

Beheersing van stengelaantasting door Botrytis in tomaat met UV-C gewasbescherming

Jantineke Hofland-Zijlstra, Marc van Slooten, Sabine Böhne & Laxmi Kok





WAGENINGEN **UR**

For quality of life

Beheersing van stengelaantasting door Botrytis in tomaat met UV-C gewasbescherming

Jantineke Hofland-Zijlstra, Marc van Slooten, Sabine Böhne & Laxmi Kok

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw, Kennisplatform UV-gewasbescherming & Gebroeders Duijvestein.



Projectnummer WUR Glastuinbouw: 3242056000
PT-nummer: 13391

Wageningen UR Glastuinbouw

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

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding en doel van het onderzoek	3
1.2 Wat is UV-C licht en wat houdt UV-C gewasbescherming in?	3
2 Effecten van UV-gewasbescherming op het voorkomen van Botrytis stengelaantasting	5
2.1 Praktijkmetingen van effecten UV-gewasbescherming op Botrytis schimmelgroei	5
2.1.1 Praktijktest 1	5
2.1.2 Praktijktest 2	7
2.2 Effecten van UV-C belichting op Botrytis cultures <i>in vitro</i>	8
2.2.1 Proefopzet	8
2.2.2 Resultaten	9
2.3 Effecten van UV-C belichting op een met Botrytis besmet wondvlak in tomaat	13
2.3.1 Proefopzet	13
2.3.2 Resultaten	14
3 Studie naar de effecten van UV-C gewasbescherming op plagen en biologische bestrijders	15
3.1 Literatuurstudie naar de effecten van UV-C belichting op plagen en biologische bestrijders	15
3.2 Effecten van UV-C belichting op kaswittevlies en <i>Macrolophus</i> <i>in vitro</i>	16
3.2.1 Proefopzet	16
3.2.2 Resultaten	16
4 Betekenis van UV-gewasbescherming voor de inzet van arbeid en veiligheidsaspecten rondom toepassing	19
4.1 Betekenis van UV-gewasbescherming voor arbeid	19
4.2 Veiligheidsaspecten rondom UV-gewasbescherming	19
5 Discussie en conclusie	21
5.1 Effect van UV-gewasbescherming op het voorkomen van Botrytis stengelaantasting	21
5.2 Effecten UV-gewasbescherming op bestrijding van plagen en risico's voor biologische bestrijders	21
5.3 Betekenis van UV-gewasbescherming voor inzet van arbeid en veiligheidsaspecten	22
5.4 Conclusies	22
6 Aanbevelingen	23
6.1 Aanbevelingen voor de praktijk	23
6.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek	23
7 Literatuur	25

Samenvatting

Aanleiding onderzoek

Uitval van planten door stengelaantasting van Botrytis is nog steeds een van de grote problemen in de tomatenteelt. Momenteel zijn er geen chemische middelen hiervoor beschikbaar en is er een grote behoefte om alternatieve bestrijdingsmethoden in te zetten. Eén daarvan is de inzet van UV-gewasbescherming. Wageningen UR heeft in het groeiseizoen van 2008 in samenwerking met het Kennisplatform UV-gewasbescherming en de Gebroeders Duijvestein een aantal proeven in de praktijk en in het laboratorium gedaan om de effecten van UV-C belichting te onderzoeken op beheersing van Botrytis. Daarnaast is onderzocht wat gewenste en ongewenste neveneffecten zijn op plagen en biologische bestrijders. Ook is in dit kader aandacht besteed aan de veiligheidsaspecten van het werken met de UV-robot.

Effect van UV-C gewasbescherming op stengelbotrytis

De eerste metingen in de praktijk gaven geen remming van UV-C op de schimmelgroei van Botrytiskolonies te zien, doordat de verticale lampen van de UV-robot waren afgesteld met een te lage dosering ($< 10 \text{ mJ/cm}^2$). De tweede meting in de praktijk waarbij jonge Botrytiskolonies éénmalig voor de stilstaande UV-robot waren geplaatst in een doseringsreeks van $0\text{-}57 \text{ mJ/cm}^2$ gaf eveneens weinig resultaat te zien. Daarom werd besloten om verder te gaan onder laboratoriumomstandigheden en uitgebreider te kijken naar de benodigde frequentie en UV-doseringen. Een regelmatige herhaling van de UV-C behandeling heeft duidelijk een sterkere invloed op reductie van de schimmelgroei dan de hoogte van de dosering. Een frequente belichting (2-4x per week) remt de groei van de Botrytis schimmelkolonie met 8-13%, waarbij de dagelijkse dosering van 4x per week het meest effectiefst was. Een geringe dosis UV (vanaf 10 mJ/cm^2) geeft al remming op de myceliumgroei en sporenproductie. Waarbij de sporenproductie vanaf 30 mJ/cm^2 met meer dan 50% geremd wordt ten opzichte van een onbehandelde controle.

Effect van UV-C gewasbescherming op plagen en biologische bestrijders

Vanuit de literatuur is nog weinig bekend over de effecten van UV-C op plagen en biologische bestrijders. Aan de andere kant lijkt het aannemelijk dat de effecten van UV-C in het verlengde liggen van de kortgolvlige UV-B straling. Ook in onze proeven kwam naar voren dat sommige insecten (Macrolophus) snel de UV-C straling waarnemen en deze het liefst willen vermijden als ze de kans hiervoor krijgen. Grote nadelige effecten op biologische bestrijders in tomaat zijn echter gering te achten, omdat deze insecten zich doorgaans buiten het bereik van de UV-C robot bevinden.

Positieve neveneffecten op de beheersing van plagen met UV-C is evenmin te verwachten omdat deze vaak moeilijk geraakt worden door het UV-licht. In de laboratoriumproef met poppen van kaswittevlies was wel goed te zien dat lage doseringen van 10 mJ/cm^2 al een sterk negatief effect hebben op de overleving. Desoriëntatie van insecten, zoals hommels lijkt in de kas een minder grote rol te spelen, omdat dit vooral door gebrek aan UV-A wordt veroorzaakt.

Betekenis van UV-gewasbescherming voor inzet van arbeid en veiligheidsaspecten

Het huidige apparaat van de UV-C robot die in 2008 bij de gebroeders Duijvestein rondreed moest nog voorzien worden van een transportmogelijkheid, waardoor het verplaatsen van pad naar pad relatief veel tijd kostte. Eind 2008 is de UV-C robot wel met deze mogelijkheid uitgebreid, zodat deze 's nachts kan worden ingezet en geen extra arbeid hoeft te vergen. Dit is tevens beter voor de medewerkers die hierdoor minder kans lopen om met UV-C licht in aanraking te komen. Extra bescherming in de vorm van brillen en beschermende kleding blijft echter noodzaak. In het komende groeiseizoen zal duidelijk moeten worden of de verhoogde rijsnelheid van 40-50 m/min. voldoende gewasoppervlak per nacht kan behandelen om het optreden van stengelbotrytis mede te beheersen.

Conclusie

De inzet van UV-gewasbescherming kan een goede aanvulling zijn op andere gewasbeschermingsmaatregelen om Botrytis stengelaantasting te voorkomen, maar zal niet als enige maatregel kunnen volstaan om Botrytis stengelaantasting volledig te voorkomen, omdat de infectie door Botrytis van meer factoren afhangt dan alleen de sporendruk. Het is echter bij regelmatige toepassing (dagelijks of om de dag) wel een goede aanvulling op andere teelt-, klimaat-, en bestrijdingsmaatregelen waarmee de sporendruk zo laag mogelijk gehouden wordt en de weerstand van het gewas geoptimaliseerd. Vervolgonderzoek in de praktijk zal meer zicht moeten geven op de neveneffecten van UV-gewasbescherming op de gewasgezondheid, vruchtkwaliteit en de gevolgen voor plagen en natuurlijke vijanden.

Aanbevelingen voor de praktijk

UV-gewasbescherming is met name effectief bij regelmatige toepassing van minimaal drie keer per week. Controleer dat de effectieve doseringen die de schimmelgroei remmen (10-30 mJ/cm²), worden toegepast bij de gehanteerde snelheid van de UV-robot. Door het gebruik van de UV-robot vooral 's nachts in te zetten treedt de minste verstoring met oogst- en gewaswerkzaamheden op, dit is ook het veiligste voor de medewerkers. Een strikte bedrijfshygiëne en zorgvuldige gewasverzorging blijft echter nog steeds de beste basis Botrytis stengelaantasting te voorkomen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van het onderzoek

Stengelaantasting door Botrytis is een groot probleem in de tomatenteelt. De verwachting is dat de aantasting door Botrytis de komende jaren toe zal nemen, ondermeer door minder inzet van energie en de teelt van Botrytis-gevoelige rassen. Het curatief behandelen van Botrytis-lesies is niet altijd effectief, omdat de schimmel al te ver de plant is ingegroeid waardoor deze alsnog wegvalt. Door de steeds scherper wordende eisen rondom de MRL's en de snelle ontwikkeling van resistentie-opbouw tegen chemische middelen is er een grote behoefte aan niet-chemische bestrijding van Botrytis.

In 2006 is door Heuvelink onderzoek verricht naar de behandeling stengelbotrytis in tomaat met UV-C. Hieruit kwam naar voren dat planten die drie keer per week waren behandeld met UV-C een tendens vertoonden om minder lesies te ontwikkelen ten opzichte van de onbehandelde planten. Momenteel wordt in de praktijk enige ervaring opgedaan met UV-C robots die door het tomatengewas heen rijden. Hoewel er al eerdere aanpassingen gedaan zijn na ervaringen in de praktijk (2007) is het voor gebruikers nog steeds niet duidelijk op welke manier het systeem optimaal kan worden toegepast en of de investering is terug te verdienen. Er is dringend behoefte aan extra kennisondersteuning van telers om het systeem sneller te optimaliseren. Daarbij is één van de problemen dat het Botrytis-dodende effect van UV-C in de praktijk alleen is na te gaan aan de hand van gevormde lesies. Deze lesies zijn echter vaak pas na enkele weken zichtbaar. Voor een snelle optimalisatie en het praktijkklaar maken van de toepassing van UV-C is een snelle preventieve meetmethode nodig van Botrytis-infectiedruk. Bij telers is er verder behoefte aan een snellere behandelingstijd van de UV-C robot door verhoging van de capaciteit, zodat het rendabeler is toe te passen en aan aanvullende kennis over effecten van UV-C op het gewas en de bijkomende effecten op andere plagen en plaagbestrijders.

Doel

1. Voorkomen van stengelaantasting door Botrytis door het gebruik van UV-C.
2. Optimaliseren van UV-C gewasbescherming in de praktijk.
3. (Literatuur-)studie naar effecten van UV-C gewasbescherming op plagen en natuurlijke vijanden.
4. Bepalen van de invloed van UV-C gewasbescherming op de inzet van arbeid.

1.2 Wat is UV-C licht en wat houdt UV-C gewasbescherming in?

In het lichtspectrum bevinden de ultraviolette (UV) stralen zich tussen 200 en 400 nm. Daarbij is er onderscheid tussen UV-A (315-400nm), UV-B (280-315 nm) en UV-C (200-280 nm). Natuurlijk zonlicht bestaat voor een klein gedeelte uit UV-A en UV-B licht, UV-C komt in de natuur nauwelijks voor, omdat deze straling geabsorbeerd wordt door zuurstof en ozon in de atmosfeer (Sinha & Häder 2002). Zonnebanken en de zgn. blacklights maken gebruik van het UV-A licht. Als mensen verbranden door de zon is dat meestal door te lange blootstelling van de blote huid aan UV-B stralen. UV-C is met zijn korte golflengten de meest schadelijkste van de drie soorten. Alle UV-soorten kunnen bij een bepaalde blootstellingstermijn schadelijk zijn voor alle levende organismen variërend van bacteriën tot de mens. De biologische effecten worden vooral veroorzaakt door de hoog energetische UV-fotonen die in staat zijn om chemische verbindingen van macromoleculen te vernietigen, hetgeen leidt tot een reeks van celbeschadigingen, zoals inactivatie van eiwitten en enzymen en met name mutaties en vernietiging van het DNA (Hollosy 2002). In de praktijk betekent dit groeiremming, verminderde overleving, eiwitvernietiging, pigmentbleking en remming van de fotosynthese in verschillende organismen. Aan de andere kant hebben cellen ook bepaalde mechanismen ontwikkeld om UV-schade weer te herstellen of beter te tolereren Dit kan door fysieke barrières van haren en trichomen of door andere mechanismen zoals de aanmaak van enzymatische (bijv. peroxidasen) en niet-enzymatische oxidanten, zoals ascorbinezuur en flavanoiden (Sinha & Häder 2002, Kovács & Keresztes 2002).

Veel micro-organismen en insecten zijn gevoelig voor blootstelling aan het UV-C licht. Hiervan wordt in diverse bedrijfstakken al veelvuldig gebruik van gemaakt, bijvoorbeeld voor het zuiveren van lucht en water. Andere toepassingen zijn in de verwerkingsfase van groenten (groentesnijderijen) om deze te ontsmetten van bacteriën en schimmels. In de naooogst om langere bewaring van fruit (aardbei, appels, peren, etc.) te bewerkstelligen doordat UV-C de interne weerstand van de schil verhoogt en het binnendringen van micro-organismen kan beperken (Charles et al. 2007).

Nieuw is echter de toepassing van UV-C belichting ter bestrijding van schimmels in het gewas. Hier is door de firma Clean Light B.V. (Wageningen) een patent op aangevraagd. In verschillende teelten wordt nu ervaring opgedaan over het inpassen van deze gewasbeschermingsmethode in het hele teeltsysteem. Binnen de glastuinbouw is er belangstelling vanuit de vruchtgroenten (tomaat, komkommer en paprika) en de sierteelt (o.a. rozen, gerbera's) om UV-C robots in te passen in het teeltsysteem ter bestrijding van schimmelziekten. Eén van de succesvolle toepassingen is in het rozengekas ter bestrijding van echte meeldauw (*Sphaerotheca pannosa*). Deze schimmel groeit op de bovenkant van het blad, dringt niet door het blad heen en is daardoor goed met UV-C licht te behandelen. Na enkele dagen is de activiteit van de schimmel geremd en is het schimmelpluis zichtbaar verkleind. Een andere toepassing van UV-C is ontdekt in de komkommerteelt waar telers gebruik gemaakt van UV-C belichting om het blad mee af te branden, waardoor de inzet van arbeid kan worden verminderd.

Belangrijke randvoorwaarden voor UV-gewasbescherming zijn dat de ziekteverwekker goed geraakt kan worden in het gewas, vanwege het beperkte indringende vermogen van de straling, maar zonder het optreden van gewas-schade. Daarnaast is het van belang dat de aanwezige biologische bestrijders in het gewas geen hinder van de UV-behandeling ondervinden.

2 Effecten van UV-gewasbescherming op het voorkomen van Botrytis stengelaantasting

2.1 Praktijkmetingen van effecten UV-gewasbescherming op Botrytis schimmelgroei

2.1.1 Praktijktest 1

In augustus is gestart met de eerste metingen aan de UV-C robot in de praktijk op het bedrijf van de Gebroeders Duijvestein. De robot had al een aantal maanden door een proefvak met tomatenplanten heengereden met een frequentie van twee keer per week. In de voorafgaande teeltperiode waren er nauwelijks zichtbare Botrytis aantastingen in het gewas aanwezig. De UV-C robot, zoals deze door Berg Products is geproduceerd bestaat uit een aantal horizontale lampen (4 x 75 Watt, 75 cm breed en 50 cm hoog) en een paar verticale lampen (1 x 36 Watt, 75 cm hoog) die op de voorkant van de robot zijn gemonteerd (Figuur 1). Er is voor gekozen om te beginnen met een lage dosering rond de 10 mJ/cm² om schade aan de vruchten en het gewas te voorkomen. Hiertoe was besloten, omdat bij voorgaande proeven (waarbij niet de hoogte van de dosering was gemeten) gewasschade was opgetreden. Daarnaast wijst eerder onderzoek van Heuvelink (2006) in de richting dat lage doseringen de aanwezigheid van het aantal lesies kan verminderen als een tomatengewas regelmatig (3 keer per week) met UV-C licht is behandeld. Door met deze lage doseringen te werken is de verwachting dat de sporen niet direct gedood worden, maar dat schimmeldraden waaruit de sporen gevormd worden wel in de groei worden geremd en op die manier minder snel nieuwe sporen kunnen produceren die stengelaantasting veroorzaken.



Figuur 1. UV-robot met aan de voorkant 2 verticale UV-C lampen (35 Watt) aan elke zijkant vier UV-C lampen (75 Watt).

Vraagstellingen

- De vers gesneden wondvlakken bevinden zich op de hoogte van de verticale lampen. De vraagstelling voor de eerste praktijktest was dan ook of met de huidige UV-C dosering van de *verticale* lampen de groeisnelheid van Botrytis schimmeldraden geremd wordt op de hoogte van vochtige wondvlakken?
- Hoe vaak moet de Botrytis kolonie per week behandeld worden met UV-C licht om geremd te worden in de groei?



Figuur 2. Houten meetbox met vier voedingsbodems met jonge sporulerende Botrytiskolonies om het effect van UV-C in het gewas te bepalen.

Proefopzet

In week 33 werd de eerste praktijktest uitgevoerd. Om direct het effect van UV-C op een Botrytis schimmelkolonie te meten die in het gewas aanwezig is, was ervoor gekozen om te werken met cultures van Botrytis die al van tevoren op een kunstmatige voedingsbodem waren aangebracht. Reductie van de groeisnelheid van een schimmel en verminderde sporenproductie is dan relatief eenvoudig vast te stellen door deze te vergelijken met de cultures van de niet belichte controles. Om dit te testen werden 5 meetboxen per pad opgehangen met aan vier zijden petrischalen (diam. 5 cm) met voedingsbodems waarop een jonge Botrytis culture was aangebracht van 2 dagen oud (Figuur 2). De meetboxen zijn ter hoogte van de vers gesneden wondvlakken opgehangen (1,2 m vanaf de buisrail) om de praktijksituatie zo goed mogelijk te benaderen. De UV-robot rijdt heen en terug langs dezelfde buisrail, zodat elke rij twee keer wordt belicht. Op maandag werd de gestart met de eerste behandeling en op woensdag is de tweede behandeling uitgevoerd en werd tevens de UV-dosis gemeten door Berg Products die door de UV-robot werd geproduceerd. De derde UV-behandeling stond gepland voor vrijdag.

Behandelschema:

- paden 51 en 53 1x per week belichten (ma);
- paden 53 en 55 2x per week belichten (ma, wo);
- paden 57 en 59 3x per week belichten (ma, wo, vr).

Resultaten

Behandeling met $2 \times 0,8 \text{ mJ/cm}^2$ (op 1,2m hoogte) door de verticale lampen bleek niet effectief om de groei van schimmeldraden te vertragen en de vorming van sporen te voorkomen. Na de eerste UV-C behandeling waren de Botrytis kolonies even snel doorgroeid als de onbehandelde controleplaten en werden er na twee dagen volop sporen geproduceerd op alle ingezette platen. Er werd besloten de derde behandeling op vrijdag niet uit te voeren, maar eerst een dosis-respons relatie vast te stellen bij het apparaat in stilstand waarbij wel duidelijke reductie van schimmelgroei zou plaatsvinden.

2.1.2 Praktijktest 2

Vraagstellingen praktijktest 2

- Wordt met de huidige UV-C dosering van de *horizontale* lampen de groeisnelheid van Botrytis schimmeldraden geremd die aanwezig zijn op het stengelpakket ter hoogte van de teeltgoot?
- Wordt het geproduceerde UV-licht niet gehinderd door de lamellen die tussen de lampen zijn aangebracht om teveel strooilicht te voorkomen.



Figuur 3. Opstelling van jonge Botrytis cultures voor de UV-robot bij verschillende UV-doseringen.

Proefopzet

Bij de tweede praktijktest werd de UV-C robot in stilstand getest op het rijpad. De petrischalen met 2-dagen oude Botrytis cultures werden op een hardboard plaat bevestigd en gedurende een aantal seconden voor de lampen gehouden op een afstand van 36 cm. Voorafgaand aan iedere meting werden de lampen eerste 40 seconden opgewarmd tot een gemiddelde dosering van $3,5 \text{ mJ/cm}^2$.

Behandelingen:

- UV-C doseringen van: 0, 7, 14, 28 en 56 mJ/cm^2 overeenkomend met 0, 2, 4, 8 en 16 seconden.
- Voedingsbodems met Botrytis cultures werden geplaatst op verschillende hoogtes (20-45 cm) voor de lampen en op verschillende hoogtes (20-45 cm) voor de lamellen die tussen de lampen hangen (Figuur 3).

Resultaten

Een éénmalige maximale dosering variërend van 7 tot 56 mJ/cm² lijkt te laag om de schimmeldraden van *Botrytis* in de groei te remmen of vertraging in de productie van sporen te geven op de hoogte van de stengels. Er zijn geen duidelijke verschillen gevonden tussen de schimmelkolonies die op de hoogte van de lamellen waren geplaatst of recht voor de UV-C lampen. Naar aanleiding van deze resultaten is besloten om verder te gaan met laboratoriumproeven in Bleiswijk om specifiek te onderzoeken in hoeverre een frequente belichting belangrijk is bij het remmen van myceliumgroei en of de toegepaste maximale dosering van de UV-robot voldoende is of dat hogere doseringen effectiever zijn.

2.2 Effecten van UV-C belichting op *Botrytis* cultures *in vitro*

In twee testen onder geconditioneerde omstandigheden is een dosis-respons relatie vastgesteld tussen UV-C belichting en de remmende werking op *Botrytis* schimmelgroei en sporulatie. Daarnaast werd ook de benodigde frequentie van de behandelingen onderzocht en of een eenmalige dosis even effectief als een twee keer zo kleine dosis. Hiervoor werd gebruik gemaakt van *Botrytis* kolonies die net als in de praktijkproeven eveneens waren aangeënt op een kunstmatige voedingsmedium (malt extract agar) en een vaste opstelling met een UV-C lamp (2 x 75 Watt) waarmee verschillende doseringen precies te doseren zijn met behulp van meetsensoren.

Vraagstellingen:

- Bij welke UV-dosis vindt maximale remming van de schimmelgroei plaats?
- Is een dosis die in twee keer wordt toegediend even effectief als een eenmalige dosering (2 x 10 mJ/cm² = 20 mJ/cm²)?
- Hoe frequent moeten meerdere doseringen elkaar opvolgen om een effect op groeiremming en sporulatie te hebben?

2.2.1 Proefopzet

In de eerste test is een dosis-respons relatie van *Botrytis* mycelium doding vastgesteld bij de volgende doseringen (mJ/cm²): 0 - 10 - 20 - 30 - 60 - 120 - 250 - 500 - 1000. Elke behandeling is uitgevoerd in vier herhalingen. Omdat de schimmeldraden van *Botrytis* het meest gevoelig zijn vlak na kieming uit een spore werden de platen bij deze proef slechts 24 uur voor de eerste behandeling aangeënt met *Botrytis* sporen. Van de behandelingen 10, 30 en 60 mJ/cm² werden elk vier extra platen ingezet die nog een tweede keer met dezelfde dosering werden behandeld met een tussentijd van een 15 minuten. De groeisnelheid van het mycelium werd vastgesteld na 24u, 48u, 4 en 6 dagen. Tevens werd de vorming van sporen op het mycelium onderzocht.

In de tweede test ligt de nadruk op de frequentie van de behandelingen. Gedurende één week zijn de volgende behandelingen uitgevoerd:

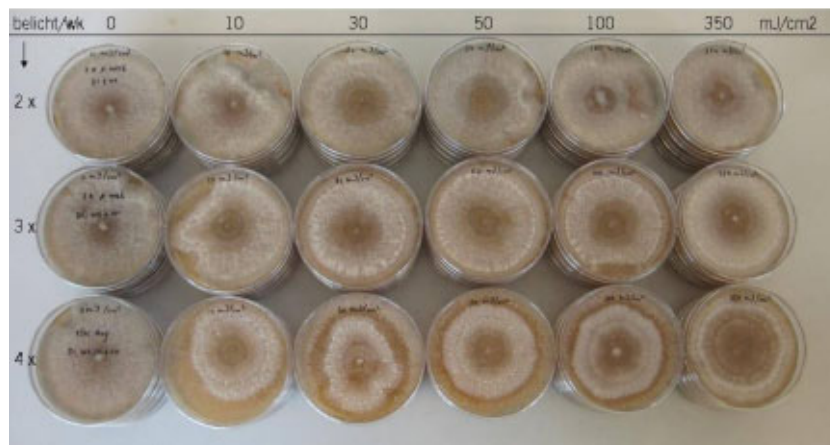
- UV-C doseringen (mJ/cm²): 0 - 10 - 30 - 50 - 100 - 350
- 2, 3 en 4 keer per week
 - twee keer per week: behandeling op dinsdag en woensdag
 - drie keer per week: behandeling op dinsdag, woensdag en vrijdag
 - vier keer per week: behandeling op dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag

Elke behandeling is uitgevoerd in vier herhalingen. De groeisnelheid van het mycelium werd vastgesteld na 24u, 48u, 4 en 6 dagen. Tevens werd de vorming van sporen op het mycelium onderzocht.

2.2.2 Resultaten

De resultaten van de eerste test waarbij slechts eenmaal een UV-C dosering werd toegediend was niet positief. Er waren geen zichtbare verschillen tussen de behandelingen aanwezig in vergelijking met de onbehandelde controle. In de tweede test was het herhaaldelijk blootstellen van een *Botrytis* kolonie aan UV-C belichting duidelijk effectiever dan een eenmalige dosering. Bij het belichten van een *Botrytis* kolonie met UV-C licht zijn er duidelijke significante effecten ($P < 0.001$) te zien van UV-C behandeling en frequentie op de radiale schimmelgroei (Figuur 4 en 6). In deze proef gaf het 4 dagen achterelkaar belichten een sterkere reductie op de schimmelgroei dan 2x en 3x belichten (Figuur 7). De hoogte van de dosering lijkt in deze proef minder van belang te zijn (Figuur 8). De concentrische groei van de schimmel over de agarplaat werd in deze proef met maximaal 8-13% geremd. Daarnaast was goed te zien dat de schimmelgroei afgeplat werd door UV-C behandeling en nagenoeg niet omhoog groeide. Dit is lastig in cijfers uit te drukken, maar de foto's bij Figuur 5 brengen dat beter in beeld.

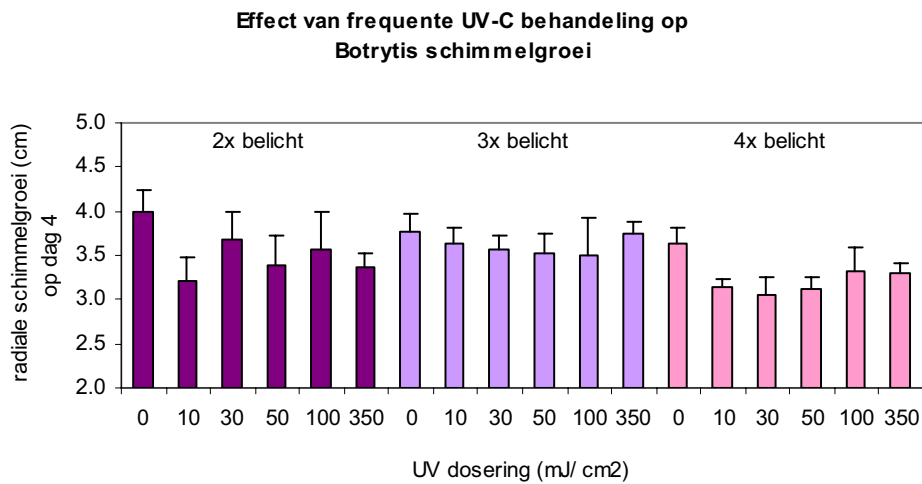
UV-C belichting heeft ook een remmend effect op de vorming van sporen uit de schimmeldraden. Statistische analyse (MANOVA) laat duidelijke significante effecten zien ($P < 0.001$) van UV-C behandeling en frequentie op de sporenvorming (Figuur 4 en 9). Daarbij geeft een frequentie van drie tot vier keer een UV-behandeling meer reductie van sporen dan twee keer (Figuur 10). Een geringe dosering van 10 mJ/cm² geeft al verminderde sporenvorming, maar dit effect wordt sterker vanaf 30 mJ/cm² (Figuur 11).



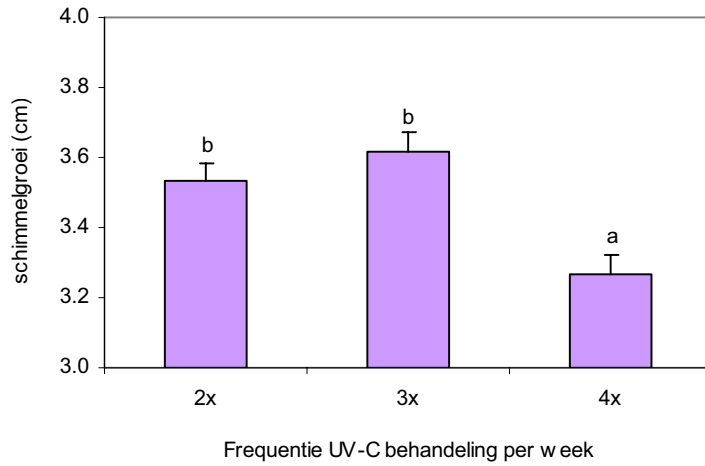
Figuur 4. Foto van de Botrytis cultures 6 dagen na de eerste UV-C behandeling. De verschillende frequenties per week staan links vermeld en de verschillende (mJ/cm²) doseringen bovenin.



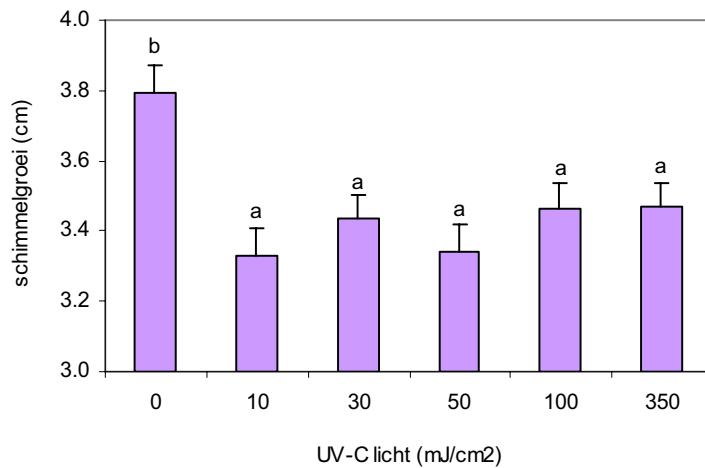
Figuur 5. Foto rechts - Botrytis kolonie is niet met UV-C belicht. Pluizige myceliumgroei met hoge sporenproductie. Foto links - 4 x belicht met UV-C (50 mJ/cm²): op dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. Myceliumgroei heeft de rand van schaal nog niet bereikt, is afgeplat en de sporenproductie na 6 dagen is sterk geremd ten opzichte van de onbehandelde kolonie.



Figuur 6. Effect van UV-C belichting op de schimmelgroei van Botrytis op kunstmatig voedingsmedium. Dit is gemeten op de vierde dag na de eerste UV-behandeling.

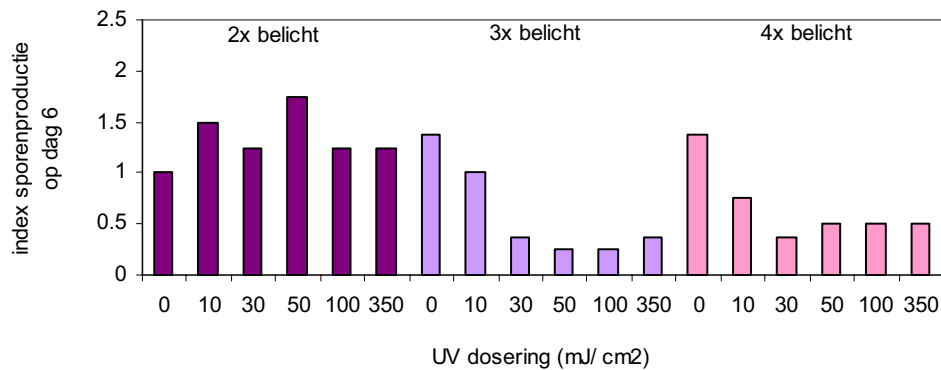


Figuur 7. Gemiddelde schimmelgroei van alle UV-doseringen per frequentie. Vier keer achterelkaar een schimmelplaat met UV-C behandelen geeft meer remming van de schimmelgroei dan 2-3 keer opeenvolgend. De verschillende letters boven de balken geven betrouwbare verschillen aan.

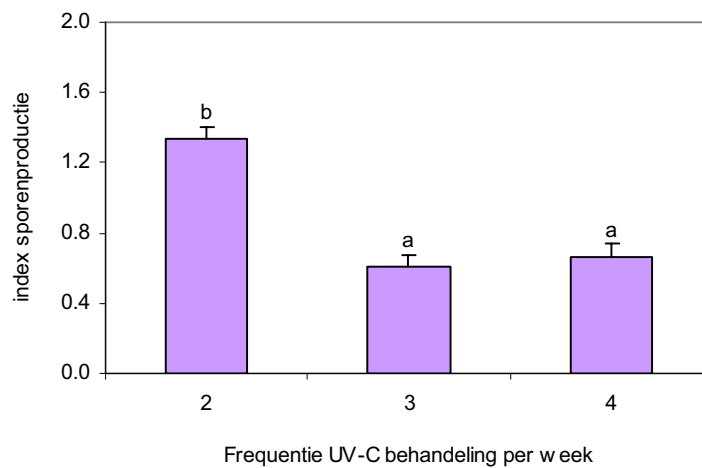


Figuur 8. Gemiddelde schimmelgroei van alle frequenties per UV-dosering. Een geringe dosering van 10 mJ/cm² geeft al verminderde schimmelgroei. De verschillende letters boven de balken geven betrouwbare verschillen aan.

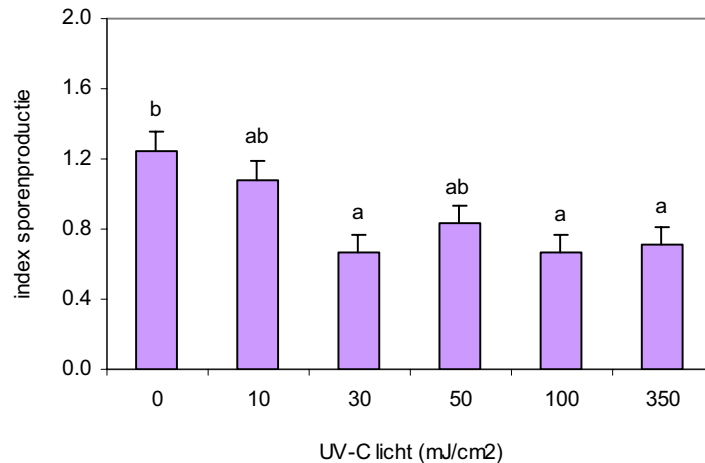
Effect van frequente UV-C behandeling op ontwikkeling van Botrytis sporen



Figuur 9. Effect van UV-C belichting op de sporenvorming van Botrytis op kunstmatig voedingsmedium. Dit is gemeten op de vierde dag na de eerste UV-behandeling. Statistische analyse laat duidelijke significante effecten zien ($P < 0.001$) van UV-C behandeling en frequentie op de sporenvorming.



Figuur 10. Gemiddelde sporenvorming van alle UV-doseringen per frequentie. Drie en vier keer achter elkaar een schimmelplaat met UV-C behandelen geeft meer remming van de schimmelgroei dan 2 keer opeenvolgend. De verschillende letters boven de balken geven betrouwbare verschillen aan.



Figuur 11. Gemiddelde sporenvorming van alle frequenties per UV-dosering. Een geringe dosering van 10 mJ/cm² geeft al verminderde sporenvorming, maar dit effect wordt sterker vanaf 30 mJ/cm². De verschillende letters boven de balken geven betrouwbare verschillen aan.

2.3 Effecten van UV-C belichting op een met Botrytis besmet wondvlak in tomaat

Uit de proeven met regelmatige belichting van Botrytis schimmeldraden met UV-C komt duidelijk naar voren dat hoe frequenter de belichting plaatsvindt, hoe effectiever de groeiremming is. De vraag is in hoeverre de proeven gedaan met kunstmatige voedingsbodems ook echt representatief zijn voor een kassituatie met levende planten. Op een voedingsbodem kan de schimmel volop voedsel benutten en hierdoor kunnen de behandelingseffecten positiever uitpakken dan in een kas het geval zou kunnen zijn. Om dit te toetsen hebben we in een proefkas in Bleiswijk een proef uitgezet waarbij tomatenplanten kunstmatig werden besmet met Botrytissporen en deze na drie dagen incubatietijd gericht behandeld met een mobiele handheld UV-C lamp.

2.3.1 Proefopzet

Vanwege de huidige capaciteit van de UV-C robot hebben we een aantal lage doseringen (10, 30 en 50 mJ/cm²) getest en deze of dagelijks of om de dag toegediend gedurende één week (week 49). Tevens zijn een onbehandelde controle meegenomen en een chemische controle (imazalil). Alle behandelingen zijn in vijfvoud herhaald. Op vrijdag werden de bladstelen afgesneden. De ontstane wondvlakken zijn bespoten met een sporensuspensie van Botrytis. Vervolgens werden de wondvlakken afgedicht met plastic en een vochtig watje om de condities voor sporenkieming zo veel mogelijk te begunstigen. Na drie dagen werd het plastic verwijderd en werd gestart met de eerste behandeling. Aan het einde van week 49 zijn alle wondvlakken beoordeeld en dit gebeurde nogmaals in week 50 op maandag. Bij het waarnemen werd ook gelet op fytotoxische verschijnselen als reactie op de UV-C behandelingen.

Voor de beoordeling van betrouwbare verschillen tussen de behandelingen is gewerkt met de methode van variantieanalyse (ANOVA) in SPSS. Hiervoor zijn alle data eerst getoetst op een normale verdeling met behulp van de Kolmogorov-Smirnov test en indien nodig log-getransformeerd. Als de variatie tussen de behandelingen groter is dan de variatie binnen een behandeling dan is er sprake van een significant verschil tussen behandelingen. Dit werd geanalyseerd met een post-hoc test (Tukey, $P < 0.05$). In de grafieken van de resultaten zijn deze betrouwbare verschillen door verschillende letters boven de balken weergegeven.

2.3.2 Resultaten

In de periode dat de proef werd uitgevoerd was het tomatengewas al flink verzwakt. De wondvlakken van de controlebehandelingen waren op één uitzondering na niet besmet geraakt met *Botrytis*, waardoor het vergelijken van effecten met de UV-C behandelingen niet meer mogelijk was. Het is dan ook beter om deze proef te herhalen in een teeltperiode waarin de sporendruk met *Botrytis* hoog is en het gewas nog volop in productie. Bij het waarnemen van de plantreactie viel wel op dat de UV-C doseringen van 30 en 50 mJ/cm² een lichtbruine verkleuring gaven op het behandelde stengeloppervlak zowel bij dagelijkse dosering als bij om de dag gedoseerd. (Figuur 12).



Figuur 12. De UV-doseringen van 30 en 50 mJ/cm² geven een verbruining van de stengel (stengel links).

3 Studie naar de effecten van UV-C gewasbescherming op plagen en biologische bestrijders

3.1 Literatuurstudie naar de effecten van UV-C belichting op plagen en biologische bestrijders

Over de effecten van UV op planten is in de literatuur veel meer bekend dan over de effecten van UV op het gedrag van insecten. Daarbij ligt ook nog eens de nadruk op UV-A en UV-B, omdat deze vorm het meest van nature voorkomen en daarmee een grotere ecologische rol spelen. De hogere intensiteiten van UV-B licht zijn een gevolg van de steeds dunner wordende ozonlaag onder invloed van milieuvuiling. Dit heeft mede als gevolg dat minder van het natuurlijke UV-B licht wordt geabsorbeerd met grotere directe en indirecte gevolgen voor veel planten. Tevens spelen UV-A en UV-B een belangrijke rol bij de oriëntatie van insecten in hun omgeving. Met name UV-A is belangrijk voor voedsel- en partnerselectie en in vermindering van predatie door zowel gewervelde en ongewervelde dieren (Paul & Gwynn-Jones (2003)

Minder herbivorenvraat door UV-B belichting

Eén van de studies die gedaan is met UV-B behandeling op soja en het effect op trips (*Caliothrips phaseoli*) laat zien dat de vraat door deze herbivore sterk ingeperkt wordt bij hogere stralingsintensiteiten. Daarnaast geeft trips de voorkeur aan bladeren die niet waren blootgesteld aan UV-B belichting boven behandelde bladeren in zowel laboratoriumcondities als in veldexperimenten. Bovendien nemen ze UV-B licht snel waar en proberen blootstelling aan het licht te vermijden (Mazza et al., 1999).

Naast directe effecten op de insecten kunnen indirecte effecten van UV-B behandeling op planten zorgen voor verminderde herbivorenvraat. In een aanvullend experiment laten Mazza et al. (1999) bovendien zien dat sojabladeren die zelfs maar lichte vraatsporen vertoonden minder gegeten werden door vlinderlarven (*Anticarsia gemmatalis*) dan onbeschadigde bladeren, waarschijnlijk door veranderingen in de samenstelling van de waardplant geïnduceerd door het UV-B licht.

Verstoorde oriëntatie van insecten in UV-arme omgeving

In een UV-arme omgeving hebben insecten moeite met hun oriëntatie in de omgeving. Van hommels is bekend dat deze snel gedesoriëteerd kunnen raken bij lage UV-intensiteiten en daardoor minder effectief de bloemen bestuiven. Ze verlaten een kas met UV minder snel dan zonder UV-licht en ze zijn actiever in een kas met UV-licht in vergelijking tot een kas zonder UV. Aan de andere kant is er ook onderzoek dat laat zien dat hommels zich snel aan veranderde UV-hoeveelheden kunnen aanpassen.

In een bijna UV-arme omgeving wordt eveneens de verspreiding van sommige plagen geremd, zoals trips en witte vlieg. Dit komt ook naar voren uit het onderzoek van Wageningen UR naar energiebesparende kasdekmaterialen (Hemming et al., 2006) waarbij onder een PC-kasdek dat volledig UV-ondoorlatend is de hoeveelheid plaaginsecten op chrysant significant lager was dan onder de andere twee kasdekken die volledig UV-doorlatend waren of alleen voor UV-B. Nadeel van vermindering van de hoeveelheid UV kan echter wel zijn dat de gevoeligheid voor herbivorenvraat weer wordt bevorderd (Paul & Gwynn-Jones (2003)

Effecten van UV-C op plagen en plaagbestrijders

Hoewel er weinig onderzoek nog naar gedaan is, lijkt het aannemelijk dat de effecten van UV-C in het verlengde liggen van de kortgolvlige UV-B straling. Desoriëntatie van insecten lijkt een minder grote rol te spelen, omdat dit vooral door gebrek aan UV-A wordt veroorzaakt. Echter de directe en indirecte effecten van UV-C op insecten met weinig pigmentkleuring (bijv. trips en wittevlies) en de plant zullen naar verwachting wel degelijk invloed hebben op het gedrag van insecten in de kas. Hiervoor is meer praktijkonderzoek nodig.

3.2 Effecten van UV-C belichting op kaswittevlies en *Macrolophus* in vitro

Door met de UV-C robot regelmatig langs het tomatengewas te rijden, worden niet alleen sporen van Botrytis gedood maar zijn er mogelijk ook andere effecten op plagen en biologische bestrijders. In een klein experiment is onderzocht wat de effecten zijn van een aantal verschillende UV-C doseringen op een plaaginsect (kaswittevlies) en op één van de meest voorkomende biologische bestrijders in tomaat (*Macrolophus caliginosus*). Als proefopstelling is gebruik gemaakt van de UV-C opstelling zoals die bij de WUR Glastuinbouw aanwezig is.

3.2.1 Proefopzet

Experiment met *Macrolophus caliginosus*

De *Macrolophus* insecten waren afkomstig van Koppert. Deze werden behandeld met de UV-C doseringen: 0, 10, 30, 60 en 120 mJ/cm². Elke behandeling werd vijf keer herhaald en in elke petrischaal werden vijf insecten geplaatst. Elke petrischaal was afgedekt met gaas om te zorgen voor voldoende luchttoevoer. Daarnaast was er onder het gaas een ring geplaatst, zodat de insecten zich niet konden verstoppen onder de plastic rand van de petrischaal en zo zouden ontsnappen aan de UV-C belichting. Na behandeling werden de insecten voorzien van suikerwater en stuifmeel. Na vier dagen werd het aantal dode insecten gescoord.

Experiment met kaswittevlies

Poppen van kaswittevlies zijn verzameld van een eigen kweek op kerstster. Deze zijn vervolgens eenmalig behandeld met de UV-C doseringen: 0, 10, 30, 60 en 120 mJ/cm². Elke behandeling werd vijf keer herhaald en in elke petrischaal werden vijf poppen geplaatst. Elke petrischaal was afgedekt met gaas om te zorgen voor voldoende luchttoevoer.

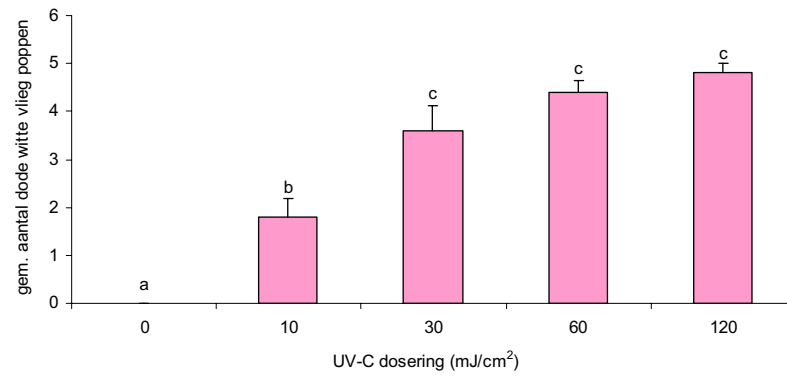
3.2.2 Resultaten

Experiment met *Macrolophus caliginosus*

Na vier dagen hadden geen van de insecten het overleefd, ook niet in de controlebehandelingen. Dit experiment is tweemaal herhaald, maar zonder succes. Er is meer ervaring nodig voor de optimalisatie van de geschikte proefomstandigheden voor *Macrolophus*.

Experiment met poppen van kaswittevlieg

In de proef met poppen van kaswittevlieg is er een duidelijke dosis-respons relatie tussen de hoogte van UV-C dosering en het aantal dode poppen (Figuur 13). Bij een lage dosering vanaf 10 mJ/cm² is er al een negatief effect op de overleving van de poppen ten opzichte van de onbehandelde controles waarin alle poppen bleven overleven. Bij een dosis van 120 mJ/cm² is de overleving minder dan 10%.



Figuur 13. Effect van UV-C behandeling op de overleving van poppen van kaswittevlieg. De verschillende letters boven de balken geven betrouwbare verschillen aan.

4 Betekenis van UV-gewasbescherming voor de inzet van arbeid en veiligheidsaspecten rondom toepassing

4.1 Betekenis van UV-gewasbescherming voor arbeid

Het huidige apparaat van de UV-C robot die nu bij de gebroeders Duijvestein rondreed, was - in tegenstelling tot UV-apparaten die al rondrijden bij andere glasgroentebedrijven sinds 2006 - nog niet voorzien van een transportmogelijkheid. Zodoende werd deze nu nog handmatig van pad naar pad verschoven. Eind 2008 is de UV-C robot wel met deze mogelijkheid uitgebreid, zodat deze 's nachts kan worden ingezet en in principe geen extra arbeid hoeft te vergen. De ervaring is dat met dit apparaat 40-50 meter/ minuut (ca. 1,5 ha per dag) is te behandelen. De vraag is echter nog de storingsgevoeligheid van het nieuwe prototype, die mede het succes van automatisering zal bepalen.

4.2 Veiligheidsaspecten rondom UV-gewasbescherming

Directe blootstelling aan UV-C licht kan ernstige huidverbranding geven en zgn. lasogen. Daarom is het bij het gebruik van UV-C licht aan te raden om de huid van gezicht, benen en armen zoveel mogelijk te bedekken door het dragen van beschermende kleding (o.a. shirts met lange mouwen en handschoenen). Door het dragen van een plastic bril die de ogen rondom (dus ook aan de zijkanten) goed afdekt is het risico van lasogen goed te voorkomen. Deze wordt dan ook standaard bij de apparatuur van Clean Light aangeleverd. Bij toepassingen van UV-C in bijvoorbeeld slachterijen en voedselverwerkende industrie, waar personeel 8 uur per dag onder dit soort verlichting werkt, vereist de Nederlandse ARBO wetgeving soortgelijke maatregelen.

Door de UV-C robot op uren in te zetten dat er geen medewerkers in de kas aanwezig zijn, lopen deze zo min mogelijk kans om te dicht bij de UV-robot te komen. Daarnaast verstoort de UV-behandeling dan minder de noodzakelijke oogst- en gewaswerkzaamheden. Tevens zijn een aantal veiligheidsmaatregelen op de UV-robot ingebouwd, zoals het automatische uitschakelen van de lampen bij het optreden van een storing en de aanwezigheid van lamellen die de effecten van strooilicht zoveel mogelijk beperken.

5 Discussie en conclusie

5.1 Effect van UV-gewasbescherming op het voorkomen van Botrytis stengelaantasting

Bij de eerste testen in de praktijk van dit project in 2008 was het lastig om het positieve effect van UV-C op de remming van Botrytis kolonies aan te tonen. Gevoed door positieve ervaringen uit de praktijk in 2006 en 2007 werd er vervolgens onderzoek verricht onder laboratoriumcondities om meer zicht te krijgen op de mogelijkheden en beperkingen van deze techniek. Binnen het experiment was het mogelijk om zowel de frequenties als de doseringen van de UV-C behandelingen uit te testen. De resultaten tonen duidelijk aan dat de regelmatigheid van UV-C behandeling een sterkere invloed heeft op reductie van de schimmelgroei dan de hoogte van de dosering. Een frequente belichting (2-4x per week) remt de groei van de Botrytis schimmelkolonie met 8-13%, waarbij de dagelijkse dosering van 4x per week het meest effectief was. Een geringe dosis UV (vanaf 10 mJ/cm²) geeft al remming op de myceliumgroei en sporenproductie. Vanaf 30 mJ/cm² wordt de sporenproductie met meer dan 50% geremd ten opzichte van een onbehandelde controle. Myceliumdoding is dus alleen effectief bij frequente toepassing UV (lieft dagelijks of om de dag), omdat er elke dag weer nieuwe sporen ontstaan die weer opnieuw kunnen gaan kiemen. Het effect van frequente behandeling op reductie van de kiemkracht van sporen is nog niet bekend. Het is goed mogelijk de sporendruk te verlagen wanneer er frequenter wordt gedoseerd in plaats van met een éénmalige hoge dosering te werken.

In dit onderzoek was het tevens de bedoeling om te kijken naar de neveneffecten van UV-gewasbescherming op het gewas en de vruchten. Dit is door het voortijdig beëindigen van de praktijktesten niet meer aan bod gekomen. Vervolgonderzoek in de praktijk zal hier meer zicht op moeten geven.

De inzet van UV-gewasbescherming zal vooral ingepast moeten worden in het pakket van preventieve gewasbeschermingsmaatregelen ter voorkoming van stengelbotrytis. Bij beheersing van Botrytis stengelaantasting is het namelijk van primair belang om te voorkomen dat de schimmel via beschadigd wondweefsel de plant kan binnendringen en de sporendruk zo laag mogelijk te houden. Als een spore al een kans heeft gekregen om te gaan kiemen onder gunstige klimaatcondities, en binnengedrongen is in de stengel, is het erg lastig om dan nog tijdig de schimmel-draad te raken en te voorkomen dat deze in het wondweefsel groeit. Het is dus belangrijk om de spore en kiembuis te raken voordat deze het plantenweefsel kan binnendringen. Bij het inzetten van UV-gewasbescherming in de beheersing van stengelaantasting door Botrytis zal de nadruk moeten liggen op het voorkomen van sporenkieming, voorkomen van weefselpenetratie door schimmeldraden via beschadigde wondvlakken en verhogen van de interne weerstand van de plant.

5.2 Effecten UV-gewasbescherming op bestrijding van plagen en risico's voor biologische bestrijders

Vanuit de literatuur is nog weinig bekend over de effecten van UV-C op plagen en biologische bestrijders. Aan de andere kant lijkt het aannemelijk dat de effecten van UV-C in het verlengde liggen van de kortgolvlige UV-B straling. Ook in onze proeven kwam naar voren dat sommige insecten (Macrolophus) snel de UV-C straling waarnemen en deze het liefst willen vermijden als ze de kans hiervoor krijgen. Nadelige effecten op biologische bestrijders in tomaat zijn echter gering te achten. Macrolophus heeft de eigenschap zich vooral bovenin het gewas te bevinden, daar waar zich ook zijn prooi voedsel bevindt. Dit bevindt zich doorgaans buiten het bereik van de UV-C robot en de kans dat de biologische bestrijding hierdoor gereduceerd is dus niet te verwachten. Meer ervaring vanuit de praktijk en gericht praktijkonderzoek zal hier echter meer inzicht in moeten geven.

Behandeling van UV-C kan leiden tot positieve neveneffecten op de beheersing van plagen, zoals de kaswittevlieg. De proef met poppen van de kaswittevlieg laat zien dat lage doseringen met UV-C belichting een sterk negatief effect hebben op de overleving van poppen van de kaswittevlieg. In hoeverre dit ook in de kas reductie van het aantal plaaginsecten teweeg brengt is nog maar de vraag. De meeste poppen bevinden zich vooral onderin het gewas en worden op de onderkant van de bladeren afgezet. Hierdoor is de trefkans met UV-C belichting gering.

Desoriëntatie van insecten, zoals hommels lijkt in de kas een minder grote rol te spelen, omdat dit vooral door gebrek aan UV-A wordt veroorzaakt. Echter de directe en indirecte effecten van UV-C op insecten met weinig pigmentkleuring (bijv. trips en wittevlieg) en de plant zullen naar verwachting wel degelijk invloed hebben op het gedrag van insecten in de kas als deze geraakt worden in het behandelde gewas.

5.3 Betekenis van UV-gewasbescherming voor inzet van arbeid en veiligheidsaspecten

Het huidige apparaat van de UV-C robot die gedurende de proeven bij de gebroeders Duijvestein rondreed, was nog niet voorzien van een transportmogelijkheid. Hierdoor kostte het verschuiven van pad naar pad op dit bedrijf relatief veel tijd. Op een aantal andere glasgroentebedrijven is deze mogelijkheid al wel toegepast waardoor het UV-belichten kortere tijd in beslag neemt. Eind 2008 is de UV-C robot wel met deze mogelijkheid uitgebreid, zodat deze 's nachts kan worden ingezet en geen extra arbeid hoeft te vergen. Dit is tevens beter voor de medewerkers die hierdoor minder kans lopen om met UV-C licht in aanraking te komen. Extra bescherming in de vorm van brillen en beschermende kleding blijft echter noodzaak. In het komende groeiseizoen zal duidelijk moeten worden of de verhoogde rijsnelheid van 40-50 m/min. voldoende gewasoppervlak per nacht kan behandelen om het optreden van stengelbotrytis mede te beheersen.

5.4 Conclusies

De inzet van UV-gewasbescherming kan een goede aanvulling zijn op andere gewasbeschermingsmaatregelen om Botrytis stengelaantasting te voorkomen. Het zal echter niet als enige maatregel kunnen volstaan om Botrytis stengelaantasting volledig te voorkomen, omdat de infectie door Botrytis van meer factoren afhangt dan alleen de sporendruk. Het is echter bij regelmatige toepassing (dagelijks of om de dag) wel een goede aanvulling op andere teelt-, klimaat-, en bestrijdingsmaatregelen waarmee de sporendruk zo laag mogelijk gehouden wordt en de weerstand van het gewas geoptimaliseerd. Vervolgonderzoek in de praktijk zal meer zicht moeten geven op de neveneffecten van UV-gewasbescherming op de gewasgezondheid, vruchtkwaliteit en de gevolgen voor plagen en natuurlijke vijanden.

6 Aanbevelingen

6.1 Aanbevelingen voor de praktijk

- De inzet van UV-gewasbescherming kan een goede aanvulling zijn op andere gewasbeschermingsmaatregelen om Botrytis stengelaantasting te voorkomen.
- UV-gewasbescherming is met name effectief bij regelmatige toepassing van minimaal drie keer per week.
- Controleer dat de effectieve doseringen die de schimmelgroei remmen en tussen de 10-30 mJ/cm² liggen, worden toegepast bij de gehanteerde snelheid van de UV-robot.
- Elk gewas kan anders op UV-C licht reageren, probeer daarom eerst een paar paden uit alvorens de hele kas te behandelen. Meet daarbij het niveau van de UV-C dosering, zodat duidelijk is bij welk niveau eventuele vrucht- of gewasschade optreedt.
- Door het gebruik van de UV-robot vooral 's nachts in te zetten treedt de minste verstoring met oogst- en gewaswerkzaamheden op.
- Uit oogpunt van veiligheid voor medewerkers is het ook aan te raden om met name 's nachts de UV-robot in te zetten.
- Personeel werkzaam in de buurt van de UV-robot moet zich beschermen door bedekkende kleding te dragen en een veiligheidsbril op te zetten.
- Bij stengelaantasting door Botrytis blijft voorkomen nog steeds beter dan genezen. Zorg daarom altijd voor een strikte bedrijfshygiëne en zorgvuldige gewasverzorging. Verwijder aangetast blad- en stengelmateriaal zo goed mogelijk en zorg voor glad afgesneden wondvlakken.

6.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

- Vervolgonderzoek in de praktijk zal meer zicht moeten geven op de neveneffecten van UV-gewasbescherming op de gewasgezondheid, vruchtkwaliteit en de gevolgen voor plagen en natuurlijke vijanden.

7 Literatuur

- Aerts, R., K. Heyens, B. Seels, L. Vogels, K. Goen & L. Wittemans, 2008.
Beheersing van *Botrytis* in tomaat., gewijzigd basisadvies. Proeftuinnieuws 4: 10-11.
- Charles, M.-T., J. Makhlouf & J. Arul, 2007.
Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit, II. Modification of fruit surface and changes in fungal colonization. *Postharvest Biology and Technology* 47: 21-26.
- Dik, A.J. & Y. Elad, 1999.
Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. *European Journal of Plant Pathology* 105: 123-137.
- Dik, A.J., G. Koning & J. Köhl, 1999.
Evaluation of microbial antagonists for biological control of *Botrytis cinerea* stem infection in cucumber and tomato. *European Journal of Plant Pathology* 105: 115-122.
- Elad, Y., M.L. Gullino, D. Shtienberg & C. Aloï (1994)
Managing *Botrytis cinerea* on tomatoes in greenhouses in the Mediterranean. *Crop Protection* 14: 105-109.
- Hemming, S., E. van Os, W.-J. de Kogel, P. van Deventer, G. Wieggers, E. den Belder, J. Elderson, K. Booij & W. van den Brink, 2006.
De invloed van UV-doorlatendheid van het kasdek materiaal op plaaginsecten en gewas; additionele voordelen van energiebesparende kasdekmaterialen. Wageningen UR. Productschap Tuinbouw rapport 120.
- Heuvelink, E., 2006.
Reducing *Botrytis* in greenhouse crops: periodic UV-light treatment in tomato plants. Report Wageningen University, Horticultural Production Chains.
- Hollosy, F., 2002.
Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron* 33: 179-197.
- Köhl, J., P.H.B. de Visser & J. Wubben, 2006.
Optreden van *Botrytis* bij gerbera: inventarisatie van de huidige kennis. Rapport PRI en Wageningen UR Glastuinbouw. Nota 430.
- Kovacs, E. & A. Keresztes, 2002.
Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. *Micron* 33: 199-210.
- Mazza, C.A., J. Zavala, A.L. Scopel & C.L. Ballare, 1999.
Perception of solar UVB radiation by phytophagous insects: Behavioural responses and ecosystem implications. *Proceedings of National Academic Science USA* 96: 980-985.
- Paul, N.D. & D. Gwynn-Jones, 2003.
Ecological roles of solar UV radiation: towards an integrated approach. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 48-55.
- Salinas, J. & K. Verhoeff, 1995.
Microscopical studies of the infection of gerbera flowers by *Botrytis cinerea*. *European Journal of Plant Pathology* 101: 377-386.
- Seels, B., R. Aerts, L. Beirinckx & I. Spruyt, 2007.
Invloed ventilatoren op *Botrytis* infecties in tomaat. Proeftuinnieuws 14-15, p. 25.
- Sinha, R.P. & D-P Häder, 2002.
UV-induced DNA damage and repair: a review. *Photochemistry and Photobiology Science* 1: 225-236.

