aantal gevallen de plaagopbouw juist te stimuleren.
2. Voor elk gewas zal aangegeven moeten worden binnen welke grenzen met de kwaliteit (kwalitatieve en kwantitatieve lichtdoorlaatbaarheid) van het kasdek gevarieerd kan worden. Dit is de speelruimte waarbinnen bekeken kan worden hoe insectenplagen maximaal onderdrukt kunnen worden.
3. Wat het mechanisme is dat de verschillen in populatiegroei van de insecten tussen de verschillende kastypen verklaart is vooralsnog niet helemaal duidelijk. Mogelijk spelen verschillen in lichtkwaliteit/kwantiteit, temperatuur en/of plantkwaliteit een rol.

#### 4.4.5 Suggesties voor nader onderzoek

1. Herhaling van de proeven waarbij een zo lang mogelijke looptijd wordt nagestreefd en waarbij gewasanalyses van inhoudsstoffen van planten gedaan worden: zijn er verschillen in N, P, K, andere nutriënten/inhoudsstoffen die het effect op insecten verklaren?
2. Effect van de kasdekken op verschillende plantensoorten: kunnen bovengenoemde resultaten geëxtrapoleerd worden naar andere gewassen?
3. In het huidige experiment is gebruik gemaakt van vegetatieve planten: wat zullen de effecten zijn bij bloeiende planten?
4. Effecten van kasdekken op nuttige organismen (bestuivers, natuurlijke vijanden).

## 5. Integrale beoordeling kasdekmaterialen met verschillende UV-doorlatendheid

In dit hoofdstuk worden n.a.v. de gepresenteerde literatuurstudie (hoofdstuk2) en de uitgevoerde proeven (hoofdstuk 3 en 4) en verdere beschikbare informatie de voor- en nadelen van verschillende energiebesparende kasdekmaterialen met betrekking tot de verschillen in UV-doorlatendheid en de gevolgen hiervan integraal beoordeeld. Deze beoordeling wordt gerelateerd aan diverse gewassen of gewasgroepen, zodat duidelijk wordt voor welke producten een win-win situatie door het gebruik van een bepaald energiebesparend kasdekmateriaal ontstaat. De beoordeling start met het in kaart brengen van de interactie van UV met verschillende gewasparameters en een inschatting van, welke gewasgroep heeft voor het behalen van een bepaald kwaliteitsparameter welk deel van het UV spectrum nodig. Daarna wordt de interactie van UV met plaaginsecten, nuttige insecten, schimmels en virussen in kaart gebracht. Uiteindelijk is de keuze van een kasdekmateriaal voor een bepaalde gewasgroep, behalve van de UV-doorlatendheid van het materiaal, ook afhankelijk van andere criteria, zoals de totale lichtdoorlatendheid en het energiebesparend effect. Dit hoofdstuk sluit af met een integrale beoordeling van de beschikbare kasdekmaterialen op de meest belangrijke criteria.

### 5.1 Interactie UV en gewas

UV-B kan planten beïnvloeden op twee algemene manieren, door bij lage intensiteiten de productie van beschermende elementen in de plant te induceren, en, bij hogere intensiteiten, door het veroorzaken van schadelijke effecten op planten.

Planten beschikken bij voldoende hoge PAR niveaus over verschillende mechanismen om beschadigingen door UV straling te voorkomen zoals reflectie, DNA reparatiemechanismen en afvangen van radicalen. Bescherming wordt ook geboden door de vorming van een aantal pigmenten (flavonoiden en anthocyanen), verhoogde gehalten van secundaire inhoudstoffen (glutathione en ascorbaat) en verhoogde activiteit van beschermende enzymen (superoxide dismutase, glutathione reductase en peroxidase). Daarnaast worden bij hogere intensiteiten van UV-B ook dikkere waslagen gevormd.

Schadelijke effecten ontstaan voornamelijk op biochemisch niveau en worden veroorzaakt door remming van het fotosysteem (PSII), degradatie van eiwitten (ook PSII) en verzwakking van membraansystemen. Daarnaast resulteert een teveel aan UV-B in de reductie van enzymactiviteit (Rubisco) en een reductie van chlorofyl en carotenoïden gehalten, allemaal direct nodig voor de fotosynthese.

In combinatie met blauwlicht speelt UV-A een rol bij de regulatie van een aantal morfologische processen zoals stengelstrekking, bladontwikkeling en fototropisme. Op biochemisch niveau beïnvloedt UV-A de transcriptie van een aantal genen.

De genoemde effecten van UV-B en UV-A straling op biochemisch niveau hebben ook invloed op de morfogenese en ontwikkeling van de plant. Een samenvatting van de belangrijkste effecten van de verschillende typen straling op planten staat in Tabel 9.

Vanuit de effecten van UV straling op fysiologische en morfologische aspecten in de plant (Tabel 9) en de kwaliteitskenmerken van verschillende gewasgroepen kunnen de behoeftes van gewassen qua UV straling worden gedefinieerd zoals in Tabel 10 beschreven. Dit overzicht bevat de belangrijkste gewasgroepen in Nederland. Het overzicht moet worden gezien als samenvatting van de verwachte reactie van een gewasgroep. Uitzonderingen kunnen ontstaan voor andere gewassen en verschillende cultivars. De werking van UV moet worden gezien als een bijdrage aan het halen van de genoemde kwaliteitskenmerken. Andere factoren zoals het totale lichtniveau en de temperatuur zijn hierbij heel belangrijk. Omdat de werking van UV straling maar op weinig gewassen is onderzocht is het overzicht indicatief.



Tabel 9. Effect van UV-B en UV-A straling op enkele fysiologische en morfologische processen in planten (gebaseerd op Hemming et al., 2004).

Effect	UV-B	UV-A	geen UV
Fysiologie			
Fotosynthese	↓	↑	↑
Biomassa	↓	?	↑
Synthese van:			
- Anthocyaan	↑	↑	↓
- Flavanoïden	↑	↑	↓
- Ligninen/tanninen	↑	↑	↓
<i>Morfologie</i>			
Strekingsgroei	↓	↓	↑
Vertakking	↑	↑	↓
Bladoppervlak	↓	?	?
Bladdikte	↑	?	?
Bloei Korte Dag Planten	↓	?	?
Bloei Lange Dag Planten	↓	?	?

↑ stimulerend effect, ↓ remmend effect, ? niet bekend

Tabel 10. Kwaliteitskenmerken van verschillende gewasgroepen en behoefte aan UV.

Gewas	Kwaliteitskenmerken	UV-B	UV-A
Uitgangsmateriaal (jonge planten)	In korte tijd snelle groei met grote bladmassa maar geringe stengelstrekking, stevige planten, ziektevrij, planten voor buitenteelt adapteren aan lage temperaturen en veel UV (afharden)	(-)	(+)
- voor kasteelt		+	+
- voor buitenteelt		(-)	(+)
Vruchtgroenten (tomaat, komkommer, paprika)	Hoge fotosynthese, evenwicht tussen vegetatieve en generatieve groei, veel vruchten, geen zijscheuten, smaakstoffen vruchten	(-)	(+)
Bladgroenten (sla)	In korte tijd snelle groei met grote bladmassa, stevige planten, secundaire gezondheidsbevorderende inhoudstoffen, rode cultivars hebben UV-B nodig	(-)	(+)
- groene cultivars		+	+
- rode cultivars		(-)	(-)
Snijbloemen éénmalig oogstbaar (chrysant)	Voor vegetatieve fase snelle lengtegroei, lange stevige stelen, daarna generatieve fase met veel knoppen, afhankelijk van cultivar wél of niet vertakking, hoge lichtintensiteit voor intensieve kleur en goede kwaliteit	(-)	(-)
- witte cultivars		(+)	(+)
- gekleurde cultivars			
Snijbloemen meermalig oogstbaar (roos, gerbera)	Lange dikke stelen, grote knoppen, intensieve bloemkleur, maar schade aan donkerrode cultivars door UV-B	-	(-)
- donkerrode cultivars		(+)	(+)
- overige cultivars			
Potplanten schaduwplant	Bij groene soorten snelle groei met grote bladmassa, bij bloeiende soorten veel bloemen met intensieve bloemkleuren	-	(-)
- groen: Hedera, Varen		(-)	(-)
- bloei: Phalaenopsis, Saintpaulia			
Potplanten lichtminnend	Compacte stevige planten, vertakking, bij bloeiende soorten snelle bloei en intensieve bloemkleuren	(+)	(+)
- groen: Ficus, Palm		+	+
- bloei: Chrysant, Kalanchoë			

- negatief, + positief, (-) overwegend negatief, (+) overwegend positief

## 5.2 Interactie UV en insecten, schimmels, virussen en bestuivers

Vrijwel alle onderzoeken wijzen op een aanzienlijke afname van aantallen plaaginsecten (trips, witte vlieg, bladluis, spintmijt en mineervlieg) bij toepassing van UV-absorberende kasdekmaterialen. Als gevolg daarvan treden ook virusziekten veel minder op (Tabel 11).

Insecten mijden UV-B en eten minder van planten die onder UV-B opgegroeid zijn, als ze de keus hebben voor een UV-B-vrij alternatief. Het effect van extra UV-B (bovenop normaal zonlicht) op groei en ontwikkeling van insecten verloopt via een effect op de eigenschappen van de waardplanten. Deze planteigenschappen vormen samen de zogenaamde waardplantkwaliteit. De chemische samenstelling van de plant (zowel primaire als secundaire inhoudsstoffen) hebben een duidelijk effect op bijvoorbeeld op 'performance' van een soort. Performance is de combinatie van groei en reproductie.

Insectenogen zijn gevoelig voor UV-A. Dit is bijvoorbeeld voor witte vlieg en spint vastgesteld. UV-A is (net als lichtintensiteit in het algemeen) vlieggedrag stimulerend. Afwezigheid van UV-A (met name in het hoge gebied, 360-400nm) verstoort het vlieggedrag en bemoeilijkt de kolonisatie van het gewas. Dit lijkt de belangrijkste factor die het schadeverminderend effect van UV blokkers in dekmaterialen veroorzaakt. Bij een overmaat aan UV-A en richtreflectie uit de verkeerde richting (bijvoorbeeld folies onder en tussen het gewas) wordt er wel veel gevlogen maar kunnen de insecten zich niet op het gewas oriënteren (mogelijk is dit een richting- of contrasteffect).

Een tekort aan UV- licht beïnvloedt de oriëntatie van vliegende insecten. Het normale gedrag van de wittevlies wordt veranderd, wat een verminderde verspreiding van wittevlies en het virus waarvan hij de vector is, tot gevolg heeft. Enkele onderzoekers vinden dat de plaagontwikkeling uitgesteld wordt. Het kan dan om een vertraging van de immigratie gaan:

In grote lijnen lijken de effecten op natuurlijke vijanden niet veel anders dan die op plaaginsecten. Over het effect op hun performance en effectiviteit als predator of parasiet is niets bekend.

UV-licht is nodig voor de sporulatie van veel schimmels. UV absorptie door de kasbedekking zal de sporulatie van veel ziekteverwekkende schimmels remmen. Een hoge blauw / UV-B ratio van het licht levert een effectieve remming van de sporulatie op. Groei van mycelium wordt waarschijnlijk niet beïnvloed.

Onderzoek naar de invloed van licht op bestuivers betreft ook voornamelijk onderzoek naar UV-absorberende materialen. Hommels verlaten kassen met UV minder snel dan een kas zonder UV. Daarnaast zijn hommels juist actiever in kassen met UV. Keuzeproeven onder experimentele omstandigheden laten een voorkeur zien voor UV. Recentelijk is er behoorlijk wat werk verricht wat betreft de effecten van kasdekmaterialen op o.a. hommels die gebruikt worden als bestuivers in de verschillende gewassen. De resultaten zijn echter voorlopig strijdig. De ene onderzoeksgroep geeft aan dat de efficiëntie van hommels in het vinden van de bloemen niet is veranderd bij aan- of afwezigheid van UV, omdat bijen en hommels in staat zijn om zich aan te passen. Dezelfde onderzoekers geven ook aan dat bij totale afwezigheid van UV het visueel vermogen van de bestuivers niet achteruit gaat en ze uitstekend in staat zijn de bloemen te vinden. Onderzoek van Blacquièr *et al.* (2006) toont daarentegen aan dat bijen zonder UV snel gedes-oriënteerd raken en de weg naar de kast niet meer terug kunnen vinden.

Tabel 11. Effect van UV-B en UV-A straling op insecten, schimmels en virussen.

Effect	UV-B	UV-A	geen UV
<i>Plaaginsecten (trips, witte vlieg, bladluis, spintmijt, rupsen)</i>			
Invliegen in kassen	↑	↑	↓
Aantallen op plant	↑	↑	↓
Zien	↑	↑	↓
Vliegen	?	↑	?
Kolonisatie plant en reproductie	↑	↑	↓
<i>Natuurlijke vijanden</i>			
	vergelijkbaar met plaaginsecten		
<i>Virussen</i>	↑	↑	↓
<i>Schimmels</i>			
Vorming mycelium	-	-	-
Sporulatie	↑	↑	↓
<i>Bestuivers (hommels en bijen)</i>			
Oriëntatie	↑	↑	↓
Bestuiving door hommels en bijen	?	?	-

↑ stimulerend effect, ↓ remmend effect, - geen invloed

### 5.3 UV-doorlatendheid van kasdekmaterialen

In Tabel 12 wordt een overzicht van in Nederland gebruikte kasdekmaterialen en hun eigenschappen gegeven. De meest gebruikte groepen kasdekmaterialen worden beoordeeld op hun doorlatendheid voor PAR, UV-B, UV-A, levensduur en prijs. Bij energiebesparende kasdekmaterialen wordt ook de gemiddelde k-waarde aangegeven.

Tabel 12. Overzicht kasdekmaterialen en hun eigenschappen (gebaseerd op Hemming et al., 2004 en Sonneveld et al., 2003).

Kasdek materiaal	PAR-transmissie direct	PAR-transmissie diffuus	UV-B doorlatendheid	UV-A doorlatendheid	<i>K</i> -waarde	Levensduur	Prijs
	[%]	[%]			[W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	[Jaar]	[€ m <sup>-2</sup> ]
Tuinbouwglas enkel	89-91	82-83	nee	ja		25	4-5
Witglas enkel	90-92	83-84	gedeeltelijk	ja		25	8
AR-glas enkel	95-96	89-92	afhankelijk van glastype	ja		>15	10
Tuinbouwglas dubbel	81-82		nee	ja	3.0	25	16
AR-glas dubbel	91-92	85-86	afhankelijk van glastype	ja	3.0	>15	20
PMMA-UV dubbel	ca. 85	ca. 74	nee	nee	2.8	15	18-20
PMMA+UV dubbel	88-89	ca. 76	ja	ja	2.8	15	18-21
PC dubbel	76-80	ca. 61	nee	nee	3.5	15	13-20
PC-zigzag dubbel	90-91	ca.80	nee	nee	3.4	15	32
PE folie enkel	89-90	80-82	afhankelijk van foliotype	afhankelijk van foliotype		4-5	0.50-1.00
PE folie dubbel			afhankelijk van foliotype	afhankelijk van foliotype	4.6	4-5	1-2
ETFE folie enkel	93-94	ca. 88	ja	ja		>15	10
ETFE folie dubbel	ca. 89	ca. 73	ja	ja	2.9	>15	20

## 5.4 Integrale beoordeling energiebesparende kasdekmaterialen

Voor de keuze van een kasdek materiaal zijn een aantal beoordelingscriteria van belang. Voor een ondernemer is vooral belangrijk dat een kasdek materiaal een optimale gewasproductie bij geringe kosten mogelijk maakt.

Belangrijke beslissingscriteria bij de keuze van het optimale kasdek materiaal zijn de **lichtdoorlatendheid** en de **energiebesparing**. In het algemeen is een kasdek met een hoge lichtdoorlatendheid wenselijk, om vooral in de lichtarme wintermaanden zo veel mogelijk licht in de kas te krijgen. De reductie van de energiebehoefte kan worden bereikt door het gebruik van energieschermen en/of meerlaagse kasdekmaterialen.

Een enkellaags kasdek heeft vaak een hogere lichtdoorlatendheid en lagere kosten. Door het gebruik van een energiescherm kan vooral tijdens de donkere nachtperiode energie worden bespaard. Als het scherm ook overdag wordt gesloten om energie te besparen, kost dit licht en daarmee productie. Een voordeel van het gebruik van een energiescherm is echter dat het vaak goedkoper is dan een meerlaags kasdek materiaal en dat het kasklimaat flexibel geregeld kan worden.

Daarentegen bestaan ook meerlaagse kasdekmaterialen met een hoge lichtdoorlatendheid. De energiebesparing is hoger dan onder een enkellaags kasdek materiaal met een energiescherm. In gewassen met een zeer hoog energieverbruik wordt daarom vaak voor een meerlaags kasdek materiaal in combinatie met een energiescherm gekozen. Economische oorzaken, namelijk hogere kosten van het materiaal zelf en (nog te) geringe energiekosten, maken meerlaagse kasdek materiaal niet voor alle gewassen rendabel.

Naast de boven genoemde criteria lichtdoorlatendheid en energiebesparing kunnen ook additionele effecten een rol spelen in de beslissingsstructuur van de ondernemer voor een bepaald kasdek materiaal, zoals de mate waarin het kasdek materiaal UV-straling doorlaat. UV-straling beïnvloedt naast gewasproductie en kwaliteit ook andere organismen in de kas, zoals plaaginsecten, schimmels, virussen en de in de kas werkende mens. Ten aanzien van de UV-doorlatendheid moet het optimale kasdek materiaal voor een bepaalde gewasgroep vooral worden gekozen op de parameters voor de **gewasproductie en kwaliteit**. Andere parameters zoals de reductie van plaaginsecten, schimmels of virussen dragen bij aan een gezonde gewasproductie en kwaliteit en zijn ons inziens belangrijk, maar kunnen ook door andere maatregelen dan het kasdek materiaal worden bereikt. Deze parameter geeft een **additioneel voordeel** als het gecombineerd kan worden met een optimale gewasproductie en kwaliteit kan worden bereikt door een niet-UV-doorlatend kasdek materiaal.

In deze studie zijn de additionele effecten van diverse kasdekmaterialen vergeleken. Kasdekmaterialen, welke geen UV-B straling doorlaten maar wél UV-A, zoals standaard tuinbouwglas, zijn voor alle gewasgroepen geschikt. Dit leert de ervaring uit het verleden. De effecten op gewasgroei, ziekten en plagen zijn bekend. Het is de **standaard-situatie**. Ook de meeste PE folies horen bij de traditionele kasdekmaterialen, welke wereldwijd standaard worden toegepast voor alle gewasgroepen. Nieuwere materialen zoals tuinbouwglas met een anti-reflectiecoating zijn naar verwachting evenwel voor alle gewasgroepen geschikt. Als voor een meerlaags kasdek wordt gekozen komen dubbele platen PMMA-UV in aanmerking voor alle gewasgroepen. Maar ook dubbele PE folies worden toegepast in gewassen waar licht en minder belangrijke rol speelt dan de te bereiken energiebesparing. Ook dubbel antireflectiecoating glas is denkbaar voor teelten met een hoog energieverbruik en een hoge lichtbehoefte.

Soms biedt echter een UV-doorlatend of juist een niet-UV-doorlatend materiaal meer voordelen voor de gewasproductie en kwaliteit of kan een additioneel voordeel worden behaald ten aanzien van plantenziektenkundige aspecten.

O 13 geeft aan dat kasdekmaterialen die **geen UV-straling doorlaten**, het meest geschikt zijn voor niet gekleurde cultivars van éénmalig oogstbare snijbloemen, voor donkerrode rozen en voor schaduwminnende groene en bloeiende potplanten. Het gebruik van deze materialen wordt niet aanbevolen voor uitgangsmateriaal voor de buitenteelt, omdat dan het afharden moeilijk is. Het wordt voorlopig niet aanbevolen voor vruchtgroenten die bestuivers nodig hebben, omdat de bestuivers waarschijnlijk minder effectief zijn. Aubergines en rode cultivars bladgroenten kunnen onder niet-UV-doorlatende kasdekmaterialen niet de typische kleur vormen en bloeiende lichtminnende potplanten kunnen niet voldoende compact blijven en intensieve bloemkleuren vormen.

Kasdekmaterialen, welke geen UV-straling doorlaten zijn bijvoorbeeld (Tabel 12): PC dubbel, PC zigzag dubbel en PMMA-UV dubbel. Ook bestaan er PE folies enkel en dubbel, welke alle UV-straling blokkeren.

Aan de andere kant bieden kasdekmaterialen, welke **alle UV-straling doorlaten** de meeste voordelen voor uitgangsmateriaal voor de buitenteelt, aubergines, rode cultivars van bladgroenten, gekleurde cultivars van éénmalig en meermalig oogstbare snijbloemen en voor lichtminnende potplanten (Tabel 13). Het gebruik van deze materialen wordt niet aanbevolen voor donkerrode cultivars van rozen, omdat deze schade kunnen krijgen in de vorm van petal-blackening. Het gebruik wordt verder niet aanbevolen voor schaduwminnende groene potplanten, welke oorspronkelijk afkomstig zijn uit een omgeving zonder UV-straling.

Kasdekmaterialen, welke alle UV-straling doorlaten zijn bijvoorbeeld (Tabel 12): PMMA+UV dubbel en ETFE folie enkel en dubbel. Verder bestaan er PE folie enkel en dubbel, welke volledig doorlatend zijn voor alle UV-straling. Ook bestaat er witglas en witglas met een anti-reflectie coating, zogenoemd AR-glas, dat in enkele en dubbele uitvoering toegepast zou kunnen worden, dat een deel van de UV-B straling en alle UV-A straling doorlaat. De doorlatendheid is echter minder dan bij eerst genoemde materialen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de keuze van het kasdek materiaal moet worden bepaald op de optimale gewasproductie en kwaliteit tegen lage kosten gecombineerd met een laag energiegebruik. Enkellaags tuinbouwglas en in het buitenland enkellaagse folies zijn de standaardsituatie. Een beperkt energieverbruik kan worden gerealiseerd door het gebruik van een energiescherm of dubbellaagse kasdekmaterialen. Additionele voordelen kunnen worden behaald door het veranderen van de UV-doorlatendheid van het kasdek materiaal. De keuze hiervoor moet echter worden gemaakt volgens de eisen ten aanzien van gewasproductie en kwaliteit. Geringe additionele voordelen kunnen worden behaald ten aanzien van ziekten en plagen onder niet-UV-doorlatende kasdekmaterialen. De kans op beval zal worden gereduceerd, er bestaat echter geen zekerheid dat er geen beval optreedt. Het kasdek materiaal moet dan ook als hulpmiddel worden gezien. Een kwalitatief goed gewas met een hoog weerstandsvermogen is bijzonder belangrijk.

Tabel 13. Keuze kasdek materiaal op grond van verschillende beoordelingscriteria uitgaande van hun invloed op de teelt – negatief, + positief, (-) overwegend negatief, (+) overwegend positief, o neutral.

Gewas	Beoordelingscriteria						Optimaal kasdek materiaal					
	Gewasproductie en kwaliteit		Plaginsecten, schimmels, virussen		Bestuivers		Licht-behoefte	Energie-behoefte	Energiebesparing belangrijk?	UV-doorlatendheid belangrijk?		
	Doorlatendheid van:	UV-B	UV-A	UV-B	UV-A	UV-B	UV-A	Alle UV		'Glas'	Geen UV	
Uitgangsmateriaal (jonge planten)												
- voor kasteelt	(-)	(+)	(-)	(-)	nvt	nvt	hoog	hoog	+	0	0	0
- voor buitenteelt	+	+	(-)	(-)			gemiddeld	laag	-	+	0	-
Vruchtgroenten												
- tomaat, komkommer, paprika	(-)	(+)	(-)	(-)	resultaten		hoog	hoog	+	0	+	-
- aubergine	(+)	+	(-)	(-)	tegenstrijdig		hoog	hoog	+	+	0	-
Bladgroenten (sla)												
- groene cultivars	(-)	(+)	(-)	(-)	nvt	nvt	gemiddeld	laag	-	0	0	0
- rode cultivars	+	+	(-)	(-)					-	+	0	-
Snijbloemen éénmalig oogstbaar (chrysant)												
- niet-gekleurde cultivars	(-)	(-)	(-)	(-)	nvt	nvt	hoog	gemiddeld	(+)	0	0	+
- gekleurde cultivars	(+)	(+)	(-)	(-)					(+)	+	0	0
Snijbloemen meermalig oogstbaar (roos, gerbera)												
- donkerrode cultivars	-	(-)	(-)	(-)	nvt	nvt	hoog	gemiddeld-	(+)	-	0	+
- overige cultivars	(+)	+	(-)	(-)				hoog	(+)	+	0	0
Potplanten schaduwplant												
- groen: Hedera, Varen	-	(-)	(-)	(-)	nvt	nvt	laag,	hoog	+	-	0	+
- bloei: Phalaenopsis, Saintpaulia	(-)	(-)	(-)	(-)			in zomer		+	0	0	+
Potplanten lichtminnend												
- groen: Ficus, Palm	(+)	(+)	(-)	(-)	nvt	nvt	hoog,	gemiddeld-	(+)	0	0	0
- bloei: Chrysant, Kalanchoë	+	+	(-)	(-)			in zomer	hoog	(+)	+	0	-





## 6. Conclusie

Er zijn energiebesparende kasdekmaterialen op de markt die, in vergelijking met tuinbouwglas, het aandeel UV-straling dat in de kas komt veranderen. Dit heeft consequenties voor de groei van de planten onder deze materialen maar ook voor het gedrag van andere levende organismen zoals plaaginsecten, predatoren, schimmels, virussen en bestuivende insecten en de in de kas werkende mens.

In dit project is nagegaan welk kasdekmateriaal voor welke gewasgroepen de meeste voordelen biedt. Dit geeft leveranciers en tuinders een handvat om de juiste keuze te kunnen maken en zal in de toekomst het gebruik van de juiste energiebesparende kasdekmaterialen bevorderen.

De literatuurstudie (hoofdstuk 2) toont een aanzienlijke afname van plaaginsecten (trips, wittevlug, bladluis, spintmijt, mineervlieg) bij toepassing van UV absorberende kasdekmaterialen aan. Hierdoor treden ook minder virusziekten op. Schimmels blijken UV licht nodig te hebben voor sporulatie; myceliumgroei wordt niet beïnvloed.

Onderzoeksresultaten ten aanzien van bestuivende insecten laat zien dat in kassen zonder UV (o.a. polycarbonaat) de oriëntatie slecht is en dat bijen en hommels onvoldoende terugkeren naar de kast, dit ondanks het leervermogen. Aanvangsverliezen van pas geplaatste volken zijn hoog.

De resultaten van de literatuurstudie worden bevestigd door experimenten op semi-praktijkschaal onder Nederlandse stralingsomstandigheden (hoofdstuk 3 en 4). Als voorbeeldgewas werd hiervoor chrysant gekozen, omdat het hierbij om een relatief snel groeiend gewas gaat met veel potentiële ziekten en plagen. De resultaten wijzen er op dat de populatiegroei van insecten beïnvloedbaar is door gebruik te maken van andere kasdekmaterialen. De sterkste aanwijzing hiervoor werd gevonden voor bladluis. In alledrie de experimenten waren de aantallen bladluizen lager onder kasdek PC dan onder glas. Wat het mechanisme is dat de verschillen in populatiegroei van de insecten tussen de verschillende kastypen verklaard, is vooralsnog niet helemaal duidelijk. Mogelijk spelen verschillen in lichtkwaliteit/kwantiteit, temperatuur en/of plantkwaliteit een rol. Aanvullend onderzoek is hier wenselijk.

In hoofdstuk 5 worden de voor- en nadelen van verschillende energiebesparende kasdekmaterialen met betrekking tot de verschillen in UV-doorlatendheid en de gevolgen hiervan integraal beoordeeld. Bij de **keuze van het optimale kasdekmateriaal** is vooral belangrijk dat een optimale gewasproductie gerealiseerd kan worden bij gelijktijdig lage kosten. Belangrijke beoordelingscriteria zijn dan ook de lichtdoorlatendheid van een kasdekmateriaal, de potenties voor energiebesparing en alle economische aspecten. Daarnaast kunnen additionele effecten een rol spelen in de beslissingsstructuur van de ondernemer, zoals de mate waarin het kasdekmateriaal UV-straling doorlaat. Hiervoor geldt dat de UV-doorlatendheid vooral wordt afgestemd op de eisen van een bepaalde gewasgroep om een optimale gewasproductie en kwaliteit te kunnen realiseren. Additionele voordelen ten aanzien van de plantenziektenkundige aspecten kunnen de gemaakte keuze ondersteunen.

De ervaring in het verleden leert dat kasdekmaterialen, welke geen UV-B straling doorlaten maar wél UV-A, zoals standaard tuinbouwglas, maar ook standaard PE folies en bepaalde platen, voor alle gewasgroepen geschikt zijn. De effecten op gewasgroei, ziekten en plagen zijn bekend. Het is de **standaardsituatie**.

Extra voordelen kunnen worden bereikt door het gebruik van kasdekmaterialen die **geen UV-straling doorlaten**. Deze zijn het meest geschikt zijn voor niet gekleurde cultivars van éénmalig oogstbare snijbloemen, voor donkerrode rozen en voor schaduwminnende groene en bloeiende potplanten. Voor andere gewasgroepen zoals uitgangsmateriaal van veel kasgewassen en lichtminnende groene potplanten is het gebruik evenwel denkbaar. Een niet-UV-doorlatend kasdekmateriaal helpt additioneel bij het buitenhouden van plaaginsecten, schimmels of virussen. De kans op beval zal worden gereduceerd. Er bestaat echter geen zekerheid dat er geen beval optreedt. Het kasdekmateriaal moet dan ook als hulpmiddel worden gezien. Een kwalitatief goed gewas met een hoog weerstandsvermogen is bijzonder belangrijk.

Aan de andere kant bieden kasdekmaterialen, welke **alle UV-straling doorlaten** voordelen voor uitgangsmateriaal voor de buitenteelt, aubergines, rode cultivars van bladgroenten, gekleurde cultivars van éénmalig en meermalig oogstbare snijbloemen en voor lichtminnende potplanten ten aanzien van de gewaskwaliteit.

Het voorliggend onderzoek geeft aan dat extra voordelen kunnen worden bereikt door het veranderen van de UV-doorlatendheid van het kasdek materiaal voor bepaalde gewasgroepen. Geringe additionele voordelen kunnen worden behaald ten aanzien van ziekten en plagen. De keuze voor een bepaald kasdek materiaal zou dan ook vooral op grond van andere parameters moeten worden gemaakt, zoals de lichtdoorlatendheid en de potenties voor energiebesparing. Het kasdek materiaal moet worden gezien als hulpmiddel voor de productie van een kwalitatief goed gewas met een hoog weerstandsvermogen en een goede kwaliteit.

## 7. Literatuur

- Angus, R. & R. Morrison, 1998.  
 'Review of wavelength selective films for plant growth and enhancement.' *Landwards* 53(2): 19-22.
- Antignus, Y. & S. Cohen *et al.*, 1996a.  
 'The effects of UV-blocking greenhouse covers on insects and insect-borne virus diseases.' *Plasticulture* (112): 15-20.
- Antignus, Y. & N. Mor *et al.*, 1996b.  
 'Ultraviolet-absorbing plastic sheets protect crops from insect pests and from virus diseases vectored by insects.' *Environmental Entomology* 25(5): 919-924.
- Antignus, Y. & M. Lapidot *et al.*, 1998a.  
 'Ultraviolet-absorbing screens serve as optical barriers to protect crops from virus and insect pests.' *Journal of Economic Entomology* 91(6): 1401-1405.
- Antignus, Y. & M. Lapidot *et al.*, 1998b.  
 The use of UV-absorbing plastic sheets to protect crops against insects and spread of virus diseases. 14th International congress on plastics in agriculture, Tel Aviv, Israel, March 1997. 1998, 23-33.
- Antignus, Y., 2000.  
 'Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses.' *Virus Research* 71: 213-220.
- Antignus, Y. & D. Nestel *et al.*, 2001.  
 'Ultraviolet-deficient greenhouse environment affects whitefly attraction and flight-behavior.' *Environmental Entomology* 30(2): 394-399.
- Ballare, C. L. & M.C. Rousseaux *et al.*, 2001.  
 'Impacts of solar ultraviolet-B radiation on terrestrial ecosystems of Tierra del Fuego (southern Argentina): an overview of recent progress.' *Journal of Photochemistry and Photobiology* 62(1-2): 67-77.
- Benoit, F. & N. Ceustermans, 1994.  
 'Ecological growing of leeks with plastics.' *Plasticulture*(101): 45-49.
- Blacquiere, T., 2005.  
 Bijen en hommels verdwalen in kunststofkas. Oogst, uitgave 15.10.2005.
- Blacquiere, T., J. van der Aa-Furnée, B. Cornelissen & J. Donders, 2006.  
 Oriëntatie van bijen en hommels onder verschillende kasdekmaterialen. PPO rapport 630017, 20 p.
- Chittka, L., A.G. Dyer, F. Bock & A. Dornhaus, 2003.  
 Bees trade off foraging speed for accuracy. *Nature* 424(6947): 388.
- Cohen, S. & M.J. Berlinger, 1986.  
 'Transmission and cultural control of whitefly-borne viruses.' *Agriculture, Ecosystems and Environment* 17: 89-97.
- Coombe, P.E., 1982.  
 'Visual behaviour of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*.' *Physiological Entomology* 7(3): 243-251.
- Costa, H.S. & K.L. Robb, 1999.  
 'Effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on flight behavior of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae).' *Journal of Economic Entomology* 92(3): 557-562.
- Costa, H.S. & K.L. Robb *et al.*, 2002.  
 'Field trials measuring the effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations.' *Journal of Economic Entomology* 95(1): 113-120.
- Csizinszky, A.A. & D.J. Schuster *et al.*, 1999.  
 'Effect of ultraviolet-reflective mulches on tomato yields and on the silverleaf whitefly.' *HortScience* 34(5): 911-914.

- Doukas, D., 2002.  
Impact of spectral cladding materials on the behaviour of glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa*, its hymenopteran parasitoid. The BCPC Conference: Pests and diseases, Volumes 1 and 2. Proceedings of an international conference held at the Brighton Hilton Metropole Hotel, Brighton, UK, 18-21 November 2002.
- Dyer, A.G. & L. Chittka, 2004a.  
Fine colour discrimination requires differential conditioning in bumblebees. *Naturwissenschaften* 91(5): 224-227.
- Dyer, A.G. & L. Chittka, 2004b.  
Biological significance of distinguishing between similar colours in spectrally variable illumination: bumblebees (*Bombus terrestris*) as a case study. *Journal of Comparative Physiology A, Sensory, Neural and Behavioral Physiology* 190(2): 105-114.
- Dyer, A.G. & L. Chittka, 2004c.  
Bumblebee search time without ultraviolet light. *Journal of Experimental Biology* 207(10): 1683-1688.
- Elad, Y., 1997.  
'Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse-grown vegetables.' *Crop Protection* 16(7): 635-642.
- Gillespie, D.R. & R.S. Vernon, 1990.  
'Trap catch of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) as affected by color and height of sticky traps in mature greenhouse cucumber crops.' *Journal of Economic Entomology* 83(3): 971-975.
- González, A. & R. Rodríguez *et al.*, 2001.  
'The influence of photoselective plastic films as greenhouse cover on sweet pepper yield and on insect pest levels.' *Acta Horticulturae* No.559: 233-238.
- Gould, J.L. & C.G. Gould, 1988.  
The honey bee. The Scientific American Library, New York.
- Grant Petersson, J. & J.A.A. Renwick, 1996.  
'Effects of ultraviolet-B exposure of *Arabidopsis thaliana* on herbivory by two crucifer-feeding insects (Lepidoptera).' *Environmental Entomology* 25(1): 135-142.
- Hardie, J., 1989.  
'Spectral specificity for targeted flight in the black bean aphid, *Aphis fabae*.' *Journal of Insect Physiology* 35(8): 619-626.
- Hemming, S., D. Waaijenberg, G. Bot, P. Sonneveld, F. de Zwart, T. Dueck, C. van Dijk, A. Dieleman, N. Marissen, E. van Rijssel & B. Houter, 2004.  
Optimale lichtomstandigheden bij de transitie naar een energiezuinige kasuinbouw. A&F report 100, pp. 139.
- Henaut, Y. & C. Alauzet *et al.*, 1999.  
'Visual learning in larval *Orius majusculus* a polyphagous predator.' *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90(1): 103-107.
- Honda, Y. & T. Toki *et al.*, 1977.  
'Control of gray mold of greenhouse cucumber and tomato by inhibiting sporulation.' *Plant Disease Reporter* 61(12): 1041-1044.
- Honda, Y. & T. Yunoki, 1977.  
'Control of *Sclerotinia* disease of greenhouse eggplant and cucumber by inhibition of development of apothecia.' *Plant Disease Reporter* 61(12): 1036-1040.
- Honda, Y. & T. Yunoki, 1980.  
'Inhibition of fungal sporulation by ultraviolet-absorbing vinyl film and its application to disease control.' *Jarq* 14(2): 78-83.
- Izaguirre, M.M. & A.L. Scopel *et al.*, 2003.  
'Convergent responses to stress. Solar ultraviolet-B radiation and *Manduca sexta* herbivory elicit overlapping transcriptional responses in field-grown plants of *Nicotiana longiflora*.' *Plant physiology* 132(4): 1755-1767.
- Kring, J.B. & D.J. Schuster, 1992.  
'Management of insects on pepper and tomato with UV-reflective mulches.' *Florida Entomologist* 75(1): 119-129.

- Kwon, M. & J. Hong *et al.*, 1999.  
 'Ultraviolet wave length effective in the sporulation of *Didymella bryoniae*, a gummy stem blight fungus in cucurbits, and the disease control effect by the use of ultraviolet light-absorbing vinyl film.' *Plant Disease and Agriculture* 5(1): 20-26.
- Lavola, A. & R. Julkunen Tiitto *et al.*, 1998.  
 'Host-plant preference of an insect herbivore mediated by UV-B and CO<sub>2</sub> in relation to plant secondary metabolites.' *Biochemical Systematics and Ecology* 26(1): 1-12.
- Lin, J.-T., 1993.  
 'Identification of photoreceptor locations in the compound eye of *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera, Coccinellidae).' *Journal of Insect Physiology* 39(7): 555-562.
- Lindroth, R.L. & R.W. Hofmann *et al.*, 2000.  
 'Population differences in *Trifolium repens* L. response to ultraviolet-B radiation: foliar chemistry and consequences for two lepidopteran herbivores.' *Oecologia* 122(1): 20-28.
- Maeda, T. & J. Takabayashi *et al.*, 2000.  
 'Effects of light on the tritrophic interaction between kidney bean plants, two-spotted spider mites and predatory mites, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae).' *Experimental-and-Applied-Acarology*. 2000 24(5-6): 415-425.
- Matteson, N. & I. Terry *et al.*, 1992a.  
 'Spectral efficiency of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*.' *Journal of Insect Physiology* 38(6): 453-459.
- Matteson, N.A. & L.I. Terry, 1992b.  
 'Response to color by male and female *Frankliniella occidentalis* during swarming and non-swarming behavior.' *Entomologia Experimentalis et Applicata* 63(2): 187-201.
- Mazza, C.A. & J. Zavala *et al.*, 1999.  
 'Perception of solar UVB radiation by phytophagous insects: behavioral responses and ecosystem implications.' *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96(3): 980-985.
- Mazza, C.A. & M.M. Izaguirre *et al.*, 2002.  
 'Insect perception of ambient ultraviolet-B radiation.' *Ecology Letters* 5(6): 722-726.
- McLean, G.D. & J.R. Burt *et al.*, 1982.  
 'The use of reflective mulch to reduce the incidence of watermelon mosaic virus in Western Australia.' *Crop Protection* 1(4 SU -): 491-496.
- Mellor, H.E. & J. Bellingham *et al.*, 1997.  
 'Spectral efficiency of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* its hymenopteran parasitoid.' *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83(1): 11-20.
- Mound, L.A., 1962.  
 'Studies on the olfaction and colour sensitivity of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera, Aleyrodidae).' *Entomologia Experimentalis et Applicata* 5: 99-104.
- Morandin, L.A. *et al.*, 2001.  
 Bumble bee activity and loss in commercial tomato greenhouses . *Canadian Entomology* 133: 883-893.
- Morandin, L.A. *et al.*, 2002.  
 Effect of greenhouse polyethylene covering on the activity level and photoresponse of bumble bees. *Canadian Entomology* 134: 539-549.
- Naegele, J.A. & W.D. McEnroe *et al.*, 1966.  
 'Spectral sensitivity and orientation response of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, from 350 m $\mu$  to 700 m $\mu$ .' *Journal of Insect Physiology* 12(9): 1187-1195.
- Naito, Y. & Y. Honda, 1994.  
 'Control of damping-off of spinach with ultraviolet-absorbing vinyl film.' *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Shimane University*(28): 37-43.
- Naito, Y. & Y. Honda *et al.*, 1997.  
 'Supplementary UV-B radiation induces *Fusarium* wilt of spinach in a glasshouse.' *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 63(2): 78-82.

Nakagaki, S. & K. Sekiguchi *et al.*, 1982.

'The growth of vegetable crops and establishment of insect and mite pests in a plastic greenhouse treated to exclude near UV radiation. (2) Establishment of insect and mite pests.' *Bulletin of Ibaraki Ken Horticultural Experiment Station*(10): 39-47.

Nakagaki, S. & H. Amagai *et al.*, 1984.

'The growth of vegetable crops and establishment of insect and mite pests in a plastic greenhouse treated to exclude near-UV radiation. (4) Establishment of insect pests on tomatoes.' *Bulletin of the Ibaraki ken Horticultural Experiment Station*(12): 89-94.

Nihoul, P., 1993.

'Controlling glasshouse climate influences the interaction between tomato glandular trichome, spider mite and predatory mite.' *Crop Protection* 12(6): 443-447.

Orth, A.B. & A.H. Teramura *et al.*, 1990.

'Effects of ultraviolet-B radiation on fungal disease development in *Cucumis sativus*.' *American Journal of Botany* 77(9): 1188-1192.

Prokopy, R.J. & E.D. Owens, 1983.

'Visual detection of plants by herbivorous insects.' *Annual review of entomology*. 28: 337-364.

Raviv, M. & R. Reuveni, 1998.

'Fungal photomorphogenesis: a basis for the control of foliar diseases using photoselective covering materials for greenhouses.' *HortScience* 33(6): 925-929.

Reitz, S.R. & E.L. Yearby *et al.*, 2003.

'Integrated management tactics for *Frankliniella thrips* (Thysanoptera : Thripidae) in field-grown pepper.' *Journal of economic entomology* 96(4): 1201-1214.

Reuveni, R. & M. Raviv, 1997.

'Control of downy mildew in greenhouse-grown cucumbers using blue photoselective polyethylene sheets.' *Plant Disease* 81(9): 999-1004.

Reuveni, R. & M. Raviv *et al.*, 1997.

Manipulation of light for the management of foliar pathogens of greenhouse crops - the story of the establishment of a new discipline. 14th International congress on plastics in agriculture, March 1997, Tel Aviv, Israel. Laser Pages Publishing; Jerusalem; Israel.

Rousseaux, M.C. & C.L. Ballare *et al.*, 1998.

'Solar ultraviolet-B radiation affects plant-insect interactions in a natural ecosystem of Tierra del Fuego (southern Argentina).' *Oecologia* 116(4): 528-535.

Rozema, J. & J. van de Staaij *et al.*, 1997.

'UV-B as an environmental factor in plant life: stress and regulation.' *Trends in Ecology & Evolution* 12(1): 22-28.

Rumpel, J., 1994.

'Ecological leek growing with plastic.' *Acta-Horticulturae* No. 371: 261-267.

Sasaki, T. & Y. Honda, 1985.

'Control of blast disease of mioga plant by the use of ultraviolet absorbing vinyl film.' *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan*(36): 134-136.

Sasaki, T. & Y. Honda *et al.*, 1985.

'Control of certain diseases of greenhouse vegetables with ultraviolet-absorbing vinyl film.' *Plant Disease* 69(6): 530-533.

Shim, H. & C. Kang *et al.*, 1998.

'Studies on the inhibitory of plant disease using ultraviolet-absorbing vinyl film.' *RDA Journal of Crop Protection* 40(2): 46-49.

Shimada, T., 1994.

'Control of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), using vinyl films that absorb ultraviolet.' *Proceedings of the Kanto Tosan Plant Protection Society*(41): 213-216.

Sivcev, I. & M. Draganic, 1994.

'UV rays and *Pandora neoaphidis* conidia.' *Zastita Bilja* 45(3): 203-207.

- Sonneveld, P.J., V. Mohammadkhani, J.J.G. Breuer & P. Knies, 2003.  
Haalbaarheidsstudie Energiebesparingsmogelijkheden met Microstructuur Gecoate Kasdekmaterialen, IMAG Nota P2003-19, 27 pp.
- Stack, P.A. & F.A. Drummond, 1997.  
'Reproduction and development of *Orius insidiosus* in a blue light-supplemented short photoperiod.'  
*Biological Control* 9(1): 59-65.
- Stavisky, J. & J. Funderburk *et al.*, 2002.  
'Population dynamics of *Frankliniella* spp. and tomato spotted wilt incidence as influenced by cultural management tactics in tomato.' *Journal of Economic Entomology* 95(6): 1216-1221.
- Summers, C.G. & J.J. Stapleton, 2002.  
'Use of UV reflective mulch to delay the colonization and reduce the severity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) infestations in cucurbits.' *Crop Protection* 21(10): 921-928.
- Suwwan, M.A. & M. Akkawi *et al.*, 1988.  
'Tomato performance and incidence of tomato yellow leaf curl (TYLC) virus as affected by type of mulch.'  
*Scientia Horticulturae* 37(1-2): 39-45.
- Terry, L.I., 1997.  
Host selection, communication and reproductive behaviour. in: *Thrips as crop pests*. T. Lewis. Wallingford, Cab international: 65-118.
- Vernon, R.S. & D.R. Gillespie, 1990.  
'Spectral responsiveness of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) determined by trap catches in greenhouses.' *Environmental Entomology* 19(5): 1229-1241.
- Warren, J.M. & J.H. Bassman *et al.*, 2002.  
'Leaf chemical changes induced in *Populus trichocarpa* by enhanced UV-B radiation and concomitant effects on herbivory by *Chrysomela scripta* (Coleoptera: Chrysomelidae).' *Tree-Physiology* 22(15-16): 1137-1146.
- Zaller, J.G. & P.S. Searles *et al.*, 2003.  
'Solar ultraviolet-B radiation can affect slug feeding preference for some plant species native to a fen ecosystem in Tierra del Fuego, Argentina.' *Plant ecology* 169(1): 43-51.
- Zavala, J.A. & A.L. Scopel *et al.*, 2001.  
'Effects of ambient UV-B radiation on soybean crops: impact on leaf herbivory by *Anticarsia gemmatilis*.'  
*Plant Ecology* 156(2): 121-130.
- Zhang, R. & Y. Zheng *et al.*, 2003.  
'Effects of enhanced UV-B radiation upon wheat aphids.' *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* 26(2): 258-262.





## Bijlage I.

# Effect van licht op insectenplagen en hun natuurlijke vijanden

### Terry (1997)

Soort	omgeving of gewas	Relatieve volgorde van attractiviteit							max/min	ref
		wit + UV	wit - UV	blauw	groen	geel	rood	zwart		
<i>F. occidentalis</i>	Kas	4	2	1a	3	1b	NT	5	200	Gillespie (1990)
	Katoen	5	2	1a	4	3-4	NT	5	14	Matteson (1992)
	Sla	NT	1b	1a	2a	1c	2b	NT	5	Yudin (1887)
	Kas	NT <sup>E</sup>	2 <sup>E</sup>	1a	3	1b	NT	NT	4	Robb(1989)
	Tomaat	2	NT	1 <sup>B</sup>	NT	1	NT	NT	5	Cho (1995) <sup>F</sup>
	Kas	NT	2b	1	NT	2a	NT	NT	12	Brødsgaard (1989)
<i>T. tabaci</i>	Gras	3	1	2a	4	2b	5	5	32	Kirk (1984a)
	Veld	NT	2	3a	3b	1	4b	4a	152	Teulon (1992)
	Gewassen	NT	1a	1c	2	1b	3	NT	52	Czencz (1987)
	Ui	NT	2	1	3	3	4	5	17	Lu (1990)

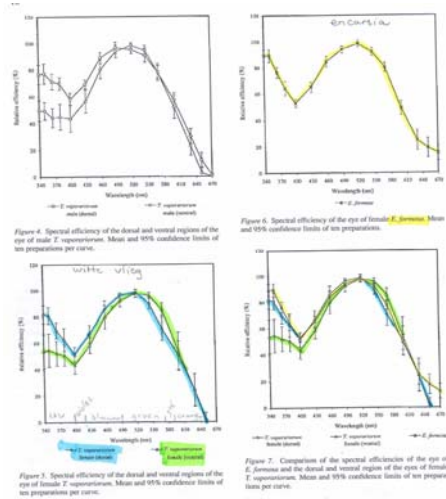
*NT: niet getest*

### Reactie op UV

Auteur	Jaar	Insect	Gewas	Behandeling	Reactie
Kawai	1986a	Thrips palmi	komkommer, aubergine, paprika	UV-A absorberend vinyl film kasbedekking	verhoging emigratie vanuit UV-A gebied ????
Ohno	1990	Thrips palmi	Chrysant	zilverkleur. polyethyleen grondbedekking kas	minder thrips in eerste maand na verpotten ???
Nonaka	1983	Thrips palmi	Groentes	UV-absorberende kasbedekking	minder trips

**Mellor (1997)**

Electroretinogrammen van witte vlieg (*Trialeurodes vaporariorum*) en z'n parasiet *Encarsia formosa*. Beide hebben piek bij 520nm (groen) en in UV-gebied (340nm). ventrale deel van oog van witte vlieg is echter minder gevoelig voor UV dan dorsale deel. In UV gebied is *Encarsia* gevoeliger dan witte vlieg.



**Mound (1962)**

- attractie van witte vlieg (*Bemisia tabaci*) tot **doorvallend licht**

Kleur van filter	Golflengte	Gem aantal <i>B. tabaci</i>
<b>Blauw</b>	310 – 520	<b>71</b>
Groen	430 - 640	7
<b>Geel</b>	480	<b>27</b>
Rood	610	8

- attractie van witte vlieg (*Bemisia tabaci*) tot **gereflecteerd licht**

Kleur van refl oppervlak		Gem aantal <i>B. tabaci</i>
<b>Geel</b>	<b>+ loodwit</b>	<b>11.1</b>
Geel	+ zinkwit??	3.7
<b>Diepgeel</b>		<b>14.0</b>
Geel/groen	+ loodwit	1.4
Geel/groen	+ zinkwit	0.4
Geelgroen		2.7
Groen		0.0
Groen	+ loodwit	0.3
Blauw		0.0
Rood		0.1
Wit		0.1

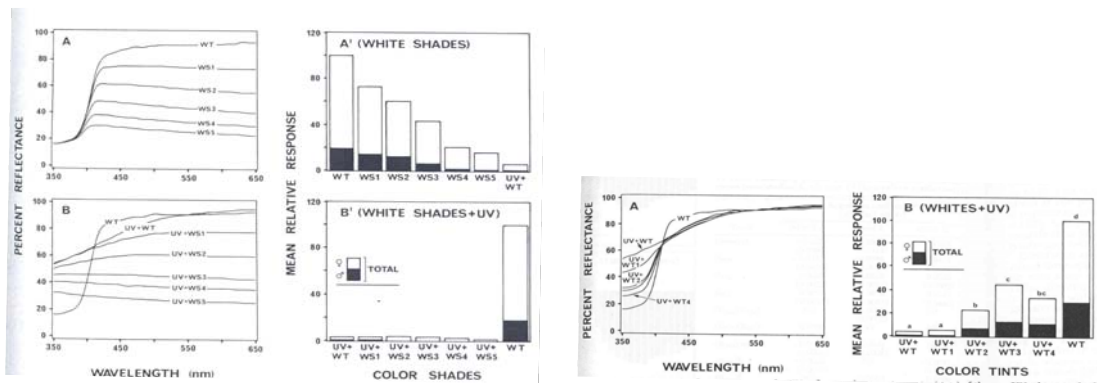
- attractie van witte vlieg (*Bemisia tabaci*) tot **gerefecteerd licht**: controle van gelen

Kleur van refl oppervlak	Gem aantal <i>B. tabaci</i>
<b>lemon chrome + loodwit</b>	<b>10.8</b>
„ + zinkwit	<b>10.8</b>
empire yellow + loodwit	3.4
„ + zinkwit	1.9
pinard yellow + loodwit	0.7
„ + zinkwit	1.4

Vernon (1990) attractie van **trips** *F. occidentalis* tot **gerefecteerd licht**

Plakvallen met verschillende kleuren in komkommerkas

- conclusie: *F. occidentalis* is gevoelig voor
  - o UV: 350 – 360 nm
  - o blauw: 440 – 450 nm *!! dit wordt door Matteson (1992) tegengesproken !!*
  - o geel: 540 – 570 nm



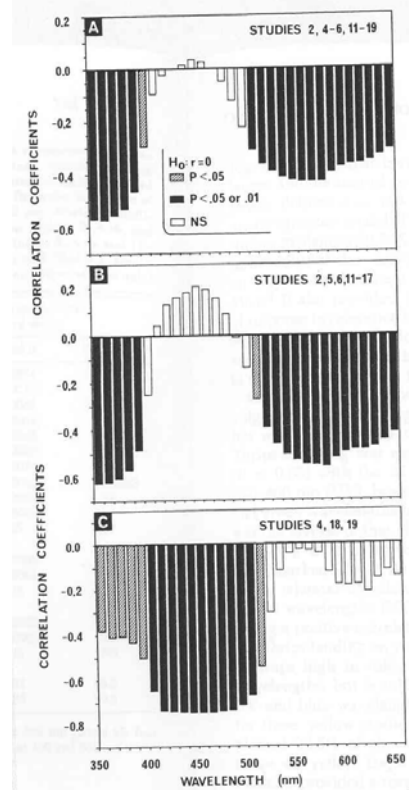
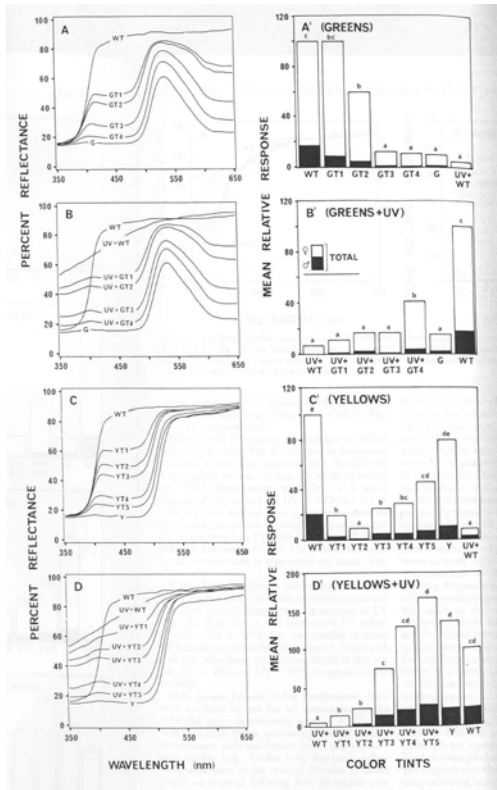
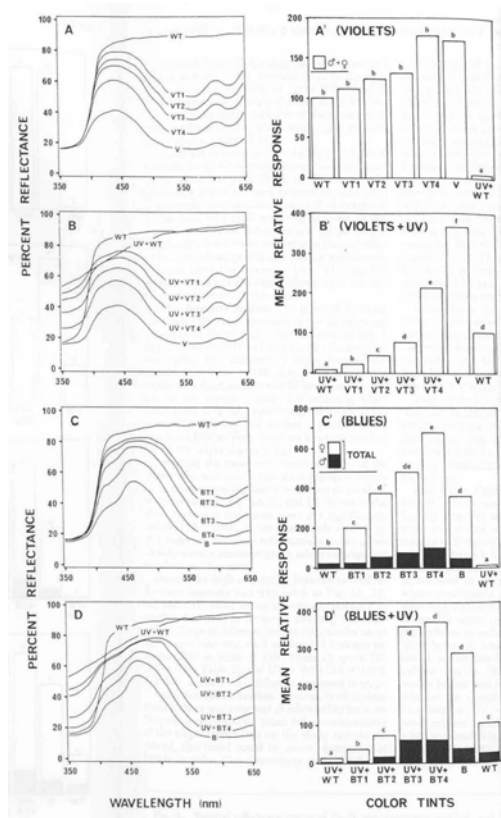
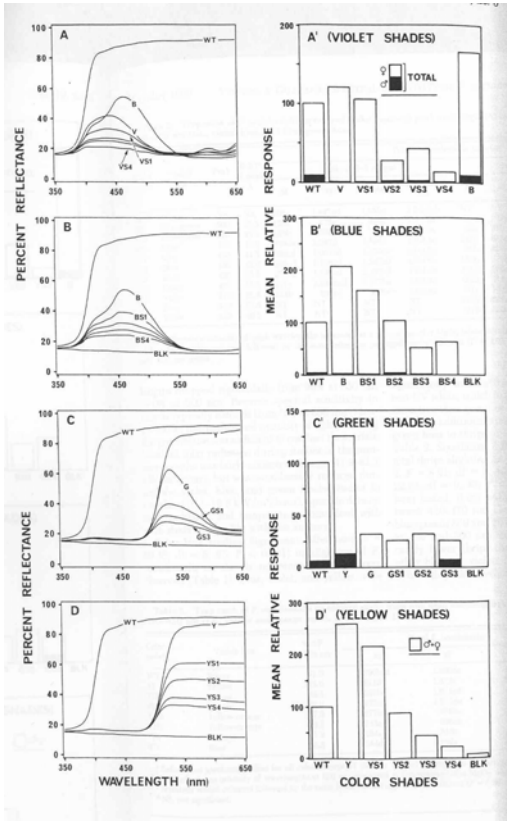


Figure 4. Correlation coefficients relative to mean reflectance.

**Gillespie (1990)**

Vangst van trips (*F. occidentalis*) op plakvallen, in kas met rijpe komkommer, afhankelijk van

- hoogte
- kleur van plakval

Gemiddeld aantal vrouwelijke *F. occidentalis* per val

	Hoogte (m)				
	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0
kleur	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0
blauw	3.4	3.6	17.0	114.4	13.8
violet	4.0	3.0	16.0	104.0	7.4
geel	3.8	2.8	17.6	87.0	6.8
wit	0.2	1.4	6.2	67.4	9.2
groen	0.6	0.0	1.2	10.0	1.0
UV + wit	0.8	0.0	0.0	0.4	0.2
zwart	0.0				

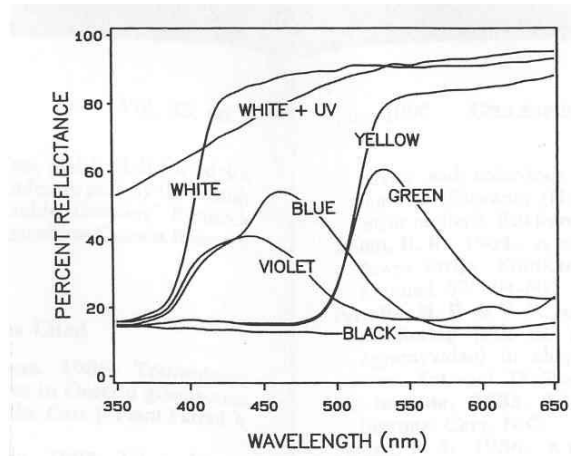
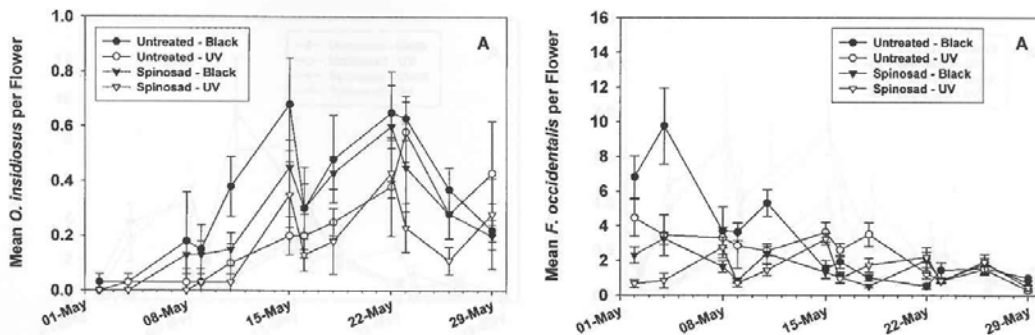


Figure 1. Percentage of reflectance of light from surfaces of colored traps as measured with a Cary-17 spectrophotometer equipped with an integrating sphere. MgO standard = 100%.

**Reitz (2003)**

Effect van UV-reflecterende mulch op trips en orius in vollegrondse peper

- effect op *Orius* en *F. occidentalis* adult



- effect op tripslarven

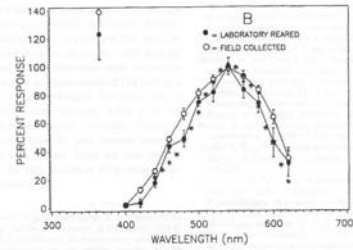
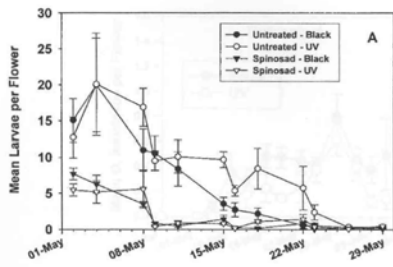
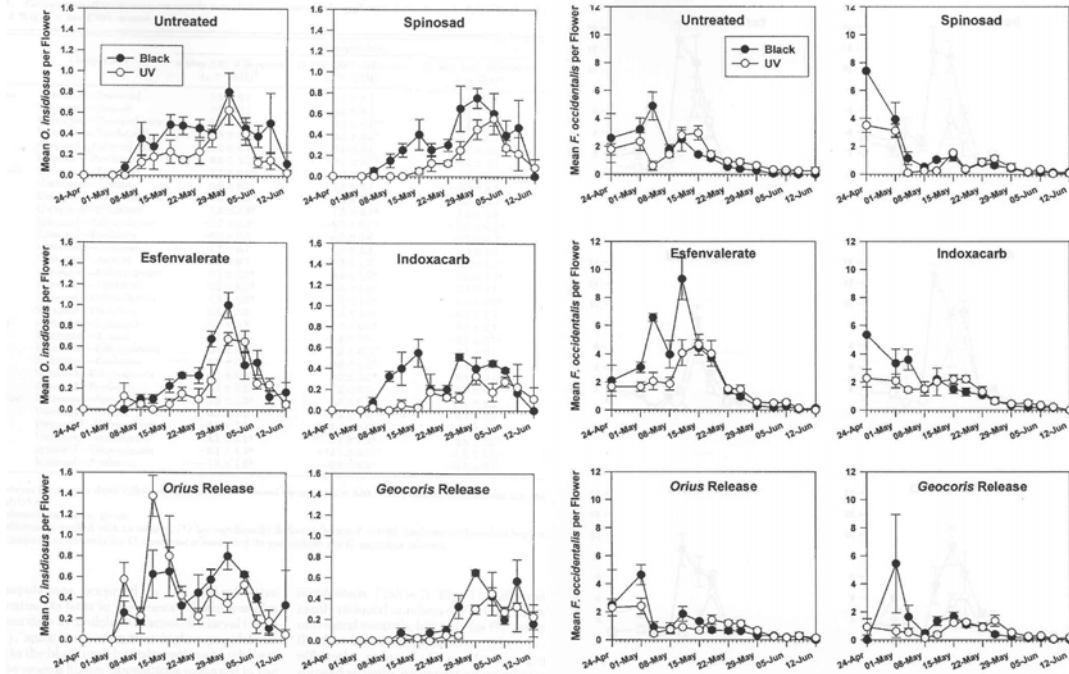


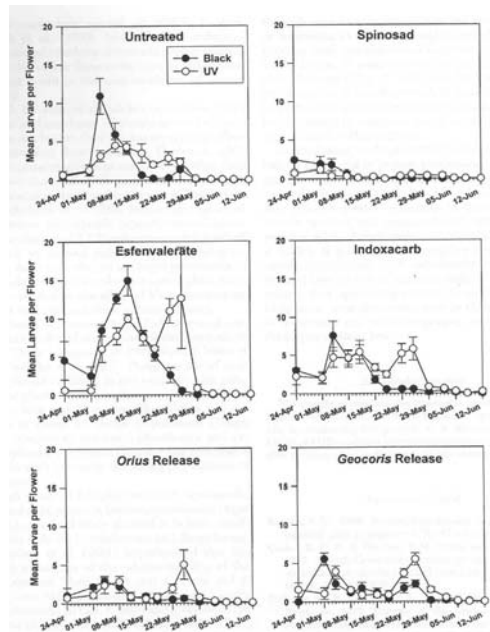
Fig. 5. Spectral efficiency curves ( $\pm 95\%$  CL) of laboratory-reared and wild-caught male (A) and female (B) thrips. The asterisks are values from a vitamin A<sub>1</sub>-based visual pigment nomogram with  $\lambda_{max}$  at 545 nm (Ebrey and Hoog, 1977).



**Matteson (1992)**

electro retinogrammen

- *hypothese van Vernon (1990) van piek bij 440 nm hiermee verworpen*



## Antignus (2000) (1) Review

Gedragsrespons van insecten op kleur: onderscheid

1. **spectral sensetivity**: welke kleuren kan het insect waarnemen
2. **colour sensation**: op welke kleuren (die hij kan waarnemen) reageert het insect

Biologisch belangrijke kleurparameters

1. hue = dominante, door oppervlak weerkaatste golflengte  $\lambda_{max}$
2. kleurverzadiging, puurheid
3. brightness: helderheid = lichtintensiteit van de totale reflectie
4. fototactisch actiespectrum v witte vlieg en bladluis

### *Witte vlieg*

Auteur	Jaar	Insect	Golflengte	Reactie	Opmerking / conclusie	
Mound	1962	Bemisia tabaci	blauw/UV geel	transmissie transmissie	inductie migratie host selectie	(geen olfact reakt.)
Maddowall	1972	Trialeuroides vaporariorum	550 nm	transmissie		fototakt. spektrum komt overeen met transmissie spektr blad
Vaishampayam	1975a	Trialeuroides vaporariorum	520-610nm (geel/gr) 360-380nm (UV) blauw/violet 610-700 (UV)	reflectie reflectie	sterke positieve respons matig positieve respons remming matige remming	conclusie: waardplant selectie, oriëntatie en landing vooral reactie op gereflecteerd geel licht
Coombe	1982		400 nm  500 nm		eerder wegvliegen, sneller lopen later wegvliegen, langzamer lopen	twee types straling zijn complementair, zie ook Mound 1962. UV -> migratie geel -> landing

### *Bladluis*

Voor vliegende bladluis is kleur van belang om plant van de lucht te onderscheiden (Moericke, 1955), e.a., ook van belang voor waardplant herkenning (Eastop, 1955).

### *Trips*

Gras-tripsen vertonen weinig voorkeur voor een kleur, bloem-tripsen worden aangetrokken tot bloemkleuren

- m.n. laag UV, wit, blauw en geel
- enkele tot groen, rood en zwart



Auteur	Jaar	Insect	Golflengte		Reactie	Opmerking /conclusie
Matteson & Terry	1992	Frankliniella occidentalis	blauw	refl,	sterke aantrekking	hoog reflecterend blauw 6x attractiever dan attractiefste wit
				zeer hoog		
			Anthophilous trips spec	350-390nm (UV)		
		gras trips spec	350-390nm (UV)	refl, hoog	geen invloed op aantrekking door attractieve kleur	
Vernon & Gillespie	1990	Frankliniella occidentalis	350-360nm (UV)	refl	aantrekking (val)	
			440-450nm (blauw)	refl	aantrekking (val)	geen fysiologische
			540-570nm (geel)	refl	aantrekking (val)	aanwijzing voor
			365 nm (UV)	flash	piek in electro-retinogram	fotopigment dat gevoelig is
			540nm (geel/gr)	flash	piek in electro-retinogram	voor blauw

#### Insecten **aantrekken** met kleur

- Gekleurde grondbedekking tegen witte vlieg  
 komkommer en tomaat beschermd met mulch van zaagsel, stro of gele polyethyleen-film door aantrekking van gele kleur. Hiermee ook bescherming tegen CVYV en TYLCV (diverse auteurs)  
 van deze methodes is gele polytheen doek het efficiëntst tegen TYLCV (Cohen, 1982) (aantrekking van Bemisia op doek, gevolgd door verhitting door gereflecteerde straling).  
 geen bescherming van verticale gele plakstrips (idem)  
 oranje plastic grondbedekking in tomaten vertraagt en vermindert 'Tomate mottle virus' effecten (vector is witte vlieg) (Csizinski, 1995)
- Verticale vallen tegen bladluizen e.a. plagen  
 gele vallen voor verzamelen en monitoren van bladluis (Gonzales & Rawlin, 1968)  
 2-3m lange polyethyleenvellen met lijm halveerde PLRV in pootaardappel (Zimmerman-Gries, 1979)  
 methode is niet tegen ieder insect-virus systeem toepasbaar  
 blauwe en gele plakvallen zijn nu gangbare methode tegen binnenvliegende insecten in de kas

#### Insecten **afstoten** met reflecterende materialen

- Bodembedekking  
 aluminium folie of grijs plastic in paprika teelt tegen *M. persicae* en de virussen komkommer mozaïek en aardappel Y (Loedenstein e a., 1975)  
 aluminium mulch beschermt summer squash (*Cucurbita pepo*) tegen *M. persicae* en vermindert het watermeloen mozaïekvirus (Wyman e a., 1979)  
 aluminium mulch tegen witte vlieg en 'tomato mottle virus' (Csizinski, 1995) ; vertraagde infectie  
 reflecterend zilver plastic als mulch vertraagt en vermindert infectie van tomaat met TYLCV (20% incidentie, tegen 97% in controle) (Suwvan 1998)
- Reflecterende grove netten  
 witte netten (10x3mm) als bedekking van kassen reduceerden gevleugelde bladluizen met 97% in paprika, andere kleuren minder effectief  
 bedekking van aardappel met dezelfde netten: reductie van invliegende bladluizen met 98%
- Bespuiting met reflecterende materialen  
 aardappels met wekelijks met witkalk bespuiten: minder virusaantasting, 30-50% minder landingen van bladluizen.(Marco, 1986)  
 reactie van diverse bladluissoorten verschillend

Gebruik van **UV-absorberende materialen** als bedekking of scherm

1. UV-absorberend plastics: meestal polyethyleen, maar ook polyvinylchloride en polycarbonaat; laten zichtbaar licht (400-700) wel door, UV (200-400) niet. toepassing bij 'walk-in' tunnelkassen  
 minder invlieg van insecten, lagere populaties (*B. tabaci*, *F. occidentalis*, *A. gossypii*, *Liriomyza trifolii*) (Nakagaki. 1982, 1984; Nonaka. 1983; Antignus, 1996b)  
 minder *B. tabaci*, *F. occidentalis*, *Liriomyza trifolii* in teelt van groene kruiden (Antignus, 1997)  
 minder (door witte vlieg verspreide) virussen.  
 minder TYLCV in tomaat (1% incidentie tegen 80% inc in controle) (Antignus, 1996)  
 70% minder cucurbit yellow stunting disorder virus in meloen (id)  
 minder zucchini yellow mosaic virus (non-persistente bladluisoverdracht)
2. UV-absorberende insect-proof schermen  
 minder TYLCV in tomaat (Ausher, 1997)  
 minder pesticiden nodig in kasteelt van groentes, bloemen, verse kruiden
3. UV-absorberende netten, werking mechanisch en optisch  
 Bionet® schermen (50mesh, UV-A en UV-B absorptie), vergeleken met gangbare 50mesh schermen (Antignus, 1998)  
 minder inkomende *B. tabaci*, *L. trifolii* en rode mijt in tomaat  
 minder verspreiding van TYLCV in tomaat  
 minder *A. gossypii* in komkommer  
 echter niet werkzaam tegen *F. occidentalis*.



## Bijlage II.

# Effect van UV-blokkerende bedekking op insectenplagen

### Kas

#### Antignus (1996a)

UV-blokkerende bedekkingen hebben een enorme afname van plagen (*Liriomyza trifolii*, *Frankliniella occidentalis* en *Bemisia tabaci*) in de kas op tomaat tot gevolg, en daardoor ook een afname van virusziektes. 'walk in' tunnels, 6X6X2.7 m.

#### Antignus (1996b)

- 'walk in' tunnels, 6X6X2.7 m., uiteinden: 50-mesh gaas, 4 types plastic bedekking

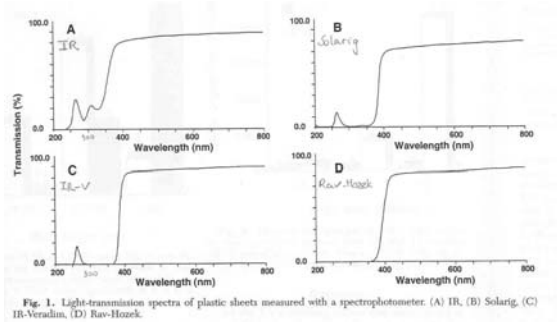
IR

solarig

IR-V

Rav-Hozek

- tomaten (wittevlug)
- komkommers (trips en bladluis)



opbrengsten, totaal

Behand	Opbrengst (kg/m <sup>2</sup> )	Commerciële opbrengst (%)			% niet vermarktbaar	% met virus symptomen
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3		
T1	7.85	49	43	8	7.3	5.9
T2	4.98	41	30	28	22.3	3.9
T3	5.24	42	35	22	9.7	4.0
T4	<b>8.90</b>	48	37	15	5.8	2.4
T5	7.51	37	45	18	5.2	<b>1.7</b>

**Antignus (1998)**

vangsten van trips en witte vlieg op blauwe en gele plakvallen

Behand	<i>F. occidentalis</i>			<i>B. tabaci</i> en <i>T. vaporariorum</i>		
	blauw	geel	totaal	blauw	geel	totaal
T1	11705	7334	19039	0	2412	2412
T2	1317	1029	2346	0	56	<b>56</b>
T3	1302	912	2214	0	363	363
T4	522	459	<b>981</b>	0	188	188
/T5	845	922	1767	0	405	405

- T4: hoogste opbrengst, minste trips, weinig witte vlieg en virus TSWV
- nb ook doorlaatbaarheid voor UV en PAR na 2 en 12 maanden gemeten
- T2 en T5 verliezen deel UV-abs vermogen
- T3 verliest deel PAR-transmissie

**Gonzalez *et al.* (2001)**

Test 5 materialen als bedekking van tunnelkassen

- type kas : Kyoto tunnelkas, breed: 5.5m, lang: 9.0m, hoog: 2.7m
- gewas: paprika (*Capsicum annum*, cv Dallas F1)
- materialen (200µ dik):
  - T1: niet-UV-absorberend wit thermisch PE film (controle)
  - T2: UV-absorberend wit thermisch PE film
  - T3: UV-absorberend blauw co-extruded 3laags film
  - T4: UV-absorberend wit co-extruded 3laags film
  - T5: geel thermisch PE film

**Nakagaki (1982)**

In kas met UV-absorberend plastic, op paprika en komkommer:

- Bladluis: *Aphis gossypii* en *Myzus persicae* populatie groei 10 dagen uitgesteld, minder gevleugelden
- Thrips (*Frankliniella intonsa*,) blijft laag
- Mijt: *Polyphagotarsonemus latus* op paprika iets later, niet minder

**Nakagaki (1984)**

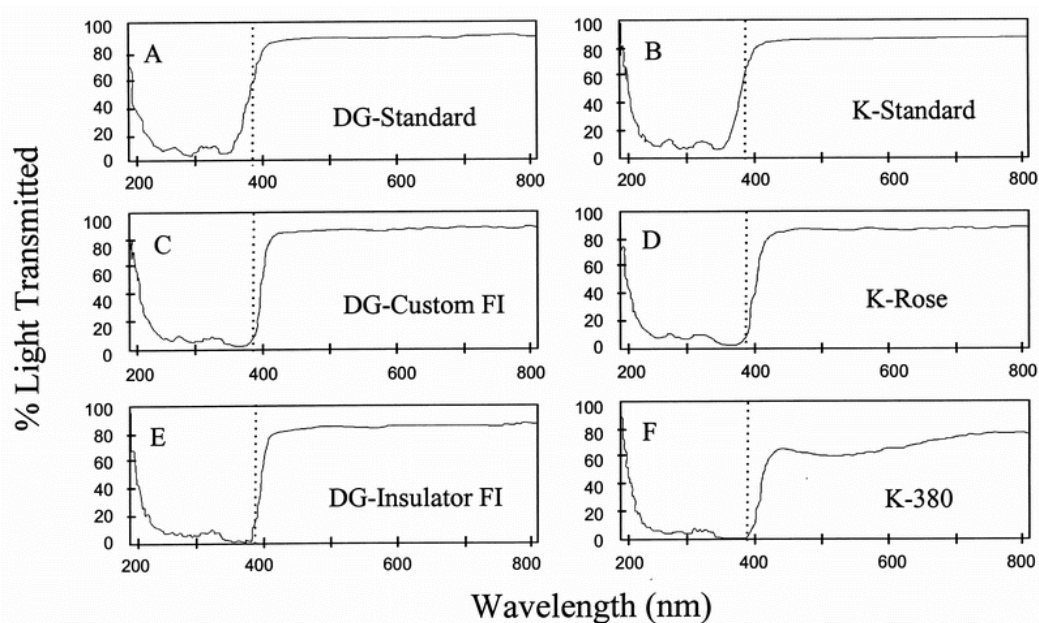
In kas met UV-absorberend plastic, op tomaat

- Bladluis: *Aphis gossypii* minder (eigenlijk:later)
- Witte vlieg: *Trialeurodes vaporariorum* minder (eigenlijk:later)
- Trips: (vnl. *Frankliniella intonsa* en *Scirtothrips dorsalis*) minder (eigenlijk:later)
- Mineervlieg: *Liriomyza bryoniae* minder (eigenlijk:later)

Tabel samenvatting onderzoek **Antignus cs 1996b**

Auteur	Jaar	Type kas	Bedekking, naam	Bedekking, abs gebied	Controle	Gewas	Insekt	Effect
Antignus	1996b	walk-in tunnel, uiteinden met gaas	<b>PE: IR-V</b>	UV-A, beetjeUV-B	# <b>PE: IR</b>	tomaat	wv <i>Bemisia tabaci</i> (plakval)	veel minder
Antignus	1996b	walk-in tunnel, uiteinden met gaas	<b>PE: IR-V</b>	UV-A, beetjeUV-B	<b>PE: IR</b>	tomaat	vi TYLCV	veel minder
Antignus	1996b	walk-in tunnel, uiteinden met gaas	<b>PE: IR-V</b>	UV-A, beetjeUV-B	<b>PE: IR</b>	komkommer	bl <i>Aphis gossypii</i> (plakval)	veel minder
Antignus	1996b	walk-in tunnel, uiteinden met gaas	<b>PE: IR-V</b>	UV-A, beetjeUV-B	<b>PE: IR</b>	komkommer	tr <i>Frankliniella occidentalis</i> (plakval)	veel minder

# zie Figuur 1 voor transmissie-curve



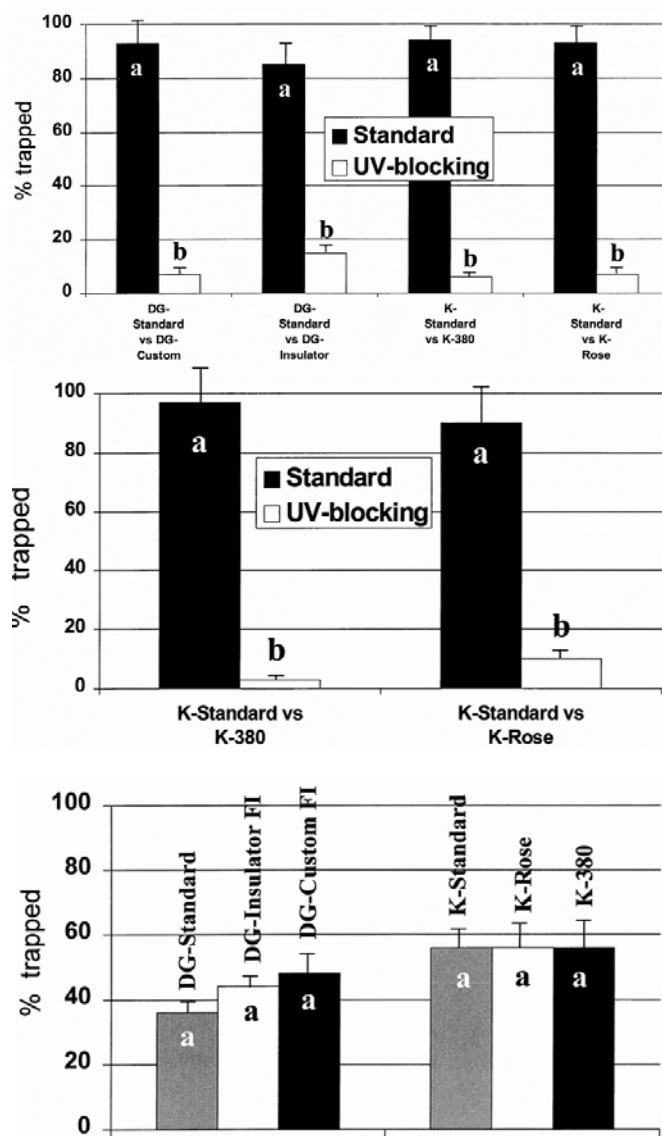
## Antignus cs 1998

Auteur	Jaar	Type kas	Bedekking, naam	Bedekking, abs gebied	Controle	Gewas	Insekt	Effect
Antignus	1998	walk-in tunnel, uiteinden met zelfde net	<b>bionet</b> 50 mesh	UVA & UV-B	<b>net</b> 50 mesh	tomaat	wv <i>Bemisia argentifolii</i> (plakval)	veel minder
Antignus	1998	Walk-in tunnel, uiteinden met zelfde net	<b>bionet</b> 50 mesh	UVA & UV-B	<b>net</b> 50 mesh	tomaat	vi TYLCV	lagere incident.
Antignus	1998	Walk-in tunnel, uiteinden met zelfde net	<b>bionet</b> 50 mesh	UVA & UV-B	<b>net</b> 50 mesh	tomaat	mijt <i>Tetranychus telarius</i> & <i>Vasates lycopersici</i>	veel minder
Antignus	1998	Walk-in tunnel, uiteinden met zelfde net	<b>bionet</b> 50 mesh	UVA & UV-B	<b>net</b> 50 mesh	tomaat	bm <i>Lyrriomyza trifolii</i>	veel minder
Antignus	1998	walk-in tunnel, uiteinden met zelfde net	<b>bionet</b> 50 mesh	UVA & UV-B	<b>net</b> 50 mesh	komkommer	tr <i>Frankliniella occidentalis</i>	<b>geen effect</b>
Antignus	1998	walk-in tunnel, uiteinden met zelfde net	<b>bionet</b> 50 mesh	UVA & UV-B	<b>net</b> 50 mesh	komkommer	bl <i>Aphis gossypii</i>	veel minder

## Costa (1999)

Experimenten met trips *F. occidentalis* en witte vlieg *B. argentifolii*

- type kas : exp tunnelkas, breed: 0.5m, lang: 0.5m, hoog: 1.8m.
- materialen: (6 mil (1mil=25.4µ) dik):
  - UV-absorberend Klerk's Kool-lite 380
  - UV-absorberend Klerk's Rose
  - niet-UV-absorberend Klerk's Standard K-3 (controle)
  - UV-absorberend DuraGreen Custom FI
  - UV-absorberend DuraGreen Insulator FI
  - niet-UV-absorberend DuraGreen Standard (controle)
- keuze-experimenten, terugvangst op plakvallen
- witte vlieg : minder teruggevangen in UV-abs tunnel dan in controle, voor alle 4 plastics. (6-15% tegen 85-94%)
- trips: minder teruggevangen in UV-abs tunnel dan in controle, voor 2 plastics. (2-10% tegen 90-98%)
- 'geen-keuze' experiment, terugvangst% van losgelaten witte vlieg
- geen verschil tussen controle en UV-abs materialen



### Costa (2002)

Vergelijking effect van UV abs in 2 golflengte ranges

1. keuze exp. witte vlieg losgelaten

type kas : exp **tunnelkas (gesloten)**, breed: 0.5m, lang: 0.5m, hoog: 1.8m

materialen:

UV-absorberend < 360 (standaard UV-abs) DuraGreen

UV-absorberend < 380 (hoge UV-abs) DuraGreen *!!dus meer UV-A weggefilt!!*



**Table 1. Ultraviolet and visible light readings under tested plastics**

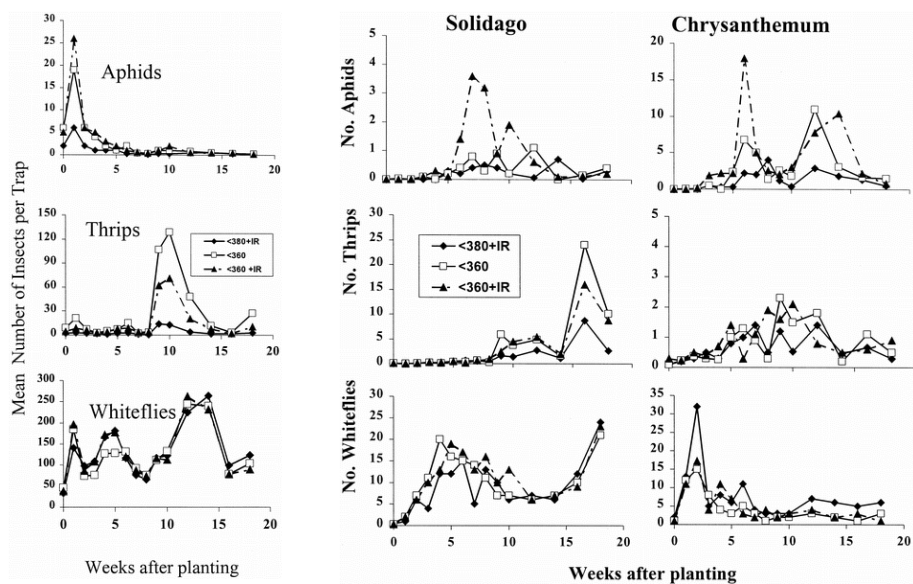
Plastic treatment	UV (250–400 nm), $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Visible (400–700 nm), $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
<380 nm + IR	$7 \pm 0.3\text{c}$	$948 \pm 37\text{ab}$
<360 nm	$49 \pm 2\text{a}$	$1020 \pm 52\text{a}$
<360 nm + IR	$39 \pm 2\text{b}$	$834 \pm 61\text{b}$

Means in columns followed by a different letter were significantly different ( $P < 0.05$ ) (ANOVA followed by Fisher LSD separation of means).

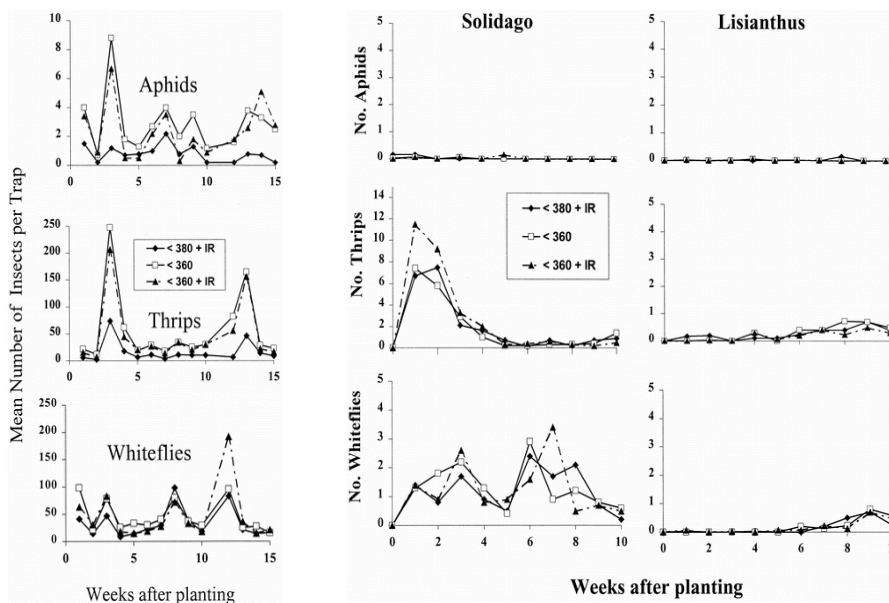
resultaat: 96% van losgelaten witte vlieg in <360, 4% in <380, dus voorkeur v meer UV-A

- Veld experiment, natuurlijke populatie, Californië  
 type kas : 9 **hoepelkassen (open** uiteinden), breed: 4m, lang: 8m, hoog: 3m  
 materialen (6 mil (1mil=25.4 $\mu$ ) dik):  
 UV-absorberend < **360** (standaard UV-abs) DuraGreen  
 UV-absorberend < **380 + IR** DuraGreen
  - UV-absorberend < **360 + IR** Klerk

- Eerste exp, herfst, winter



- Tweede experiment, voorjaar, zomer



Insecten	Parameter	Seizoen	Behandeling		
			<380 + IR	< 360	<360 + IR
Bladluis	op vangplaten	herfst, winter	laagst		ns
	op chryasant	„	laagst		ns
	op solidago	„	(laag) *	(laag) *	(laag) *
Trips	op vangplaten	herfst, winter	laagst	hoogste piek	
	op chryasant	„	(laag) *	(laag) *	(laag) *
	op solidago	„	laagst		ns
Witte vlieg	op vangplaten	herfst, winter	ns		ns
	op chryasant	„	hoogst		ns
	op solidago	„	ns		ns
Bladluis	op vangplaten	lente, zomer	laagst		lager
	op lisianthus	„	(laag) *	(laag) *	(laag) *
	op solidago	„	(laag) *	(laag) *	(laag) *
Trips	op vangplaten	lente, zomer	laagst		
	op lisianthus	„	(laag) *	(laag) *	(laag) *
	op solidago	„	ns		ns
Witte vlieg	op vangplaten	lente, zomer	laagst		ns
	op lisianthus	„	(laag) *	(laag) *	(laag) *
	op solidago	„	ns		ns

\* geen uitspraak mogelijk

## Samenvatting, 2 seizoenen, planten

Plant	Seizoen	Parameter	Behandeling		
			<380 + IR	< 360	<360 + IR
Chrysant	he/winter	hoogte	<b>156</b>	<b>153</b>	<b>149</b>
		internode	2.7	<b>2.4</b>	<b>2.9</b>
		# stengels	5.0	5.2	5.4
		#knoppen	37	<b>30</b>	<b>42</b>
Solidago	he/winter	hoogte	<b>76</b>	<b>69</b>	<b>70</b>
		# boeiwijzen	<b>26</b>	<b>23</b>	24
		opening bloem	<b>2.7</b>	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>
	le/zomer	hoogte	106	100	103
		# boeiwijzen	21	20	23
		opening bloem	1.5	1.5	1.5
Lisianthus	le/zomer	hoogte	60	65	62
		# boeiwijzen	14	15	12

Kleurverschil **rood/groen** : sign verschil, overig: geen sign verschil

## Vollegrond

### Mazza (1999)

effect van **UV B** op trips, ook via plant

*Caliothrips phasioli* op sojaboon (**volle grond**) **vermijdt UVB** straling en **eet minder** van planten die onder UVB straling gegroeid zijn, aantallen lager

- vollegrond, soja, veldjes 1.2x1.2m, onder plastic afdak

lange termijn, effect van UV absorptie, behandelingen afdak

- SUN: > 80% van UV A+B doorlatend (2 types plastic)
- UV B: Mylar D film, .1 mm dik, abs onder 310 nm

resultaat keuzeproef sojablad:

meeste trips naar blad uit - UV B

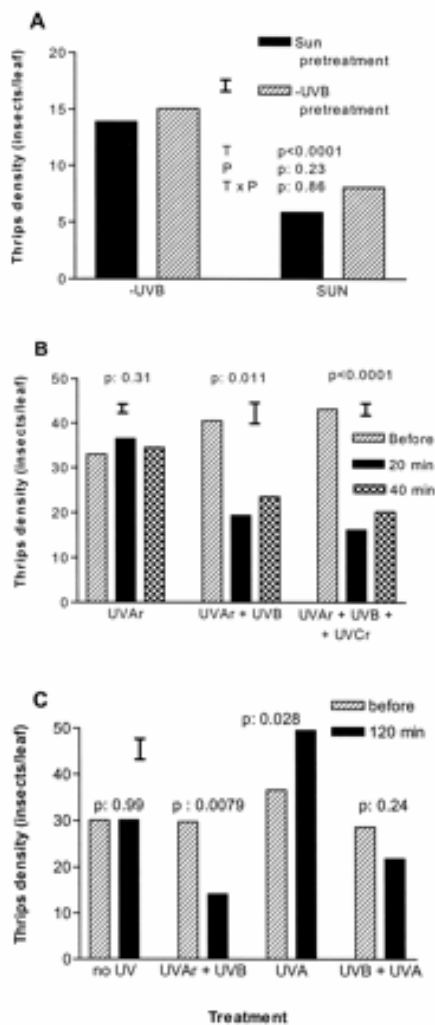
korte termijn, manipulatie dmv bijlichten met UVlamp en filteren

- UV Ar: beetje UVA van lamp doorgelaten, rest UV B en C geblokkeerd
- UV Ar + UV B doorgelaten
- UV Ar + UV B + UV Cr : idem, + beetje UV-C doorgelaten

conclusie: trips mijdt UV-B en UV-C, prefereert UV-A

effect op vraat van rups *Anticarsia gemmatilis* via tripsschade aan plant

conclusie: effect UV-B op fytofage insecten mogelijk niet alleen direct, maar ook indirect via UV effect op waardplant en UV effect op andere plaagsoort van waardplant

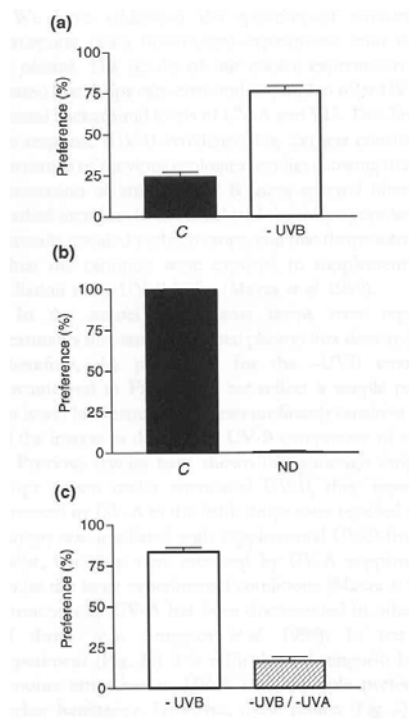
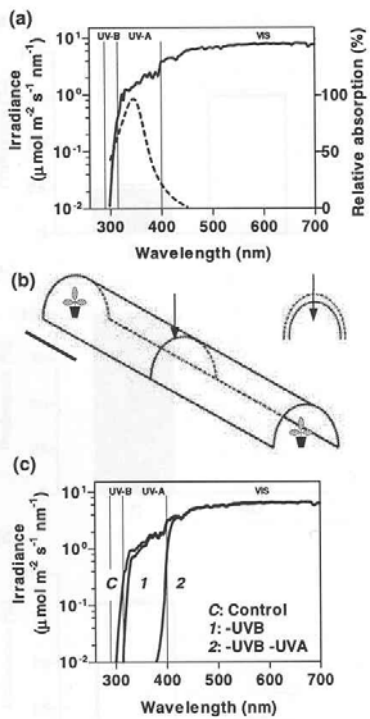


**Mazza (2002)**

Reactie van trips *Caliothrips phaseoli* op licht, keuze experiment in tunnel

(a): Spectrum zonlicht en pigment in insecten-ogen (- - -)

- conclusie
- voorkeur voor -UV B tov controle (=zonlicht compleet)  
 „ „ controle „ donker  
 „ „ -UV B „ -UV B / -UV A



## Bijlage III.

# Effect van UV B via het gewas op gewasbelagers

### *Resultaten buiten*

#### **Rozema (1997)**

UV B zet plant aan tot productie van flavenoiden, lignines en tannines

#### **Lindroth (2000)**

2 populaties van witte klaver (Huia en Tienshan) kregen extra UV B., dienden als voer voor rupsen van *Spodoptera litura* en *Graphiana mutans* (effect van verhoogd UV B tov ambient UV B)

Effecten op klaver

- % koolhydraten lager
- % N iets hoger voor 1 populatie (Huia)
- % 'neutral-detergent fiber' iets lager voor 1 populatie (Huia)
- hogere cyanogenese
- geen effect op gehalte UV-absorberende stoffen (300 nm)

Effecten op *Spodoptera litura*

- gewicht rups lager na 2 weken, ontwikkelingsduur van larven echter nauwelijks langer, popgewicht vrijwel gelijk

Effecten op *Graphiana mutans*

- geen

#### **Ballaré (2001)**

Onderzoek in natuurgebied v Argentinië, in kader van gat in ozonlaag

Overzicht van effecten van UV B op vraat via effect op plant

(effect van ambient UV B tov verlaagd UV B)

Site	Organism/s	Effect of solar UV-B	Ref.
Shrubland (+adjacent forest)	Insects feeding on <i>G. magellanica</i> leaves	Reduced leaf herbivory	[8,17]
	Insects feeding on <i>N. antarctica</i> leaves	Reduced leaf herbivory	[26]
Bog	Microfauna in	Increased density of testate	
Fen	<i>Sphagnum</i> capitulae	amoebae	[10,19,27]
	Symbiotic mycorrhizae	Increased symbiotic	
	Slugs feeding on leaves of most abundant species in fen	mycorrhizal infection of <i>Carex</i> roots in fen Reduced and increased herbivory; changed diet selection of slugs	[28] [25]

verwijst naar: Rousseaux (1998, 2000, 2001), Searles (1999,2000), Robson (2001), Zaller (2003)

### Grant Petersson (1996)

Extra dosis UV-B op *Arabidopsis thaliana*

- effect op rupsen:  
rupsen *Pieris rapae* eten minder, zijn lichter (oude larven)  
geen effect op *Trichoplusia ni*
- effect op planten zelf:  
hoger gehalte flavonoïden
- resultaten suggereren dat flavonoïden afstotende werking hebben op rupsen

### Warren (2002)

Effect van UV-B (295-310 nm) op *Populus trichocarpa* en indirect op kever *Chrysomela scripta*. experimenten in kas en buiten. behandelingen:

- 1 x ambient UV-B
- 2 x ambient UV-B
- effect 2x UVB tov 1X UVB

Parameter	In kas	Buiten
Stam diameter	groter	ns
Bladoppervlak	groter (ns)	ns
Bladopp hoofdstam	ns	groter (vnl. volgroeid blad)
Biomassa bovengronds	ns	groter (ns)
SLA (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	lager (vnl. jong blad)	ns
Conc UV-abs. stoffen	hoger (vnl. jong blad)	hoger (vnl. jong blad)
Conc tannine in blad	minder (alleen jongste blad)	ns
Chlorophyl	10% hoger (jong blad)	ns
Fotosynthese	ns	ns
N-gehalte blad	hoger (alleen in jong blad)	ns
C/N ratio blad	iets lager	ns
S-gehalte blad	hoger (vnl. in oud blad)	ns
Keuze <i>C. scripta</i> adult ♀	vaker (ns)	vaker (ns)
Keuze <i>C. scripta</i> adult ♂	ns	ns
Keuze <i>C. scripta</i> larve L3	ns	ns
Conversie <i>C. scripta</i> (L1 -> ad)	minder efficiënt (ns)	minder efficiënt (jonger blad)
Ontw duur <i>C. scripta</i> (L1 -> ad)	ns	ns

Mogelijke verklaring preferentie hoog UV-B blad, gecombineerd met slechtere groei: hoger salicine gehalte in blad, dat door kever in repellent salicyl omgezet wordt: kevers zijn beschermd tegen predatie.

**Zavala (2001)**

effect van ambient UV-B (< 310 nm) op soja boon, en indirect op rupsenvraat door *Anticarsia gemmatalis*

Parameter	-UV-B	UV-B	P ≤ 0.05
effect op plant			
spec bladmassa (g/m <sup>2</sup> )	42.9	48.3	ns
<b>fenolen</b> (abs bij 350 nm)	1.07	<b>1.38</b>	sign
N-gehalte blad (g/m <sup>2</sup> )	1.15	1.38	ns
hemicellulose (%)	23.4	27.2	ns
<b>lignine</b> (%)	<b>16.1</b>	11.6	sign
effect via blad (als voedsel)			
gewicht <i>A gemmatalis</i> larve	hoger		
overleving <i>A gemmatalis</i> larve	hoger		
% bladopp vraat (keuze)	meer		





## Bijlage IV.

### Effect van licht op natuurlijke vijanden

#### Stack (1997), VS

Bij korte dag (nodig voor bloei van chrysant) gaat *Orius insidiosus* in reproductieve diapauze. Dit is op te heffen door tijdens 6 uur bij te lichten met blauw licht (400-500nm).

Licht	L : d	% diapauze	Ovipositie (ei/vr/dag)	% overleving	Ontwikkeling (dg)
breed spectrum	15 : 9	24.5	9.0	60.1	10.4
breed spectrum	9 : 15	52.6	8.5	53.7	10.5
9h breed spectrum+ 6h extra blauw	9 : 15	22.9	11.6	67.8	10.3

#### Zie Mellor (1997)

Electroretinogram van parasiet *Encarsia formosa* : piek bij 520 nm (evenals z'n prooi, witte vlieg *T. vaporariorum*). ook in UV-A gebied een piek, die zelfs hoger is dan die van witte vlieg.

#### Zie Reitz (2003)

UV-reflecterende mulch onder paprika-planten (vollegrond) doet het aantal *Orius insidiosus* per bloem significant afnemen.



## Bijlage V.

### Effect op schimmelziektes

UV-licht is nodig voor de sporulatie van veel schimmels. UV absorptie door de kasbedekking zal de sporulatie van veel ziekteverwekkende schimmels remmen. Ook blauw licht remt de sporulatie. Blauw licht wordt in de kas verkregen door een folie te gebruiken die het gele licht (580 nm) absorbeert. Een hoge blauw / UV-B ratio van het licht levert een effectieve remming van de sporulatie op. De hoeveelheid literatuur waarin op kasniveau effecten zijn onderzocht op schimmelziekten is beperkt. In onderstaande tabel is een samenvatting gegeven van effecten van verschillende kasdekmaterialen op het optreden van schimmelziekten getoetst op kas-niveau.

Het toedienen van extra UV-B leidt tot ernstiger aantasting door schimmelziektes:

**Naito, 1997:** Extra UV-B (290-320 nm) : meer *Fusarium oxysporum* in spinazie.

**Orth, 1990:** 11.6 kJ/m<sup>2</sup> UV-BBE (biologisch actief UV-B) toegediend aan komkommer in kas, geïnfecteerd met *Colletotrichum lagenarium* of *Cladosporium cucumerinum*, verergert bij sommige cultivars de ziekteontwikkeling. Cultivar, timing en duur van de UV-BBE behandeling, en ook inoculatie-niveau en plantleeftijd spelen een rol.

Tabel. Literatuur m.b.t. kasexperimenten en plantenziekten.

Auteur	Jaar	Type kas	Bedekking, naam	Bedekking, abs gebied	Controle	Gewas	Schimmel	Effect
Sasaki	1985a	?	UV abs vinyl	< 380 nm	normaal vinyl	gember	<i>Pyricularia zingiberi</i>	reductie incidentie > 90%
Shim	1998	?	UV abs vinyl		normaal vinyl	tomaat sla	<i>diverse</i>	reductie incidentie 60 - 70%
Honda	1977a	?	UV abs vinyl	< 390 nm	normaal vinyl abs <300nm	aubergine komkommer	<i>Sclerotinia</i>	minder apothetiën, minder zieke planten
Honda	1977b	?	UV abs vinyl	< 390 nm	normaal vinyl abs <300nm	komkommer	<i>Botrytis cinerea</i>	reductie zieke vruchten: 83%
Honda	1977b	?	UV abs vinyl	< 390 nm	normaal vinyl abs <300nm	tomaat	<i>Botrytis cinerea</i>	reductie zieke vruchten: 93%
Honda	1980	?	UV abs vinyl	< 390 nm	normaal vinyl abs <300nm	aubergine komkommer tomaat	<i>Botrytis en Sclerotinia</i>	minder ziekte: hogere opbrengsten
Kwon	1999	?	UV abs vinyl	< 388 nm	normaal vinyl abs <225nm	watermeloen	<i>Didymella bryoniae</i>	reductie lesies (90%) en pycnidia (80%)
Reuveni	1998		blauw / UVB ratio 40:1		blauw / UVB ratio 4:1	komkommer tomaat	<i>B. cinerea, P. cubensis</i>	minder sporulatie, minder verspreiding
Naito	1997		UV abs vinyl		normaal vinyl	spinazie	<i>Fusarium</i>	Remming



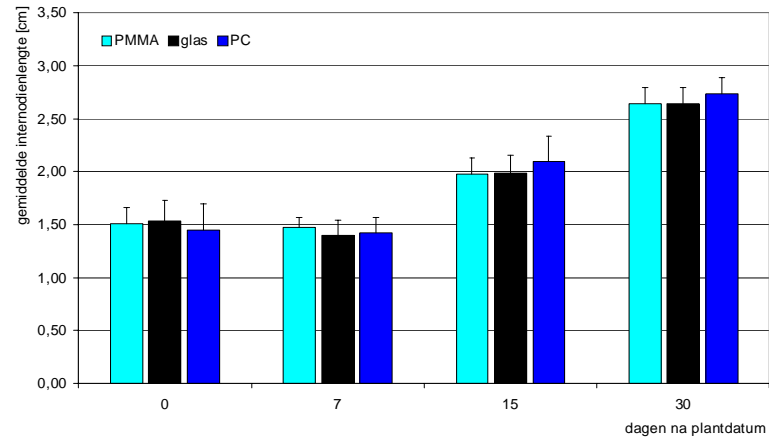
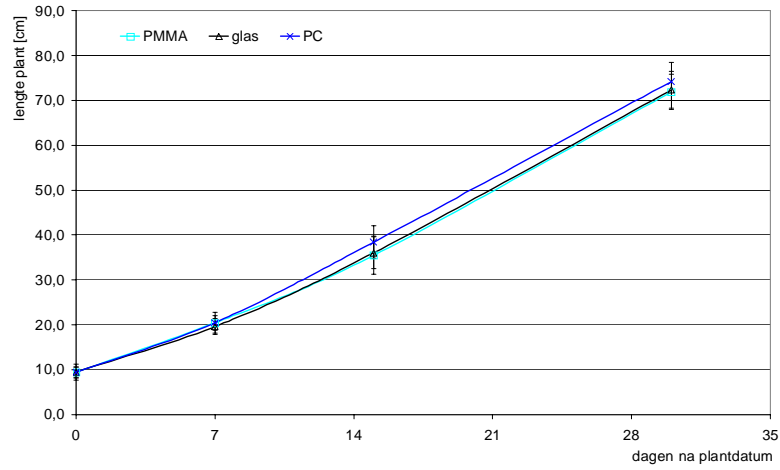
## **Bijlage VI.**

### **Meetdata Experiment 1 t/m 4**

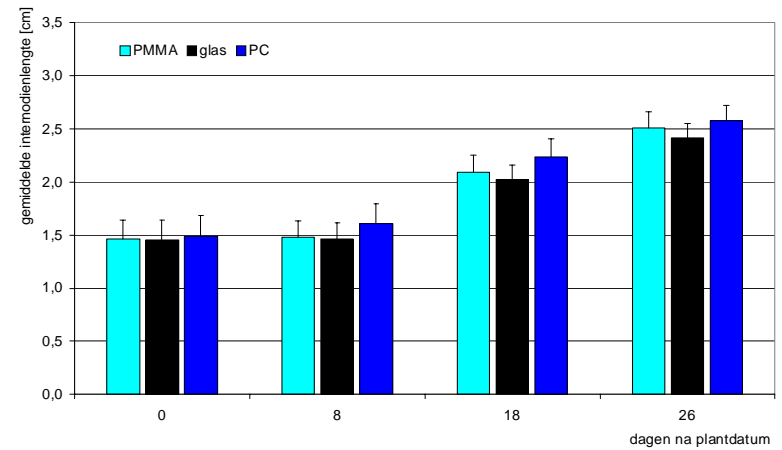
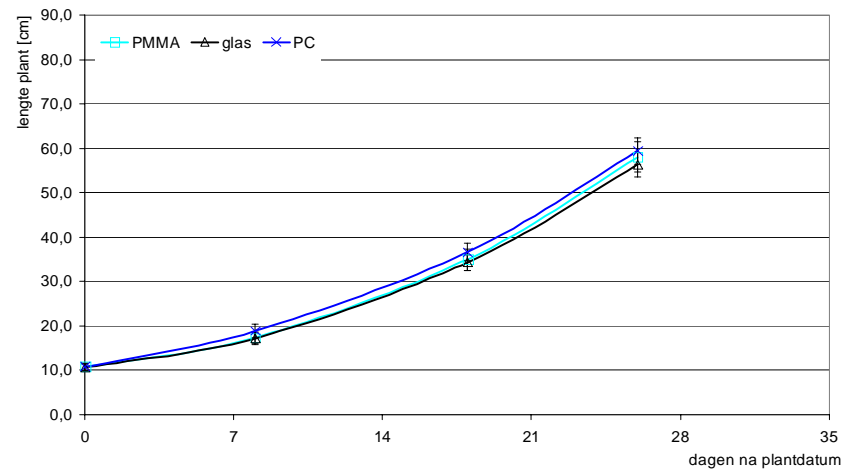
## Experiment 1

Data	Materiaal	PMMA		PMMA Totaal	Glas		Glas Totaal	PC		PC Totaal
	Datum	B	E		A	D		C	F	
Gemiddelde lengte [cm]	25.Aug.04	9,7	9,3	9,5	9,4	9,6	9,5	9,1	9,7	9,4
	1.Sep.04	20,4	20,6	20,5	20,0	19,4	19,6	21,5	19,5	20,5
	9.Sep.04	34,6	36,4	35,5	33,9	38,1	36,1	36,8	40,0	38,4
	24.Sep.04	70,8	73,0	71,9	69,9	74,6	72,3	73,6	74,8	74,2
Gemiddeld aantal bladeren [ ]	25.Aug.04	6,3	6,4	6,3	6,2	6,2	6,2	6,3	6,7	6,5
	1.Sep.04	14,2	13,8	14,0	14,3	13,9	14,1	14,4	14,5	14,4
	9.Sep.04	18,1	17,9	18,0	18,0	18,3	18,2	18,3	18,4	18,3
	24.Sep.04	26,7	27,8	27,3	27,1	27,8	27,5	26,9	27,4	27,2
Gemiddelde internodieën lengte [cm]	25.Aug.04	1,55	1,48	1,51	1,52	1,55	1,54	1,45	1,44	1,45
	1.Sep.04	1,44	1,50	1,47	1,40	1,40	1,40	1,49	1,35	1,42
	9.Sep.04	1,91	2,04	1,98	1,88	2,08	1,98	2,02	2,18	2,10
	24.Sep.04	2,66	2,63	2,64	2,59	2,69	2,64	2,74	2,73	2,74
StdDev lengte [cm]	25.Aug.04	1,2	2,2	1,8	1,2	1,2	1,2	1,4	1,1	1,3
	1.Sep.04	1,5	1,8	1,6	1,8	1,6	1,7	2,3	1,6	2,3
	9.Sep.04	2,1	5,4	4,2	3,0	2,7	3,5	3,7	2,7	3,6
	24.Sep.04	2,4	4,7	3,9	3,1	3,6	4,1	4,3	4,1	4,3
StdDev aantal bladeren [ ]	25.Aug.04	0,6	0,9	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7
	1.Sep.04	0,8	1,2	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0
	9.Sep.04	1,1	1,6	1,4	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
	24.Sep.04	1,4	1,6	1,6	1,7	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8
StdDev gemiddelde internodieën lengte [cm]	25.Aug.04	0,17	0,31	0,25	0,17	0,13	0,15	0,20	0,19	0,19
	1.Sep.04	0,10	0,17	0,14	0,10	0,09	0,09	0,13	0,13	0,15
	9.Sep.04	0,09	0,31	0,24	0,12	0,11	0,15	0,14	0,17	0,18
	24.Sep.04	0,13	0,17	0,15	0,14	0,15	0,16	0,14	0,17	0,15

## Experiment 1



## Experiment 2





## Experiment 1

Data	PMMA		PMMA Totaal	Glas		Glas Totaal	PC		PC Totaal
	B	E		A	D		C	F	
Gemiddelde stengeldikte [cm]	0,84	0,87	0,85	0,89	0,89	0,89	0,82	0,86	0,84
Totaal blad-oppervlak [cm <sup>2</sup> ]	1017	1016	1017	1033	1086	1060	996	968	982
Gemiddeld blad-oppervlak [cm <sup>2</sup> ]	38,7	37,2	37,9	38,8	39,4	39,1	37,5	35,5	36,5
Gemiddeld versgewicht bladeren [g]	45,5	47,2	46,33	47,0	49,9	48,44	44,7	43,8	44,20
Gemiddeld drooggewicht bladeren [g]	3,78	3,94	3,86	3,94	4,19	4,07	3,80	3,83	3,81
Gemiddeld drogestof gehalte [g]	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,5	8,8	8,6
Gemiddeld versgewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	44,6	46,5	45,5	45,3	45,9	45,6	44,8	45,1	45,0
Gemiddeld drooggewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	3,70	3,88	3,79	3,80	3,85	3,83	3,80	3,95	3,88
StdDev stengeldikte [cm]	0,05	0,07	0,06	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
StdDev totaal bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	101	138	120	114	92	106	109	116	112
StdDev gemiddeld bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	2,93	4,22	3,67	3,31	2,83	3,06	2,70	3,53	3,28
StdDev versgewicht bladeren [g]	5,6	7,0	6,3	6,6	4,9	5,9	5,5	5,9	5,7
StdDev drooggewicht bladeren [g]	0,60	0,73	0,67	0,61	0,43	0,54	0,59	0,53	0,56
StdDev drogestof gehalte [g]	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5
StdDev versgewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	1,9	3,8	3,1	1,9	1,2	1,6	1,5	1,9	1,7
StdDev drooggewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	0,31	0,48	0,41	0,22	0,14	0,18	0,23	0,30	0,28

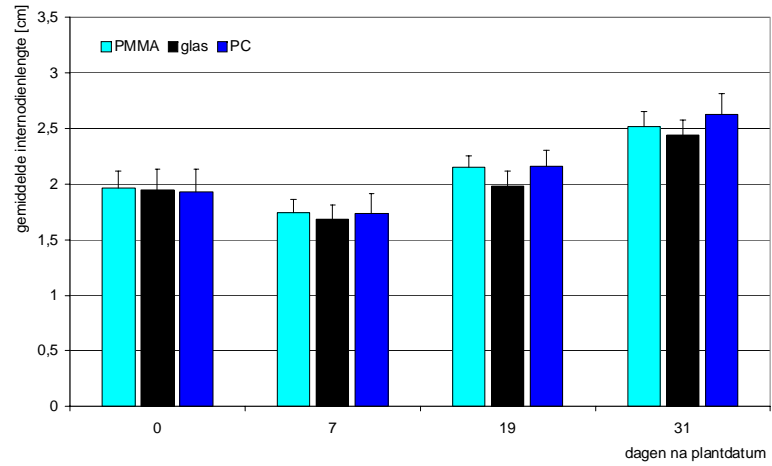
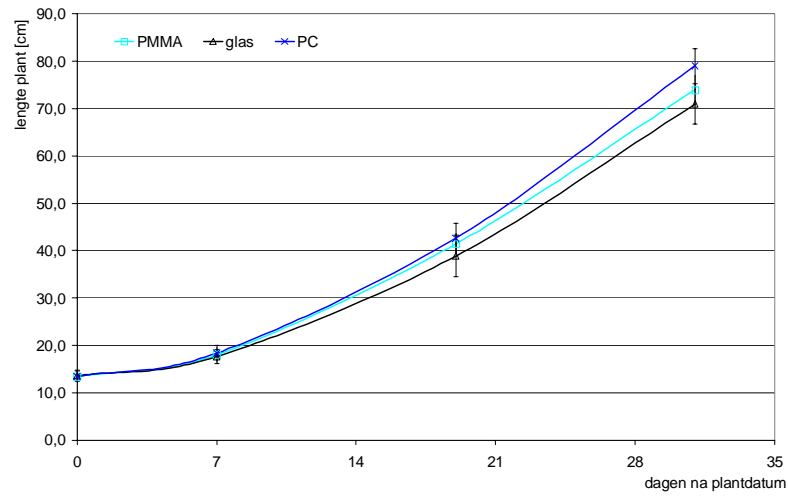
## Experiment 2

Data	Materiaal	PMMA		PMMA Totaal	Glas		Glas Totaal	PC		PC Totaal
		B	E		A	D		C	F	
Gemiddelde lengte [cm]	21.04.2005	10,6	11,0	10,8	10,6	10,7	10,6	10,7	10,8	10,8
	29.04.2005	17,1	17,6	17,3	17,3	17,2	17,2	18,3	19,4	18,9
	09.05.2005	34,9	35,1	35,0	34,9	33,8	34,3	37,0	36,3	36,6
	17.05.2005	58,0	58,1	58,0	57,2	55,6	56,4	60,4	58,6	59,5
Gemiddeld aantal bladeren [ ]	21.04.2005	7,3	7,6	7,4	7,5	7,3	7,4	7,3	7,4	7,3
	29.04.2005	11,5	12,0	11,8	11,9	11,8	11,8	11,7	12,0	11,8
	09.05.2005	16,7	16,8	16,8	17,1	16,9	17,0	16,6	16,3	16,5
	17.05.2005	22,9	23,4	23,2	23,5	23,3	23,4	23,2	23,1	23,2
Gemiddelde internodieën lengte [cm]	21.04.2005	1,46	1,47	1,46	1,44	1,47	1,45	1,49	1,49	1,49
	29.04.2005	1,49	1,47	1,48	1,47	1,47	1,47	1,58	1,64	1,61
	09.05.2005	2,10	2,09	2,10	2,05	2,01	2,03	2,24	2,23	2,23
	17.05.2005	2,53	2,49	2,51	2,43	2,39	2,41	2,60	2,54	2,57
StdDev lengte [cm]	21.04.2005	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9
	29.04.2005	1,5	1,3	1,4	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,6
	09.05.2005	2,5	2,4	2,4	1,8	1,4	1,7	2,1	1,9	2,0
	17.05.2005	3,4	3,5	3,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9
StdDev aantal bladeren [ ]	21.04.2005	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7
	29.04.2005	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
	09.05.2005	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	17.05.2005	1,4	1,3	1,4	1,1	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2
StdDev gemiddelde internodieën lengte [cm]	21.04.2005	0,20	0,17	0,18	0,20	0,16	0,18	0,18	0,21	0,20
	29.04.2005	0,16	0,14	0,15	0,17	0,12	0,15	0,19	0,18	0,19
	09.05.2005	0,15	0,17	0,16	0,14	0,13	0,13	0,18	0,17	0,18
	17.05.2005	0,14	0,17	0,16	0,12	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15

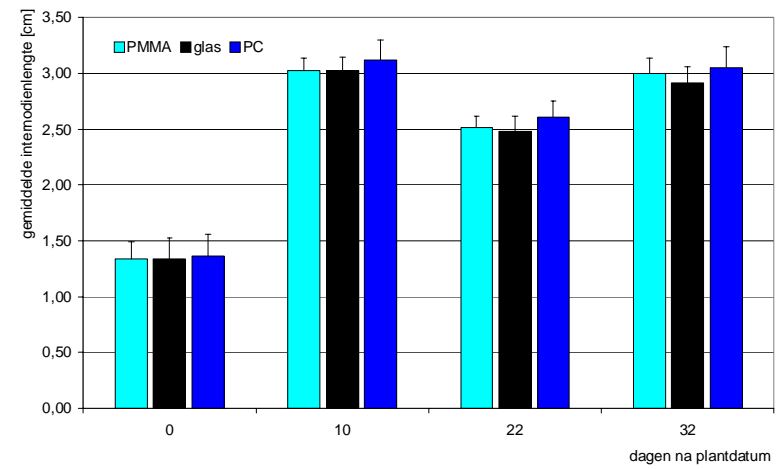
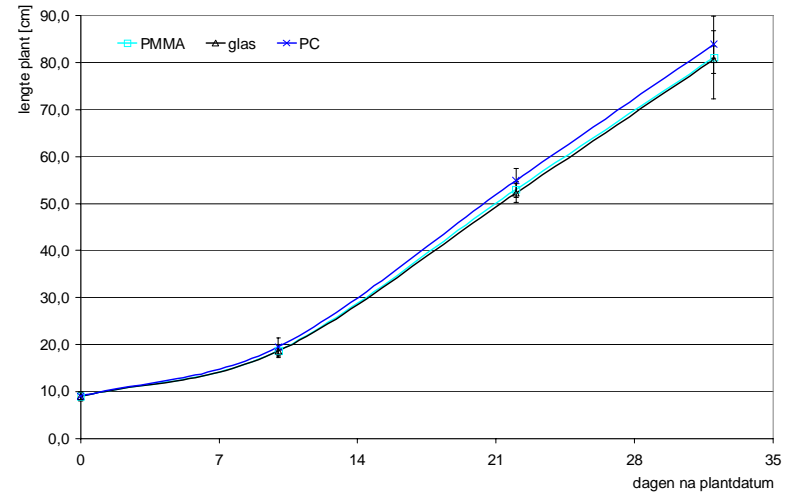
### Experiment 3

Data	Materiaal	PMMA		PMMA Totaal	Glas		Glas Totaal	PC		PC Totaal
	Datum	B	E		A	D		C	F	
Gemiddelde lengte [cm]	10.06.2005	13,4	13,6	13,5	13,5	13,7	13,6	13,3	13,7	13,5
	17.06.2005	17,9	18,2	18,0	17,9	17,4	17,7	18,3	18,4	18,4
	29.06.2005	41,8	41,2	41,5	41,0	36,7	38,9	43,0	42,3	42,7
	11.07.2005	72,1	75,8	74,0	70,6	71,4	71,0	79,4	78,7	79,0
Gemiddeld aantal bladeren [ ]	10.06.2005	6,9	6,8	6,9	7,0	7,1	7,0	7,2	6,9	7,0
	17.06.2005	10,4	10,3	10,3	10,6	10,4	10,5	11,0	10,3	10,6
	29.06.2005	19,4	19,3	19,3	20,0	19,2	19,6	20,4	19,2	19,8
	11.07.2005	28,3	30,5	29,4	28,6	29,7	29,2	30,8	29,6	30,2
Gemiddelde internodieën lengte [cm]	10.06.2005	1,93	2,00	1,96	1,95	1,94	1,95	1,86	2,00	1,93
	17.06.2005	1,73	1,77	1,75	1,69	1,68	1,69	1,68	1,79	1,74
	29.06.2005	2,16	2,14	2,15	2,05	1,91	1,98	2,11	2,21	2,16
	11.07.2005	2,55	2,49	2,52	2,47	2,41	2,44	2,58	2,67	2,63
StdDev lengte [cm]	10.06.2005	1,4	1,0	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2
	17.06.2005	1,5	1,5	1,5	1,2	1,6	1,4	1,4	1,8	1,6
	29.06.2005	1,8	2,3	2,1	2,8	4,7	4,4	2,8	3,5	3,2
	11.07.2005	2,4	2,7	3,1	2,8	5,3	4,3	3,0	4,2	3,6
StdDev aantal bladeren [ ]	10.06.2005	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
	17.06.2005	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
	29.06.2005	1,0	1,1	1,0	1,1	1,7	1,5	1,3	1,4	1,5
	11.07.2005	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,2	1,7	2,3	2,1
StdDev gemiddelde internodieën lengte [cm]	10.06.2005	0,15	0,16	0,15	0,17	0,20	0,19	0,22	0,16	0,20
	17.06.2005	0,12	0,11	0,11	0,10	0,14	0,12	0,13	0,19	0,17
	29.06.2005	0,10	0,11	0,10	0,10	0,14	0,14	0,11	0,16	0,15
	11.07.2005	0,12	0,14	0,13	0,15	0,12	0,14	0,15	0,21	0,19

### Experiment 3



### Experiment 4



### Experiment 3

Data	PMMA		PMMA Totaal	Glas		Glas Totaal	PC		PC Totaal
	B	E		A	D		C	F	
Gemiddelde stengeldikte [mm]	7,3	7,3	7,3	7,6	7,2	7,4	7,3	7,2	7,2
Totaal bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	834	849	841	915	917	916	1007	948	978
Gemiddeld bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	29,2	28,3	28,8	31,5	30,0	30,7	32,1	31,5	31,8
Gemiddeld versgewicht stengel [g]	35,1	35,8	35,4	37,1	34,5	35,8	38,4	37,3	37,9
Gemiddeld versgewicht bladeren [g]	38,8	37,5	38,2	44,9	39,8	42,3	42,8	40,9	41,9
Gemiddeld drooggewicht bladeren [g]	4,21	4,39	4,30	4,63	4,57	4,60	4,76	4,60	4,68
Gemiddeld drogestof gehalte [%]	10,8	11,7	11,3	10,3	11,5	10,9	11,1	11,2	11,2
Gemiddeld versgewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	46,5	44,1	45,3	48,9	43,0	45,9	42,4	42,9	42,6
Gemiddeld drooggewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	5,04	5,16	5,10	5,04	4,93	4,99	4,72	4,82	4,77
StdDev stengeldikte [mm]	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
StdDev totaal bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	87	99	93	100	140	121	152	167	161
StdDev gemiddeld bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	2,5	3,3	2,9	2,9	3,7	3,4	3,4	3,4	3,4
StdDev versgewicht stengel [g]	5,9	4,9	5,4	5,5	9,3	7,7	6,6	7,6	7,0
StdDev versgewicht bladeren [g]	5,5	5,1	5,3	7,1	8,7	8,3	7,4	8,7	8,0
StdDev drooggewicht bladeren [g]	0,62	0,67	0,64	0,71	1,05	0,89	0,83	1,04	0,93
StdDev drogestof gehalte [%]	0,5	0,6	0,7	0,7	0,3	0,8	0,3	0,5	0,4
StdDev versgewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	1,6	1,8	1,8	2,0	1,8	2,0	1,8	2,3	2,1
StdDev drooggewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	0,38	0,42	0,40	0,36	0,56	0,47	0,24	0,37	0,31

## Experiment 4

Data	Datum	PMMA		PMMA Totaal	Glas		Glas Totaal	PC		PC Totaal
		B	E		A	D		C	F	
Gemiddelde lengte [cm]	01-08-2005	8,9	9,1	9,0	9,2	8,8	9,0	9,4	8,7	9,0
	11-08-2005	18,6	18,9	18,8	19,1	18,2	18,6	20,7	18,4	19,5
	23-08-2005	52,8	53,2	53,0	52,6	51,9	52,3	56,5	53,4	54,9
	02-09-2005	80,8	83,1	81,9	81,5	79,8	80,6	84,6	83,2	83,9
Gemiddeld aantal bladeren [ ]	01-08-2005	6,8	6,8	6,8	7,0	6,6	6,8	6,9	6,5	6,7
	11-08-2005	6,3	6,3	6,3	6,2	6,4	6,3	6,5	6,2	6,4
	23-08-2005	21,0	21,3	21,1	21,0	21,1	21,1	21,3	20,9	21,1
	02-09-2005	26,8	27,9	27,4	28,0	27,5	27,7	27,8	27,3	27,6
Gemiddeld gemiddelde internodieënlengthe [cm]	01-08-2005	1,33	1,35	1,34	1,33	1,35	1,34	1,38	1,34	1,36
	11-08-2005	3,00	3,05	3,02	3,17	2,87	3,02	3,22	3,02	3,12
	23-08-2005	2,53	2,51	2,52	2,51	2,46	2,48	2,66	2,57	2,61
	02-09-2005	3,02	2,98	3,00	2,92	2,91	2,92	3,06	3,05	3,05
StdDev lengte [cm]	01-08-2005	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
	11-08-2005	1,4	1,3	1,3	1,5	1,0	1,3	1,5	1,4	1,9
	23-08-2005	1,9	1,4	1,7	2,4	1,6	2,1	2,4	1,8	2,6
	02-09-2005	2,3	3,0	2,9	3,6	1,7	2,9	3,0	2,7	2,9
StdDev aantal bladeren [ ]	01-08-2005	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
	11-08-2005	0,8	0,7	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9	0,8	0,9
	23-08-2005	1,4	1,2	1,3	1,5	1,0	1,2	1,5	1,1	1,3
	02-09-2005	1,5	1,3	1,5	1,8	1,5	1,6	1,9	1,3	1,7
StdDev gemiddelde internodieënlengthe [cm]	01-08-2005	0,15	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,16	0,15	0,16
	11-08-2005	0,42	0,36	0,39	0,62	0,30	0,51	0,42	0,42	0,43
	23-08-2005	0,16	0,13	0,15	0,14	0,14	0,14	0,16	0,14	0,16
	02-09-2005	0,17	0,13	0,15	0,16	0,16	0,16	0,19	0,15	0,17

## Experiment 4

Data	PMMA		PMMA Totaal	Glas		Glas Totaal	PC		PC Totaal
	B	E		A	D		C	F	
Gemiddelde stengeldikte [mm]	7,8	7,9	7,9	8,0	8,0	8,0	7,7	7,8	7,7
Totaal bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	857	870	863,4	879	812	846	864	883	873
Gemiddeld bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	31,7	30,7	31,2	30,6	30,2	30,4	30,8	32,0	31,4
Gemiddeld versgewicht stengel [g]	37,1	39,4	38,2	39,1	37,1	38,1	35,6	35,2	35,4
Gemiddeld versgewicht bladeren [g]	36,6	37,4	37,0	38,0	34,7	36,3	35,8	36,5	36,2
Gemiddeld drooggewicht bladeren [g]	3,26	3,27	3,3	3,35	3,02	3,19	3,11	3,09	3,10
Gemiddeld drogestof gehalte [%]	8,9	8,7	8,8	8,8	8,7	8,8	8,7	8,5	8,6
Gemiddeld versgewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	42,7	43,0	42,9	43,1	42,7	42,9	41,4	41,3	41,4
Gemiddeld drooggewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	3,80	3,75	3,77	3,81	3,73	3,77	3,60	3,50	3,55
StdDev stengeldikte [mm]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
StdDev totaal bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	126	94	110	113	87	105	110	106	107
StdDev gemiddeld bladoppervlak [cm <sup>2</sup> ]	4,0	2,8	3,5	2,8	2,6	2,7	3,8	3,1	3,5
StdDev versgewicht stengel [g]	4,4	5,5	5,1	5,4	4,3	4,9	4,3	4,7	4,4
StdDev versgewicht bladeren [g]	5,1	4,5	4,8	5,4	4,0	5,0	4,7	5,0	4,8
StdDev drooggewicht bladeren [g]	0,51	0,46	0,5	0,49	0,33	0,45	0,44	0,44	0,44
StdDev drogestof gehalte [%]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
StdDev versgewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	1,5	1,6	1,6	1,6	2,1	1,9	1,5	1,6	1,5
StdDev drooggewicht per bladoppervlak [mg/cm <sup>2</sup> ]	0,19	0,20	0,19	0,20	0,19	0,20	0,17	0,25	0,21