

De mogelijkheden van UV-C straling voor de bestrijding van ziekten en plagen in de akkerbouw.

Een literatuurstudie.

Jan Lamers en Klaas van Rozen

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
AGV
februari 2009

PPO nr. 3250096400-1

© 2009 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Het onderzoek is gefinancierd door het PA

Projectnummer: 3250096400

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING	5
2 UV-C STRALING	6
2.1 Dosering en eenheden	6
2.2 Effecten op de huid.....	6
3 WAT ZIJN EFFECTEN OP BACTERIËN EN SCHIMMELS.....	7
3.1 Bacteriën	7
3.2 Schimmels	7
3.2.1 Pigmenten.....	8
4 WAT ZIJN EFFECTEN VAN UV-C OP PLANTEN OF OOGSTPRODUCTEN.	10
4.1 Plantenbladeren.....	10
4.1.1 Sla.....	10
4.2 Broccoli	11
4.3 Na-oogst behandelingen	11
4.3.1 Aardbei	11
4.3.2 Appels	11
4.3.3 Citrus.....	11
4.3.4 Druiven	12
4.3.5 Tomaten	12
4.3.6 Zoete aardappel	12
4.4 Versterking UV-C werking door combinatie met andere technieken of middelen.....	13
5 TOEPASSINGEN VAN UV-C BUITEN AKKERBOUW.....	14
5.1 Ontsmetten van verpakkingsmaterialen.....	14
5.2 Ontsmetten van ruimten of stallen	14
5.3 Ontsmetten van (drain)water	14
6 TOEPASSINGEN VAN UV-C LICHT IN DE AKKERBOUW.....	15
6.1 Toepassingen en perspectieven van de beheersing van ziekten	15
6.2 Beheersing van insecten.....	16
6.2.1 Perspectieven voor plaagbestrijding	16
7 CONCLUSIES EN DISCUSSIE	20
8 LITERATUUR.....	22
BIJLAGE 1.PERSPECTIEFSCORES TOELICHTING (ANONYMOUS, 2008).....	25
BIJLAGE 2. PERSPECTIEFSCORES SECTOR AKKERBOUW (ANONYMOUS, 2008).....	26

Samenvatting

In deze studie is op een rij gezet wat er voor de akkerbouw in de literatuur bekend is over de mogelijkheden van UV-C licht voor de bestrijding van ziekten en plagen. Het bleek dat er over de toepassing in de akkerbouw met lage doseringen UV-C licht en met korte blootstellingstijden, weinig relevante literatuur beschikbaar is. Daarom is ook naar andere literatuur gezocht om eventuele perspectieven voor de akkerbouw op te kunnen sporen.

Het blijkt dat bacteriën relatief makkelijk gedood worden door UV-C straling. Het DNA van deze micro-organismen wordt snel beschadigd met minder reproductie of afsterving tot gevolg.

Wanneer geogste slabladeren worden belicht met hogere doseringen UV-C licht dan blijven de bladeren meer glimmen en verbruinen minder snel als gevolg van de doding van de bacteriën.

De schimmels blijken sterk te verschillen in gevoeligheid voor UV-C. Wanneer er pigmenten in de sporen aanwezig zijn, zoals bij *Penicillium*, dan zijn hogere doseringen nodig. Transparante sporen daarentegen van bijvoorbeeld *Phytophthora infestans* gaan bij lage doseringen van 10 mJ.cm⁻² al dood. Verder kunnen diverse delen van de schimmel een verschillende gevoeligheid hebben. De sporekieming van *Colletotrichum gloeosporioides* was zelfs gevoelig voor lage doseringen UV-C licht. Om de sporevorming te remmen waren 6* hogere doseringen nodig. Maar bij nog hogere doseringen kon de sporulatie weer toenemen. De hyfen van vele schimmels waren ongevoelig voor UV-C licht. Het herhaald toepassen van UV-C behandelingen kan het effect versterken. Continue blootstelling aan UV-C licht van bladeren van maïs, suikerbiet, tarwe en zoete aardappel leidt tot een remming van het fotosynthese pad II, waardoor er minder chlorofyl en chloroplasten overblijven.

Door UV-C belichting van geogste producten kunnen aanwezige pathogenen op de producten worden gedood (direct effect) of het product kan fysiologisch veranderen waardoor de pathogenen minder kans maken (geïnduceerde resistentie). Het product kan veranderen door uitstel van de afrijping zoals bij tomaat en broccoli, of door het aanmaken van stofjes zoals fyto-alexinen bij druif, aardbei, zoete aardappel, limoen en tomaat. De werking van UV-C kan versterkt worden door combinatie met andere technieken zoals met antagonisten (gist op sinaasappel), spuitmiddelen van natuurlijke oorsprong (chitosan op druif), hete lucht of warm water op aardbei en pulseren met wit licht eveneens op aardbei.

De perspectieven voor de akkerbouw zijn beperkt. Voor wat de schimmels betreft is er veel perspectief om echte meeldauw te bestrijden in tarwe, gerst, witlof en vlas. Ook de sporen van valse meeldauw in ui en *Phytophthora* in aardappel zijn gevoelig voor UV-C straling. Uit proeven in het veld moet blijken wat de waarde is van het wegvangen van (een deel van) de sporen op het langer groen houden van het gewas. Uit laboratoriumexperimenten op het PPO kwam naar voren dat luizen en slakken gevoelig zijn voor UV-C stralen. Andere insecten die op grond van de bereikbaarheid en de schade die ze geven, in aanmerking komen om onderzocht te worden zijn: in aardappelen de coloradokever en luizen, in suikerbieten aardvlooien en de gamma uilen en in uien de preimot en de uieboorsnuitkever.

1 Inleiding

In 2008 heeft het PA een project aan PPO toegekend om de perspectieven van UV-C voor de akkerbouw te onderzoeken. Eerst wordt er een literatuurstudie uitgevoerd. Daarvan is dit rapport een reflectie van de mogelijkheden zowel voor bestrijding van ziekten als plagen.

Daarna wordt er onderzoek op het laboratorium uitgevoerd. Op basis hiervan wordt besloten welk onderzoek in 2009 in het veld gaat plaats vinden. Perspectievolle toepassingen worden vervolgens in 2010 verder onderzocht en gereed maakt voor introductie in de praktijk.

Bij bestudering van de literatuur valt op dat er veel gepubliceerd is, maar nog niet veel over toepassingen in de akkerbouw. Bovendien is er een veelheid aan toepassingsvormen zoals lage doseringen in relatief korte blootstellingstijden, waar Clean Light zich op richt, tot hoge doseringen bij lange blootstellingstijden zoals die gebruikt worden voor het ontsmetten van oppervlakten of ruimten. Deze studie gaat over de lage doseringen bij korte blootstellingstijden. Er is ook gekeken naar hogere doseringen bij korte blootstellingstijden, zoals die wel gebruikt worden voor het ontsmetten van oogstproducten of nog beter voor het resistenter maken van de oogstproducten voor schimmels die tot aantasting leiden. Deze informatie kan interessant zijn, omdat een herhaald toepassen van lage doseringen ook tot resistentie van het gewas of oogstproduct zou kunnen leiden.

Sporadisch is literatuur meegenomen waarin over een langere aaneengesloten periode lage doseringen UV-C licht wordt toegepast.

Uiteindelijk worden de perspectieven van toepassing besproken. Deze hebben niet alleen betrekking op de ziekten in de akkerbouw, maar ook op de (bovengrondse) plagen. Uit de laboratoriumproeven zijn een aantal interessante toepassingen naar voren gekomen.

2 UV-C straling

Ultraviolet licht (ook wel ultraviolette straling, black light of UV-licht genoemd) is elektromagnetische straling net buiten het deel van het spectrum dat met het menselijk oog waarneembaar is. De golflengte van UV-licht is 100 tot 400 nanometer. In verband met de effecten van UV-licht op mens en milieu wordt onderscheid gemaakt tussen UV-A, UV-B en UV-C. UV-A is ultraviolet licht met een golflengte tussen ca. 315 en 400 nm ("lange golven"). UV-B licht heeft een golflengte tussen ca. 280 en 315 nm; en UV-C licht heeft een golflengte van minder dan 280 nm en meer dan 100 nm (Wikipedia). Het grootste effect heeft de golflengte bij 254 nm. Beneden 240 nm wordt onder invloed van UV-C ozon in de lucht opgewekt. Ozon is toxisch en zeer reactief. De maximaal toegelaten dosering van UV-C voor mensen ligt in het bereik van 200-300 nm erg laag. Bij 340 nm is dit een factor 100 hoger (Anonymous, 2006).

Tussen 250 en 275 nm is het relatieve effect op de kiemdodend (aseptisch effect) groter dan 80 %. De lage druk kwik lamp zet 35 % van de energie om in UV-C licht van 254 nm. De lage druk kwik TUV lampen voorkomen dat er ook ozon gevormd wordt bij lagere lichtintensiteiten (Anonymous, 2006). In de lampen is een druppel kwik 'opgelost' in argon gas onder vacuüm omstandigheden.

De UV-C straling bij 260 nm wordt maximaal geabsorbeerd door het DNA van het micro-organisme. Er treden photochemische veranderingen op in het DNA dat ofwel direct tot de dood van de cel leidt of tot verlaging van de reproductiesnelheid. Ook treedt er een verbruining van de huid op en kunnen lasogen het gevolg zijn. Meestal wordt UV-C door de dode huidcellen geabsorbeerd, waardoor de verbruining beperkt is. Ook gaat de straling niet door de lens van het oog, maar lasogen kunnen desalniettemin optreden. UV-C wordt door de meeste materialen geabsorbeerd ook normaal plat glas. Uitzonderingen zijn kwarts en PTFE. Van UV-B licht is ook bekend dat het gunstig werkt tegen enkele huidziekten zoals psoriasis (Anonymous, 2006).

2.1 Dosering en eenheden

De toegepaste dosering UV-licht (D) wordt gedefinieerd als de stralingsintensiteit (I) vermenigvuldigd met de blootstellingstijd (t): $D = I \cdot t$ (Adrados, Garcia et al., 2005). Een hogere dosering straling kan bereikt worden met een hoger voltage lamp, meer lampen of met een langere blootstellingstijd.

Er worden in de literatuur diverse eenheden gebruikt om de hoeveelheid straling weer te geven (tabel 1). Bij $10 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$ worden al diverse transparante sporen gedood (Kessel and Förch, 2006). Bij $3.7 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ (hormiactic dose) wordt ook wel geïnduceerde resistentie in plantendelen vastgesteld.

Tabel 1. **Vergelijking van diverse eenheden straling.**

$1 \text{ mW} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$	$1 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$	$10 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$0.01 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
$10 \text{ mW} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$	$10 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$0.1 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
$370 \text{ mW} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$	$370 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$	$3700 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$3.7 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$

2.2 Effecten op de huid

Door veel UV kan de huid rood kleuren of verbranden, het kan zelfs huidkanker veroorzaken. UV-B licht is in dit verband het meest schadelijke. UV-A licht heeft dezelfde effecten als UV-B licht, maar in veel mindere mate. UV-C licht wordt door de atmosfeer gefilterd. Zonnebrandcrèmes of -lotions bevatten daarom chemische stoffen die bedoeld zijn om UV-B stralen te blokkeren; sommige bevatten ook stoffen die tegen UV-A licht beschermen. Vanuit medisch oogpunt is bestraling van de huid met ultraviolet licht een van de belangrijkste vermijdbare oorzaken van alle vormen huidkanker. Ook verouderd een veel aan UV blootgestelde huid veel sneller dan een niet blootgestelde, met dunner worden en rimpelvorming als gevolg. In de huid wekt UV echter wel de fabricage van vitamine D_3 op, een onmisbaar vitamine.

3 Wat zijn effecten op bacteriën en schimmels

3.1 Bacteriën

Micro-organismen zijn gevoelig voor UV-C en UV-B licht doordat nucleïne zuren van het DNA worden beschadigd.

Ook landbouwkundig belangrijke bacteriën zijn onderzocht. Zo bleek *Xanthomonas fragariae* in vitro zeer gevoelig voor UV-C. De ED50 waarbij de helft van de bacteriën zijn afgestorven lag bij een dosering van 0.64-0.84 mJ.cm⁻² (Kessel and Schilder, 2008).

In een studie naar de overleving van bacteriën op minimaal bereide sla bleek dat de meeste bacteriën in vitro gevoelig waren voor lage doseringen UV-C (Adrados, Garcia et al., 2005). Alleen bacteriesoorten als *Erwinia carotovora*, *Leuconostoc carnosum*, *Salmonella typhimurium*, en *Yersinia aldovae* hadden een dosering van 85 J.m⁻² nodig voor het volledig stil leggen van de groei (Allende, McEvoy et al., 2006). De microbiële groei werd op slabladeren in bewaring geremd tot de zesde dag, behalve voor azijnzuurvormende bacteriën. Door de UV-C behandeling waren er veel minder bacteriën die bij lage temperaturen kunnen groeien (psychrotrophic), minder bacteriën die aanwezig zijn bij slechte hygiëne (coliforms) en minder gisten. Maar voor groeireductie van schimmels waren de hoogste UV-C doses nodig van 8.14 kJ.m⁻² (Allende, Padilla et al., 2003).

Om de groei van zwartnervigheid in kool (*Xanthomonas campestris pv. Campestris*) tegen te gaan was een dosering van 3.6 kJ.m⁻² effectief (Brown, Lu et al., 2001). Het kan wel uitmaken of de bacteriën hard aan het groeien zijn. *Salmonella typhimurium* was meer resistent tegen UV-C wanneer de bacterie in de stationaire groeifase was in tegenstelling tot de exponentiële groeifase (Child, Strike et al., 2002).

3.2 Schimmels

Ultraviolet en nabij ultraviolet licht van minder dan 340 nm worden in groeikasten gebruikt om de sporulatie te bevorderen. Het is bekend dat te hoge doseringen van deze stralingen juist weer remming geven. Doorgaans worden nabij ultraviolet lampen gebruikt met een maximum emissie bij 360 nm. Bovendien is bekend dat sommige schimmels een afwisseling van dag en nacht nodig hebben. Dit zijn onder andere *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Peronospora* en *Stemphylium*. Vandaar dat de NUV lamp wordt uitgerust met een tijd klok (Dhingra en Sinclair, 1995).

UV-A en UV-B straling van de zon dringt gemakkelijker door de atmosfeer dan UV-C straling. UV-C wordt door de ozonlaag geabsorbeerd. Bij de verspreiding van sporen door de atmosfeer kan al veel doding optreden vanwege de UVstraling. De kieming van conidia van *Cochliobolus sativus* (*Helminthosporium sativum* of *Bipolaris sorokiniana*; wortel, blad en aarziekte in kleine granen) werd in Syrië significant met 99% geremd door deze eerst 12 uur aan zonlicht (690–900 W.m⁻²) bloot te stellen en vervolgens aan een UV-C behandeling. Zonder zonlicht was de kieming na UV-C behandeling niet betrouwbaar afgenomen. In het lab was de remming 100% bij UV-C doses van 14.4 kJ.m⁻² en in het veld was de remming 100% bij hogere doses UV-B van 39.9 kJ.m⁻² (Arabi en Jawhar, 2003). Ook is een stimulering mogelijk van de kieming van sporangia van *C. sativus*. Na 40 uur 2.52*10⁻³ W.cm⁻² UV-C (363 W.s.cm⁻²=0.363 kJ.cm⁻²=3630 kJ.m⁻²) was de myceliumgroei en de sporulatie significant toegenomen. Na 60 uur (5440 kJ.m⁻²) was de toename nog groter. Bovendien waren er zo isolaten verkregen die zowel minder als meer virulent waren (Arabi en Jawhar, 2001).

3.2.1 Pigmenten

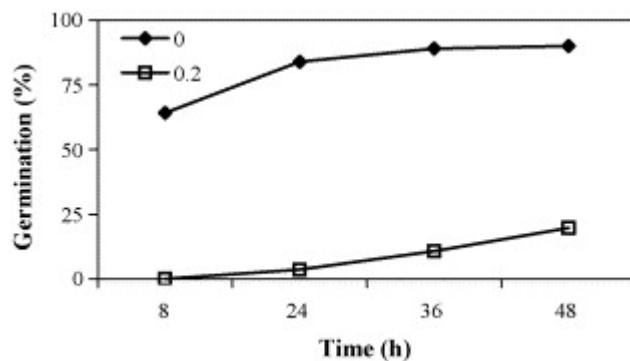
De citrus pathogenen *Fusarium* en *Penicillium* bleken weinig gevoelig voor UV-A en UV-B. UV-C gaf wel doding van conidia van *Fusarium*. Dit geeft aan dat de carotenoiden van *Fusarium* weinig bescherming bieden tegen UV-C. De blauw-groene pigmenten van *Penicillium italicum* bleken wel bescherming te bieden (Asthana en Tuveson, 1992).

Tegen *Monilinia fructicola* en *Rhizopus stolonifer* in perzik werd ook UV-C toegepast. In vitro, bleek *Monilinia* iets gevoeliger voor UV-C te zijn dan *Rhizopus*. Er was geen beschermende (infectie na UV-C) of curatieve (UV-C na infectie) werking op *Monilinia* en er werd alleen een curatieve werking van UV-C op *Rhizopus* gevonden (Bassetto, Amorim et al., 2007)

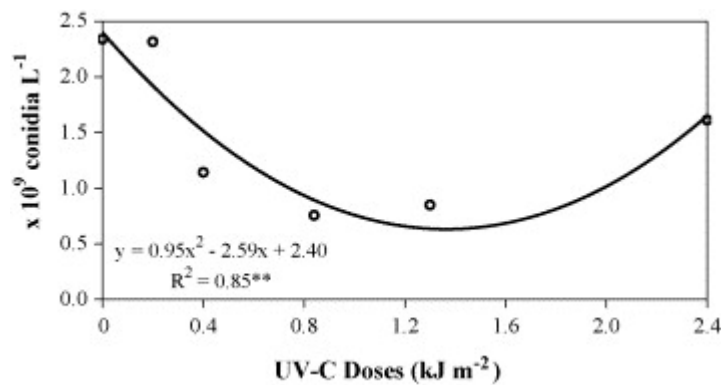
De invloed van UV-C kan zeer verschillend zijn op de diverse delen van de schimmel.

De macroconidiën van *Fusarium oxysporum* werden meer geremd in hun kieming dan de microconidiën van *Fusarium solani* (Wenneker en Joosten, 2008). Bij 25 mJ.cm⁻² was de kieming na 24 uur 0 % voor de macroconidiën en er was 200 mJ.cm⁻² nodig om de microconidiën te doden. De myceliumgroei van *F. oxysporum* kon op agarplaten niet afgeremd worden. Deze schimmel groeit sterk in de agarbodem. De myceliumgroei van *F. solani* kon wel enigszins geremd worden, omdat deze schimmel meer op de plaat groeit. Naast myceliumgroei op de plaat is ook gekeken naar de sporulatie op het mycelium. Bij een dosering van 10 mJ.cm⁻² werd al een sterke reductie van de sporulatie van microconidien van *F. oxysporum* verkregen.

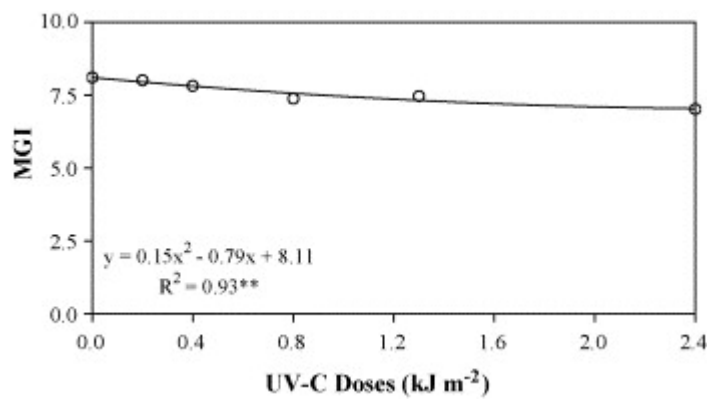
Het effect van UV-C op verschillende delen van de schimmel is ook bestudeerd bij *Colletotrichum*. De anthracnose (lesie) op een papayavruucht wordt veroorzaakt door de schimmel *Colletotrichum gloeosporioides*. De lesievorming werd afgeremd door gammastraling, maar niet door UV-C belichting (Cia, Pascholati et al., 2007). De schimmel groeide in de lesie door. In vitro studies wezen uit dat de kieming van conidia sterk werd geremd tot meer dan 48 uur na behandeling met 0.2 kJ.m⁻² UV-C (fig 1). De sporulatie op het weefsel werd na 9 dagen vastgesteld en deze bleek ook door de UV-C behandeling verlaagd te worden. Er was wel een maximale reductie van de sporulatie te zien bij 1.3 kJ.m⁻². Bij hogere doses ging de sporulatie weer omhoog (fig 2). Mogelijk dat onder stress omstandigheden van hoge UV-C-doses de schimmel weer meer gaat sporuleren. Het effect van UV-C op de myceliumgroei van agarplaten was zeer beperkt (fig 3).



Figuur 1. Kieming van conidia van *Colletotrichum gloeosporioides* op diverse tijdstippen na behandeling met 0.2 kJ.m⁻² UV-C.



Figuur 2. In vitro sporulatie van *C. gloeosporioides* 9 dagen na UV-C-behandeling op PDA schalen.



Figuur 3. Mycelium Groei Index van *C. gloeosporioides* na diverse UV-Cdoses.

De sporulatie van een aantal vruchtrotsschimmels bleek sterk geremd te worden door een herhaalde toepassing van vrij lage doses UV-C tot 400 mJ.cm^{-2} (Heijne et al., 2009).

4 Wat zijn effecten van UV-C op planten of oogstproducten.

Om effecten te vinden van UV-C licht op bladeren of oogstproducten dan moet vaak langer belicht worden. Dit kan zich over enkele weken of maanden uitstreken. Bij te hoge doseringen kan bladverbranding optreden. Dit is eerder het geval met gewassen die in de kas groeien, omdat deze gewassen zonder UV of met weinig UV opgroeien. Ze zijn dan gevoeliger.

4.1 Plantenbladeren

Wanneer maïsbladeren aan stress werden blootgesteld dan verouderden de bladeren versneld door de afbraak van protoplasten. Stress kan ontstaan door hoge temperatuur, instraling en UV-A instraling (Biswal, Joshi et al., 1997). UV-C geeft niet-specifieke schade aan de fotosynthese organen en remt de fotosynthese. UV-B inactieveert het fotosynthese pad II systeem en blokkeert de overgang van de elektronen van Photosynthese pad II naar Pad I (Biswal, Joshi et al., 1997).

UV-C straling benadeelt de bladeren van suikerbieten méér dan UV-B. De UV-C straling (1,5 uur met 1.5 W.m² gedurende 7 dagen) geeft meer schade aan de onderzijde (abaxiaal) dan aan de bovenzijde (adaxiaal) van het blad, er hoopt zich zetmeel op in de chloroplasten en kristallen aan membranen in het cytoplasma (Bornman, Evert et al., 1983).

Het nadelig effect van de UV-C straling op het fotosynthese systeem wordt beïnvloed door de absorberende stoffen in de epidermis (Bornman, 1986).

Na UV-C belichting vertoonden in licht en in donker gecultiveerde protoplasten meer breuken op enkelvoudige DNA-strengen dan op dubbele DNA strengen. De DNA strengen herstelden zich beter onder licht dan onder donkere omstandigheden (Abas, Touil et al., 2007). Ook de kernen van meristeem cellen in de wortels van gerst lieten 8 uur na behandeling met UV-C een herstel zien van de DNA strengen (Armalyte en Zukas, 2002).

In een studie met UV-C licht gedurende 15 minuten per dag over 28 dagen kwam naar voren dat UV-C de hoeveelheid chlorophyl, carotenoïden en het suikergehalte in de tarwebladeren verlaagde (Rahmatzadeh en Khara, 2007). De hoeveelheid mycorrhiza schimmels en de positieve effecten hiervan op de planten werden niet beïnvloed.

UV-C behandeling (0.16 mW m⁻² voor 24 uur) is vergeleken met andere factoren die stress bij bladeren van zoete aardappel veroorzaken zoals ozon en SO₂. Er bleek in alle gevallen meer plant peroxidase (POD) gevormd te worden. De diverse stress factoren gaven overeenkomstige genen te zien die aangeschakeld werden om POD te vormen. Daarnaast waren er ook specifieke genen die door iedere stressfactor werden geactiveerd (Kim, Lim et al., 2007).

In een boomgaard bleek alleen bladverbranding op te treden bij hogere doseringen dan 250 mJ.cm² wanneer 4 maal belicht werd in een periode van een week.

4.1.1 Sla

Vers bereide 'Lollo Rosso' sla werd aan verschillende doseringen van UV-C blootgesteld en bewaard van 9 tot 10 dagen bij 5 °C. Terwijl minimale bereiding geen significante verhoging gaf van de ademhaling van sla in de plastic zakken, was dit wel het geval na de UV-C behandeling van de sla. Alle UV-C doses verlaagden de gisten en koudeminnende en *E. coli* bacterien, terwijl de melkzuurminnende bacteriën toenamen. Na 7 dagen zag de sla er beter uit met minder bruine plekken, wanneer de hogere doses UV-C (2-9 kJ.m²) werden toegepast (Allende en Artes, 2003).

4.2 Broccoli

Geoogste broccoli is ook behandeld met diverse doseringen UV-C. Met 10 kJ.m⁻² werden de beste resultaten verkregen. Chlorofyl-degradatie werd tegengegaan waardoor de broccoli minder snel vergeelde. De broccoli bleef beter bestand tegen verwonding en ook de hoeveelheid anti-oxydanten bleef beter op niveau (Costa, 2006).

4.3 Na-oogst behandelingen

Oogstproducten zijn relatief makkelijk te behandelen. Verder verliezen de producten doorgaans in snel tempo hun weerstand tegen schimmels en bacteriën die allerlei soorten rot kunnen geven (Heijne et al., 2009). Door UV-C belichting van de producten kunnen aanwezige pathogenen op de producten worden gedood (direct effect) of het product kan veranderen waardoor de pathogenen minder kans maken (geïnduceerde resistentie). Het product kan veranderen door uitstel van de afrijping of door het aanmaken van stofjes zoals phyto-alexinen. Het induceren van resistentie door UV-C wordt ook wel hormesis genoemd.

4.3.1 Aardbei

Ook bij aardbei is gekeken naar de mogelijkheden van UV-C-toepassing. UV-C behandeling met lage doses tot 1.0 kJ.m⁻² stimuleerde de PAL-productie (phenylalanine ammonia-lyase) die de weerstand verhoogt. Tegelijkertijd werd een afname van de *Botrytis cinerea* infectie vastgesteld (Nigro, Ippolito et al., 2000). Bij een dosering van 4.1 kJ.m⁻² werden effecten bereikt die versterkt werden door een hittebehandeling van 45 °C gedurende 3 uur. Op de eerste plaats bleken de met UV-C en warmte behandelde sporen van *B. cinerea* en *Rhizopus stolonifer* vertraagd te kiemen. Bovendien was de hardheid van de vruchten toegenomen wanneer zij behandeld werden op het moment dat de vruchten voor 50 % rood waren. De hoeveelheid anthocyaan en fenolen namen af door de behandeling. Ook waren de hoeveelheid infecties door de schimmels afgenomen. De gezamenlijke behandeling van UV-C en warmte verlengde de bewaarperiode. Warme luchtbehandeling van aardbei heeft de voorkeur boven warmwater behandeling (Pan, Vicente et al., 2004).

Ook andere combinaties van behandeling zijn nagegaan. Map (Modified atmosphere packaging), ozon en UV-C licht zijn onderzocht. Van geen van de behandelingen of combinaties werd een betrouwbaar positief effect vastgesteld. Alleen de verandering van de luchtsamenstelling (MAP) gaf een vermindering van de smaakeigenschappen van de aardbei (Allende, Marin et al., 2007).

In 2004 bleek een combinatie van warm water en UV-C (1000 mJ.cm⁻²) behandeling betere effecten te geven dan de enkelvoudige toepassingen. Warm water verlaagde de hardheid van de vruchten en de UV-C behandeling remde de schimmelgroei. Lichtflitsen met intens wit licht verbeterden ook de werking van UV-C op de remming van de schimmelgroei (Marquenie, Schenk et al., 2003).

4.3.2 Appels

UV-C licht werd in hoge mate geabsorbeerd door de buitenste lagen van de appel. Er ging heel weinig doorheen. Van UV-A licht ging er meer door de huid. Hoe meer anthocyaan aanwezig was, hoe minder UV-A licht er door de huid heen ging (Blanke, 1997). De schimmel *Penicillium expansum* op appels werd teruggedrongen door een UV-C behandeling. De resistentie van de appel werd verhoogd (Capdeville, Wilson et al., 2002).

Diverse delen van de appel zijn niet even gevoelig voor UV-C. Door alleen het eind van de vrucht te belichten dat aan de steel heeft vast gezeten, werden evenveel of minder infecties verkregen van diverse rotvormende pathogenen dan wanneer 4 delen van de vrucht werden belicht. Werden de andere delen belicht of minder dan 4 delen dan werden meer infecties verkregen (Stevens, Khan et al., 2005). Door het stengeleind te belichten met UV-C werd in de hele vrucht een resistentie tegen rot geïnduceerd.

4.3.3 Citrus

UV-C bestraling remde de aantasting van citrusvruchten (limoen) na kunstmatige besmetting met *Penicillium*.

De synthese van de phytoalexines scoparone and scopoletine werden gestimuleerd. Maar de toepassing kon ook phytotoxische effecten geven. Na optimalisatie van de toepassing voor kumquat (kleine sinaasappel), sinaasappel, grapefruit en pepers kon UV-C zonder phytotoxiciteit worden toegepast. Echter zowel een hittebehandeling als een UV-C behandeling kan nog niet op tegen de hoge efficiency van de huidige fungiciden (Ben Yehoshua, 2003).

De hittebehandeling kan worden uitgevoerd met heet water of hete lucht. De warmtebehandeling moet de UV-C behandeling voorafgaan, anders worden geen phytoalexinen gevormd (Ben Yehoshua, Rodov et al., 2005).

4.3.4 Druiven

In druiven worden na belichting met UV-C weerstandsverhogende mechanismen geïnduceerd. Een van die mechanismen is de verhoging van stilbene, dat gecorreleerd is met de weerstand tegen ziekten. Tolerante rassen reageerden beter op UV-C belichting dan gevoelige rassen. Hieruit blijkt dat UV-C belichting gebruikt kan worden om de weerstand te verhogen en om cultivars te screenen op hun weerstand tegen ziekten (Bonomelli, Mercier et al., 2004). De hoeveelheid stilbene in de druiven correleerde ook met die hoeveelheid in de wijn, waardoor hieraan gezondheidsbevorderende eigenschappen konden worden gekoppeld (Cantos, Espin et al., 2003).

UV-C belichting van druiven leidde na 1 tot 2 dagen ook tot een verhoging van resveratrol, waarvan stilbene een van de derivaten is. De besmetting met *B. cinerea* remde de werking van UV-C op de verhoging van fytoalexinen (Adrian, Jeandet et al., 2000).

Uit eerder onderzoek bleek dat de toegediende hoeveelheid licht beperkt moest zijn tot 0.125 tot 0.5 kJ.m⁻² en dat het betere effect van UV-C na twee dagen wees op geïnduceerde resistentie van de tafeldruiven tegen *B. cinerea*. Bovendien waren er bij deze lage UV-C doseringen na twee dagen meer gisten en bacteriën aanwezig (Nigro, Ippolito et al., 1998)

4.3.5 Tomaten

Wanneer groenrijpe tomaten werden behandeld met UV-C 3.7 kJ.m⁻² en bewaard bij 13 C en 95 % relatieve luchtvochtigheid dan bleven deze tomaten langer hard (Barka, Kalantari et al., 2000; Ait Barka, 2001). Door de UV-C behandeling werden minder celwand afbrekende enzymen gevormd. Daarnaast werd ook meer rishitin gevormd. De aantasting door *B. cinerea* kon dan niet aanslaan of uitbreiden (Charles, Corcuff et al., 2003). Dit effect was kort na de behandeling beperkt, maar nam snel toe en de tomaten bleven resistent tot het eind van de bewaring na 35 dagen (Charles, Mercier et al., 2008). De hoeveelheid door de UV-C gevormde rishitin in de tomaten kon de resistentie in het begin van de bewaring verklaren, maar later in de bewaring traden er waarschijnlijk andere mechanismen in werking (Charles, Mercier et al., 2008). Ook nam de hoeveelheid was op de cuticula van de tomaat toe, maar dit kon de grotere weerstand tegen Botrytis niet alleen verklaren (Charles, Makhlof et al., 2008). De weerstand tegen Botrytis werd gevormd door de buitenste cellagen die door de UV-C straling ingestort waren. Deze gestapelde celwanden zorgden dat *B. cinerea* niet kon binnendringen (Charles, Benhamou et al., 2008).

4.3.6 Zoete aardappel

De zoete aardappel (*Ipomoea batatas*) wordt aangetast door *Fusarium solani* in de bewaring. Door de zoete aardappel te behandelen met lage (hormesis) dosis van UV-C bleek de aardappel op termijn niet meer aangetast te worden door de schimmel. Dertig dagen na het begin van de bewaring leidde een infectie met *Fusarium* nauwelijks tot aantasting. Er was een resistentie geïnduceerd in de aardappel door de UV-C behandeling van 3.6 kJ.m⁻². Er bleek meer phenylalanine ammonialyase (PAL) gevormd te worden dat de aantasting remde (Stevens, Khan et al., 1999).

4.4 Versterking UV-C werking door combinatie met andere technieken of middelen

Hoewel UV-C al veel effect geeft, blijft de werking vaak achter bij chemische middelen of is de werking nog onvoldoende. Dan wordt naar een combinatie met andere methoden gezocht om de werking te versterken. Zonlicht gedurende 12 uur (2 dagen) kan de gevoeligheid van *Cochliobolus sativus* voor UV-C vergroten (Arabi en Jawhar, 2003). Volledige doding van de conidia trad op bij 14.4 kJ.m^{-2} . Er werd geen melding gemaakt van inkomende UV-C of UV-B straling met het zonlicht.

Een hittebehandeling is ook een van de mogelijkheden. Bij aardbei bleek een hittebehandeling mogelijk via het dompelen in water of via een behandeling met hete lucht. Alleen de toepassing met UV-C lijkt kritisch. De hittebehandeling dient aan de UV-C behandeling vooraf te gaan en de dosering van UV-C dient te liggen bij 1.5 tot 4.1 kJ.m^{-2} (Ben Yehoshua, Rodov et al., 2005). Ook het pulseren na de UV-C behandeling met wit licht verbeterde de werking (Marquenie, Geeraerd et al., 2003). Een combinatie met gisten kon ook de rotaantasting door *Penicillium* in sinaasappels beter onderdrukken maar een combinatie met bacteriën lukte niet doordat de groei van de bacterie net als de *Penicillium* werd geremd door de phytoalexine productie van de sinaasappel (G. D'hallewin et al., 2005).

Een combinatie met Chitosan gaf een verbetering van de UV-C behandeling (360 mJ.cm^{-2}) van tafeldruiven tegen *Botrytis*. De Chitosan werd voor de oogst in de wijngaard verspreid (Romanazzi, Gabler et al., 2006).

5 Toepassingen van UV-C buiten akkerbouw

5.1 Ontsmetten van verpakkingsmaterialen

Het ontsmetten van cups in de verpakkingsindustrie kan gebeuren met hogere doses UV-C al of niet in combinatie met waterstofperoxide (Anonymus, 1979).

5.2 Ontsmetten van ruimten of stallen

Verder wordt het UV-licht ook wel gebruikt in de horeca om bacteriegroei te voorkomen in ruimte als wc en keuken waar etenswaren worden bewaard (Wikipedia)

5.3 Ontsmetten van (drain)water

Bij gesloten teeltsystemen moet drainwater ontsmet worden aangezien anders pathogenen makkelijk verspreid worden. Een oplossing met Fusarium werd dicht langs UVlampen geleid die UV-C licht verspreidden. In de controleoplossing werden 195 kolonievormende eenheden geteld. Bij een dosering van 62.5 mJ.cm^{-2} waren het er 3 en bij 187.5 mJ.cm^{-2} nog 1 kolonievormende eenheid. Bij hogere doseringen werden geen kolonies gevormd (Adrados, Garcia et al., 2005).

Voor het ontsmetten van drinkwater worden doses tot 40 mJ.cm^{-2} geadviseerd (Wright and Cairns, 1999). Bij verontreinigingen zoals in de landbouw wel optreden zijn hogere doseringen nodig doordat er opgeloste stoffen in het water aanwezig zijn. Bij 40 mJ.cm^{-2} werden schimmels, bacteriën, virussen en onkruiden gedood bij een doorloopsnelheid van de vloeistof van 0.5 l s^{-1} (Adrados, Garcia et al., 2005). Het PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland gebruikt sinds 2004 UV-licht om drinkwater te zuiveren. UV-licht breekt in combinatie met peroxide organische afvalstoffen af en maakt organische microverontreinigingen onschadelijk. Hierbij blijven geen schadelijke reststoffen achter in het water (Wikipedia).

6 Toepassingen van UV-C licht in de akkerbouw.

6.1 Toepassingen en perspectieven van de beheersing van ziekten

Mogelijke toepassingen van UV-C licht in de akkerbouw zijn beperkt (Anonymous, 2008). In deze studie van de DLV Plant (bijlage 1 en 2) zijn de meest perspectiefvolle toepassingen voor de gangbare en biologische akkerbouw in tabel 2 opgenomen. De laagste score geeft de beste toepassing, gewogen voor 1- de mate van bestrijding met fungiciden of andere maatregelen (gangbaar), 2- de hoeveelheid fungiciden, 3- problematiek in de biologische landbouw, 4- toepassingsmogelijkheden UV-C in gewas tegen het pathogeen en 5- de relatieve kosten van de toepassing. Voor de gangbare teelt liggen goede perspectiefscores tussen 4 en 13 (maximum is 25) en voor de biologische teelt tussen 3 en 7 (maximum is 15).

Uit deze deskstudie van begin 2008 komt de bestrijding van echte meeldauw als kansrijk naar voren. Echte meeldauw groeit boven op het blad en is gevoelig voor UV-C. Dit was ook al gebleken bij de bestrijding van echte meeldauw op komkommers onder glas. Perspectiefvolle bestrijding van echte meeldauw kan plaatsvinden in witlof, vlas, tarwe en gerst (tabel 2).

De volgende kandidaat is *Phytophthora infestans*. Bij telers kon geen vermindering van de Phytophthora worden vastgesteld wanneer na belichting vanuit de rijen de bladeren werden afgestroken op aardappelschijfjes (Lamers en Bus, 2007). In waarnemingen bij telers die een UV-C belichting op een veldspuit hadden gebouwd was in één geval geen en was in het andere geval maximaal sprake van een geringe terugdringing van de schimmel bovenin het gewas na herhaaldelijke belichting via een tweedaagse toepassing (onderzoek PPO, 2008). In het laboratorium werden de sporen van Phytophthora wel gedood bij belichtingshoeveelheden van meer dan 10 mJ.cm⁻² (Kessel en Förch, 2006). Ook kon uitbreiding van Phytophthora op aardappelbladeren door UV behandeling in het laboratorium worden tegengegaan. In een demo op de Kollumerwaard leek de aantasting in 2007 ook verminderd te zijn (Knuivers, 2007).

Botrytis cinerea in erwten en *B. squamosa* in uien zijn schimmels die onder vochtige omstandigheden grauw schimmelpuis laten zien op de aangetaste plek. Dit is het inoculum voor verspreiding. Behandeling hiervan kan mogelijk de verspreiding terugdringen. Deze Botrytis soorten kunnen ook dood organisch materiaal koloniseren en sclerotia vormen. Van hieruit kan ook weer verspreiding optreden. Bestrijding van *Botrytis tulipae* in tulpen was niet erg succesvol (onderzoek PPO-BB).

Valse meeldauw (*Peronospora destructor*) lijkt een goede kandidaat voor bestrijding door UV-C belichting. Sporen van valse meeldauw kiemden niet meer door de belichting met lampen tussen de rijen (Lamers et al, 2007). Toepassing van UV-C door een teler met lampen onder een veldspuit, dus boven het gewas, gaf nog wel aantasting te zien aan het eind van het seizoen. Een andere teler met lampen tussen de rijen had ook aantasting, maar deze teler was niet op tijd begonnen en had te grote tussenpozen tussen de behandelingen (Onderzoek PPO). Hieruit blijkt duidelijk dat een eenmalige behandeling weinig zin heeft en voor een bestrijdingseffect minimaal om de twee dagen belicht moet worden. In hoeverre een adviesmodel voor sporulatie ook gebruikt kan worden als richtlijn voor de toepassing wordt onderzoek naar gedaan. Bij een dergelijke frequente toepassing worden mogelijk ook Botrytis en Stemphylium- schimmels in ui meegenomen.

Tabel 2. **Perspectiefscores voor bestrijding van ziekten in de Akkerbouw (naar Anonymous, 2008).**

Gewas	Pathogeen	Totaal score gangbaar	Totaal score biologisch
witlofpennen	<i>Erysiphe cichoracearum</i> (echte meeldauw)	8	5
Aardappel	<i>Phytophthora infestans</i>	10	3
Conservenerwten	<i>Botrytis cinerea</i>	11	5
Uien	<i>Botrytis squamosa</i> (bladvlekkenziekte)	12	6
Uien	<i>Peronospora destructor</i> (Valse meeldauw)	12	5
Vlas	<i>Oidium lini</i> (echte meeldauw)	12	8
Wintertarwe	Aarfusarium	12	5
Knolselderij	<i>Septoria apiicola</i>	13	6
Conservenerwten	Sclerotinia	13	8
Uien	Stemphylium	14	7
Wintertarwe	<i>Erysiphe graminis</i> (echte meeldauw)	15	7
Zomergerst	<i>Erysiphe graminis</i> (echte meeldauw)	16	7

6.2 Beheersing van insecten

Blootstelling van eitjes, larven van verschillende stadia en volwassen *Trogoderma granarium* aan UV-C verlaagde de levensvatbaarheid of verhoogde de mortaliteit betrouwbaar (Ghanem & Shamma, 2007). De larven van deze kever zijn schadelijk in voorraden van graan. Eitjes van andere insectenplagen in opgeslagen granen zijn eveneens onderzocht op blootstelling aan UV-straling bij een golflengte van 254 nm. UV behandeling van eitjes van de kastanjebruine rijstmeelkever *Tribolium castaneum*, de rijstmeelkever *T. confusum* en het motje *Cadra cautella* resulteerde in niet uitgekomen eitjes dan wel negatieve effecten op het verschijnen uit de poppen (Faruki et al, 2007).

Het vierentwintigstippelig lieveheersbeestje *Subcoccinella vigintiquatuorpunctata* blootgesteld aan UV-C zette misvormde eitjes af waarvan geen enkele uitkwam (Baldwin, 2000). UV-C straling beïnvloedt het koolhydraatgehalte in rupsen van de nachtvlinder *Spodoptera litura* (Tobacco caterpillar), een polyfage plaag in verschillende gewassen (Balasubramanian en Baskaran, 2006). De varkensluis, *Haematopinus suis*, is een bloedzuigende luis. Op neten (eitjes van de luis), larven en de volwassen luizen zijn dodelijke effecten door UV-C straling vastgesteld (Reichhardt et al., 1986).

Door het behandelen van spuitkoolplanten met UV-C licht in het laboratorium nam het aantal koolwittevlies af (Vlaswinkel, 2007). Energiebesparende kasdekken leveren minder insecten op. Het tegenhouden van UV straling (UV-A, UV-B, UV-C) kan een aanzienlijke reductie in de hoeveelheid plaaginsecten (trips, wittevlies, bladluis, spintmijt, mineervlieg) in de kas tot gevolg hebben. Insecten blijken in een UV-arme omgeving moeite te hebben met oriëntatie. Insecten mijden UV-B licht en hebben een voorkeur voor gewassen die onder UV-B arme omstandigheden zijn opgegroeid. De afwezigheid van UV-A straling verstoort het vlieggedrag van insecten, hierdoor neemt tevens de verspreiding van virussen af (Hemming et al., 2006).

6.2.1 Perspectieven voor plaagbestrijding

UV gewasbescherming heeft als doel het gewas te beschermen tegen ziekten en plagen. Voor plagen houdt dit in dat het systeem vraatreducerend of dodend werkt, of dat het zelfs plantpenetratie met betrekking tot virusoverdracht voldoende voorkomt.

Voor zover bekend zal de UV techniek praktisch inzetbaar zijn indien het licht het plaaginsect bereikt. Dit stellende, sluit op het eerste gezicht de bestrijding van bodemplagen uit, zoals ritnaalden en engerlingen welke zich hun gehele leven in de grond bevinden. Toch zijn voorbeelden van zich in de bodem bevindende plagen op te noemen die mogelijk met betrekking tot UV licht interessant zijn. Gedacht wordt onder andere aan emelten, aardrupsen en slakken die een groot deel van hun leven ondergronds doorbrengen, doch

bepaalde delen van een etmaal in een bepaalde periode van het jaar bovengronds foerageren. Tussen bovengronds voorkomende plagen kunnen eveneens gradaties gedefinieerd worden; gemakkelijk en minder gemakkelijk bereikbare plagen in een gewas. Een mogelijk gemakkelijk te bestrijden plaag lijkt de larve van de coloradokever, dit insect bevindt zich zichtbaar op of onder het blad van de plant. Een voorbeeld van een mogelijk moeilijk te bestrijden plaaginsect is de zwarte bonenluis in suikerbieten. Deze luis bevindt zich in suikerbieten meestal in het hart van de plant, meestal enkele planten van het perceel, en voor mensen niet altijd even gemakkelijk waar te nemen. Of een plaag goed te bestrijden is met UV-C is hangt dus af van de locatie waar een plaag zich bevindt en van het gewas c.q. plantstadium of de plaag met licht te bereiken is. Concluderend zal tot op soortniveau van een plaag en per gewas een UV bestrijdingstechniek onderzocht moeten worden. Dit kan uiteindelijk wel leiden tot een bestrijdingsstrategie van meerdere soorten in één werkgang als vóórkomen, locatie, gevoeligheid e.d. met elkaar overeenkomen.

Belangrijke akkerbouwgewassen zijn aardappelen, suikerbieten, granen, uien. In tabel 3 staat per gewas aangegeven, welke plaag op welke plaats aanwezig is en wat de geschatte economische haalbaarheid van de UV techniek is tegen de betreffende insectenplagen. Uit tabel 3 blijkt dat er in aardappelen potentie aanwezig is tegen de coloradokever en luizen. In suikerbieten zijn er mogelijkheden voor bestrijding van aardvlooien en de gamma uil. En in uien liggen er mogelijkheden voor de preimot en de uieboorsnuitkever. Opgemerkt moet worden dat deze plagen bereikbaar zijn voor UV-C belichting maar het is niet bekend, in welk plantstadium of ontwikkelingsstadium van het insect, met welke doseringen of apparatuur en met welke frequentie deze plagen bestreden moeten worden.

Tabel 3. De praktische potentie van UV tegen plagen in akkerbouwgewassen: + (goede), +/- (redelijke) en - (geen).

Gewas	Plaag	Plaats van aantasting	Naam	Potentie	
Aardappelen	Aardappelmot		<i>Phthorimaea operculella</i>	+/-	
	Aardrupsen		<i>Agrotis</i> spp	+/-	
	Luizen, Groene perzikbladluis		<i>Myzus persicae</i>	+	
	Miljoenpoten			n.v.t.	
	Pissebedden		<i>Oniscus asellus</i> e.a.	n.v.t.	
	Ritnaalden, Kniptorren		<i>Agriotes</i> spp.	-	
	Slakken, Wegslakken		<i>Arion</i> spp.	+/-	
	Akeraardslakken		<i>Deroceras</i> spp.	+/-	
	Colorado kever		<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	+	
Suikerbieten	Bietenkever	Wortel / wortelhals	<i>Atomaria linearis</i>	-	
	Springstaarten	Wortels	<i>Onychirius armatus</i>	-	
	Wortelduizend-poot	Wortels	<i>Scutigerella immaculata</i>	-	
	Rouwvliegen	Wortels	<i>Bibio hortulanus</i>	-	
	Miljoenpoten	Wortels	<i>Blaniulus guttulatus</i>	-	
	Ritnaalden	Wortels / wortelhals	<i>Agriotes</i> spp.	-	
	Emelten	Wortelhals / bladeren jonge planten	<i>Tipula</i> spp.	+/-	
	Slakken	Vegetatiepunt / blad	<i>Arion</i> spp., <i>Deroceras</i> spp.	+/-	
		Trips	Vroege akkertrips		+/-
		Aardvlooien	Kiemplanten blad en bladstelen	<i>Chaetocnema</i> spp.	+
		Bietenvlieg	Bladmineerder	<i>Pegomya</i> spp.	-
		Bietenaaskever	Blad	<i>Blitophaga opaca</i>	+/-
		Schildpadtorren	Bladvensters	<i>Cassida</i> spp.	+/-
		Zwarte bonenluis	Diep in het hart	<i>Aphis fabae</i>	+/-
		Wantsen	Blad	<i>Lygus pratensis</i>	-
		Gamma uil, rups	Blad	<i>Autographa gamma</i>	+
	Aardrupsen	Wortels / wortelhals Bodembewoner	<i>Agrotis</i> spp.	+/-	
	Aardappelstengelboorder	Wortels / wortelhals Bodembewoner	<i>Hydroecia mycaceae</i>	-	
Graan	Bladluizen Juni – juli, Roos-grasluis	Blad, stengels	<i>Metopolophium dirhodum</i>	+/-	
	Vogelkersluis	Stengels	<i>Rhopalosiphum padi</i>	+/-	
	Grote graanluis	Blad, aar	<i>Sitobion avenae</i>	+/-	
	Fritvlieg	2 ^e generatie op zaad, 1 ^e en 3 ^e generatie in jonge plant	<i>Oscinella frit</i>	-	
	Gele tarwegalmug	Aar, in kafje	<i>Contarinia tritici</i>	-	
	Graanhaan	Blad (juni-juli)	<i>Lema cyanella</i>	+/-	
	Graanmineervlieg	In 't blad	<i>Hydrellia griseola</i>	-	
	Hessische mug	Tussen bladschede en halm aan jong gewas	<i>Mayetiola destructor</i>	-	
Gewas	Plaag	Plaats van aantasting	Naam	Potentie	
Graan	Oranje tarwegalmug	Aar, in kafje	<i>Sitodiplosis mosellana</i>	-	
	Smalle graanvlieg	Voet jonge planten	<i>Hylemya coarctata</i>	-	
	Tarwestengelgal-mug	Tussen bladschede en halm juni – juli	<i>Haplodiplosis equestris</i>	-	
	Tripsen Roggetrips		<i>Haplothrips aculeatus</i>	-	
	Grote graantrips	In opgerold blad en schede of tussen kaf en korrel	<i>Limothrips denticornis</i>	-	

	Kleine graantrips		<i>Limothrips cerealium</i>	-
	Havertrips		<i>Stenothrips graminum</i>	-
	Vroege akkertrips		<i>Thrips angusticeps</i>	-
	Bodemplagen, Slakken, emelten, ritnaalden, aardrupsen			+/-
Uien	Preimot	Vensterkraat blad	<i>Acrolepia assectella</i>	+
	Trips	Oksels / blad	<i>Thrips tabaci</i>	+/-
	Uieboorsnuitkever	Vensterkraat blad	<i>Ceuthorrhynchus suturalis</i>	+
	Uiemineervlieg	In het blad	<i>Phytobia cepae</i>	-
	Uievlieg	Basis jonge plant	<i>Hylemya antiqua</i>	-

7 Conclusies en discussie

In deze studie wordt op een rij gezet wat er voor de akkerbouw in de literatuur bekend is over de mogelijkheden van UV-C licht voor de bestrijding van ziekten en plagen. Het bleek dat er over de toepassing waar we het over hebben, namelijk lage doseringen UV-C licht met korte blootstellingstijden, weinig relevante literatuur beschikbaar te zijn. Daarom is ook naar andere literatuur gezocht om eventuele perspectieven voor onze toepassingen te kunnen opsporen.

Het blijkt dat bacteriën relatief makkelijk gedood worden door UV-C straling. Het DNA van deze micro-organismen wordt snel beschadigd met minder reproductie of afsterving tot gevolg. Door Philips zijn er dan ook vele toepassingen ontwikkeld voor het ontsmetten van ruimten, apparatuur (sterilisatie) of zelfs vloeistoffen. Voor het ontsmetten van vloeistoffen is het nodig om de vloeistof in dunne lagen dicht langs de lamp te leiden, omdat UV-C licht in een vloeistof snel uitdooft. Bovendien kunnen opgeloste stoffen en organische materialen de uitdoving van het licht sterk verlagen.

Wanneer geogste slabladeren worden belicht met hogere doseringen UV-C licht dan blijven de bladeren meer glimmen en verbruinen minder snel door de afwezigheid van de gedode bacteriën. Wel blijken er zich meer melkzuurachtige bacteriën en gisten te ontwikkelen die van de vrije ruimte gebruik maken. De geringere gevoeligheid van de gisten biedt weer perspectief op combinatie met UV-C licht. Zo worden sinaasappels minder aangetast door *Penicillium* rot wanneer de UV-C behandeling werd gecombineerd met de gistbehandeling. Bovendien hadden de gisten minder last van de door de UV-C gevormde phyto-alexine in de sinaasappel.

De schimmels blijken sterk te verschillen in gevoeligheid voor UV-C. Wanneer er pigmenten in de sporen aanwezig zijn, zoals bij *Penicillium*, dan zijn hogere doseringen nodig. Transparante sporen daarentegen van bijvoorbeeld *Phytophthora infestans* gaan bij lage doseringen van 10 mJ.cm⁻² al dood. Verder kunnen diverse delen van de schimmel een verschillende gevoeligheid hebben. Ook de sporen van *Colletotrichum gloeosporioides* waren gevoelig voor lage doseringen UV-C licht. Om de productie van nieuwe sporen te remmen waren 6* hogere doseringen nodig. Maar bij nog hogere doseringen kon er weer meer sporulatie optreden. Het herhaald toepassen van UV-C behandelingen kan de sporulatie sterk remmen zoals dat blijkt bij vruchtrotschimmels op agarbodems. De hyfen van vele schimmels waren ongevoelig voor UV-C licht.

Voor *Fusarium oxysporum* werden soortgelijke effecten gevonden. Bovendien bleken de macroconidiën van *Fusarium* veel gevoeliger voor UV-C licht dan de microconidiën. Het is daarom belangrijk om te weten wat de gevoeligheid van de schimmeldelen zijn die aan UV-C licht worden blootgesteld. Ook moeten deze delen dan ook aan de buitenkant van het te behandelen plantenorgaan zitten, want in de plant (of agarbodem) zijn de schimmeldelen beschermd. De kans is groot dat de transparantere delen gevoeliger zijn.

Gevoelige sporen die zich via de lucht verspreiden en lange tijd onderweg zijn, kunnen gedood worden door de hoeveelheid UV die van de zon komt. Op heldere dagen is de verspreiding van de schimmel *Cochliobolus sativus* (wortel, blad en aarziekte graan) over grote afstanden daardoor beperkt.

Over het behandelen van planten in het veld zijn niet zo veel literatuurgegevens bekend. De gegevens die beschikbaar zijn, hebben enerzijds betrekking op een langdurige behandeling over een langere periode of anderzijds een enkelvoudige belichting die soms herhaald wordt. Continue blootstelling aan UV-C licht van bladeren van maïs, suikerbiet, tarwe en zoete aardappel leidt tot een remming van het fotosynthese pad II, waardoor er minder chlorofyl en chloroplasten overblijven. Een kortstondige blootstelling aan UV-C die ook herhaald kan worden leidt bij hogere waarden dan 250 mJ.cm⁻² tot schade aan bladeren bij fruitbomen. Door UV-C belichting van geogste producten kunnen aanwezige pathogenen op de producten worden gedood (direct effect) of het product kan veranderen waardoor de pathogenen minder kans maken (geïnduceerde resistentie). Het product kan veranderen door uitstel van de afrijping of door het aanmaken van stofjes zoals fyto-alexinen. Minder snelle afrijping wordt gevonden bij tomaat en broccoli, waardoor het product langer houdbaar is. Een grotere hoeveelheid fyto-alexinen wordt gevonden bij aardbei en zoete aardappel (hogere PAL-productie, phenylalanine ammonia-lyase), druif (meer stilbene), limoen (scoparone and scopoletine) en tomaat (rishitin). Een toename van fyto-alexinen ging gepaard met minder aantasting van pathogenen na inoculatie. De geïnduceerde resistentie is enkele dagen na belichting aanwezig (druif tegen *Botrytis*) of zelfs 30 dagen later in de bewaring (zoete aardappel tegen *Fusarium solani*).

De werking van UV-C kan versterkt worden door combinatie met andere technieken zoals met antagonisten (gist op sinaasappel), spuitmiddelen van natuurlijke oorsprong (chitosan op druif), hete lucht of water op aardbei en pulseren met wit licht eveneens op aardbei.

De perspectieven voor de akkerbouw zijn beperkt. Voor wat de schimmels betreft is er veel perspectief om echte meeldauw te bestrijden in tarwe, gerst, witlof en vlas. Dan moet de schimmel wel geraakt worden door voldoende UV-C straling. Ook de sporen van valse meeldauw in ui en Phytophthora in aardappel zijn gevoelig voor UV-C straling. De sporen van valse meeldauw zitten bepaalde dagen op de bladeren en zijn dan bereikbaar met de UV-C stralen voordat ze verspreid worden met de wind. De Phytophthora sporen zijn veel moeilijker bereikbaar aan de onderkant van de aardappelbladeren. Uit proeven in het veld moet blijken wat de waarde is van het wegvangen van (een deel van) de sporen op het langer groen houden van het gewas.

Uit laboratoriumexperimenten op het PPO kwam naar voren dat luizen en slakken gevoelig zijn voor UV-C stralen. Andere insecten die op grond van de bereikbaarheid en de schade die ze geven, in aanmerking komen om onderzocht te worden zijn: in aardappelen de coloradokever en luizen, in suikerbieten aardvlooien en de gamma uilen en in uien de preimot en de uieboorsnuitkever.

Een knelpunt is de ontwikkeling van geschikte apparatuur. Belichting met lampen die alleen boven het gewas hangen heeft het voordeel dat de lampen onder een veldspuit gehangen kunnen worden en boven veel gewassen toegepast kunnen worden, maar de doordringing van het licht in het gewas is beperkt. Betere werking kan verwacht worden van lampen die tussen de gewasrijen hangen. Het nadeel hiervan is dat de werkbreedte beperkt is, de lampen snel vuil kunnen worden en slechts enkele gewassen de goede rijafstand hebben voor het betreffende apparaat.

8 Literatuur

- Abas, Y., N. Touil, et al., (2007). "Evaluation of UV damage at DNA level in *Nicotiana plumbaginifolia* protoplasts using single cell gel electrophoresis." *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2007; **91**(2): 145-154.
- Adrados, C., M. A. Garcia, et al., (2005). *Disinfection of drain water by means of UVC radiation - experimental prototypes for small flows*, Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- Adrian, M., P. Jeandet, et al., (2000). "Stilbene content of mature *Vitis vinifera* berries in response to UV-C elicitation." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000; **48**(12): 6103-6105.
- Ait Barka, E. (2001). "Protective enzymes against reactive oxygen species during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits in response to low amounts of UV-C." *Australian Journal of Plant Physiology*. 2001; **28**(8): 785-791.
- Allende, A. and F. Artes (2003). "Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce." *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 2003; **36**(8): 779-786.
- Allende, A., A. Marin, et al., (2007). "Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₂, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries." *Postharvest Biology and Technology*. 2007; **46**(3): 201-211.
- Allende, A., J. L. McEvoy, et al., (2006). "Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce." *Food Microbiology*. 2006; **23**(3): 241-249.
- Allende, A., E. Padilla, et al., (2003). *Changes in microbial and sensory quality of fresh processed UV-C treated 'Lollo Rosso' lettuce*, Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- Anonymous, (1979). Prolonging the shelf life of dairy products in cups and corresponding packaging provisions. *Nordeuropaeisk Mejeri Tidsskrift*. 45, (7-8), 177-179.
- Anonymous (2006). Ultraviolet purification application information, Philips Lighting BV.
- Anonymous (2008). Marktverkenning toepassingsgebieden UVC Gewasbescherming, DLV Plant: pp 30.
- Arabi, M. I. E. and M. Jawhar (2001). "The response of *Cochliobolus sativus* to ultraviolet-C radiation." *Journal of Phytopathology*. 2001; **149**(9): 521-525.
- Arabi, M. I. E. and M. Jawhar (2003). "Germinability of *Cochliobolus sativus* conidia exposed to solar radiation." *Journal of Phytopathology*. 2003; **151**(11/12): 620-624.
- Armalyte, J. and K. Zukas (2002). *Evaluation of UVC-induced DNA damage by SCGE assay and its repair in barley*, Vilnius, Lithuania: Leidzia Lietuvos mokslu akademijos leidykla.
- Asthana, A. and R. W. Tuveson (1992). "Effects of UV and phototoxins on selected fungal pathogens of citrus." *International Journal of Plant Sciences*. 1992; **153**(3,1): 442-452.
- Balasubramanian V., Baskaran S., (2006). Effect of UV irradiation on total carbohydrate content in the larvae of Tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* Fabr. (Lepidoptera: noctuidae). *Journal of Applied Zoological Researches*, 17 (2), p. 167 – 169.
- Baldwin A. J., (2000). Biological effects of ultra-violet C-range on *Subcoccinella vigintiquatuorpunktata* (L.) (Colo., Coccinellidae). *Entomologist's-s-Monthly-Magazine*, 136 (1628-31), p. 15 – 17.
- Barka, E. A., S. Kalantari, et al., (2000). "Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000; **48**(3): 667-671.
- Bassetto, E., L. Amorim, et al., (2007). "Effect of UV-C irradiation on postharvest control of brown rot (*Monilinia fructicola*) and soft rot (*Rhizopus stolonifer*) of peaches." *Fitopatologia Brasileira*. 2007; **32**(5): 393-399.
- Ben Yehoshua, S. (2003). *Effects of postharvest heat and UV applications on decay, chilling injury and resistance against pathogens of citrus and other fruits and vegetables*, Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- Ben Yehoshua, S., V. Rodov, et al., (2005). *Elicitation of resistance against pathogens in citrus fruits by*

- combined UV illumination and heat treatments, Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- Biswal, B., P. N. Joshi, et al., (1997). "Changes in leaf protein and pigment contents and photosynthetic activities during senescence of detached maize leaves: influence of different ultraviolet radiations." Photosynthetica . 1997; **34**(1): 37-44.
- Blanke, M. (1997). "Transmission of UV radiation into apple fruit." Erwerbsobstbau . 1997; **39**(2): 50-52.
- Bonomelli, A., L. Mercier, et al., (2004). "Response of grapevine defenses to UV-C exposure." American Journal of Enology and Viticulture. 2004; **55**(1): 51-59.
- Bornman, J. (1986). "Ultraviolet radiation damage in higher plants." Dissertation Abstracts International, C European Abstracts. 1986; **47**(1): 76.
- Bornman, J. F., R. F. Evert, et al., (1983). "The effect of UV-B and UV-C radiation on sugar beet leaves." Protoplasma . 1983; **117**(1): 7-16.
- Brown, J. E., T. Y. Lu, et al., (2001). "The effect of low dose ultraviolet light-C seed treatment on induced resistance in cabbage to black rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)." Crop Protection. 2001; **20**(10): 873-883.
- Cantos, E., J. C. Espin, et al., (2003). "Postharvest UV-C-irradiated grapes as a potential source for producing stilbene-enriched red wines." Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003; **51**(5): 1208-1214.
- Capdeville, G. d., C. L. Wilson, et al., (2002). "Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested 'Red Delicious' apple fruit." Phytopathology . 2002; **92**(8): 900-908.
- Charles, M. T., N. Benhamou, et al., (2008). "Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. III. Ultrastructural modifications and their impact on fungal colonization." Postharvest Biology and Technology. 2008; **47**(1): 27-40.
- Charles, M. T., R. Corcuff, et al., (2003). Effect of maturity and storage conditions on rishitin accumulation and disease resistance to *Botrytis cinerea* in UV-C treated tomato fruit, Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- Charles, M. T., J. Makhlof, et al., (2008). "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. 2008; **47**(1): 21-26.
- Charles, M. T., J. Mercier, et al., (2008). "Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. I. Role of pre- and post-challenge accumulation of the phytoalexin-rishitin." Postharvest Biology and Technology. 2008; **47**(1): 10-20.
- Child, M., P. Strike, et al., (2002). "Salmonella typhimurium displays cyclical patterns of sensitivity to UV-C killing during prolonged incubation in the stationary phase of growth." FEMS Microbiology Letters. 2002; **213**(1): 81-85.
- Cia, P., S. F. Pascholati, et al., (2007). "Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose." Postharvest Biology and Technology. 2007; **43**(3): 366-373.
- Costa, L., Vicente, A. R., Civello, P. M., Chaves, A. R. en Martinez, G. A., 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. Postharvest Biology and Technology. 2006; **39** (2) 204-210.
- Dhingra, O. D. and J. B. Sinclair (1995). Basic plant pathology methods, second edition, CRC Press-Lewis Publishers.
- Faruki S. I., Das D. R., Khan A. R., Khatun M., (2007). Effects of ultraviolet (254 nm) irradiation on egg hatching and adult emergence of the flour beetles, *Tribolium castaneum*, *T. confusum* and the almond moth, *Cadra cautella*. Journal of Insect Science Tucson, **7** : 7.36 (<http://www.insectscience.org/7.36/>).
- Ghanem I., Shamma M., (2007). Effect of non-ionizing radiation (UVC) on the development of *Trogoderma granarium* Everts. Journal of stored products research, **43** (4), p. 362 – 366.
- Heijne, B., Wenneker M., Joosten, N. en Anbergen, R., (2009). UV tegen ziekten. PPO-BB, PPO nr 2008-30, pp 70, in press.
- Hemming S., Os E. van, Kogel J. W. de, Deventer P. van, Wieggers G., Belder E. den, Elderson J., Booij K., Brink W. van den, (2006). PT-rapport 20, Wageningen.
- Kessel, G. J. T. and M. G. Förch (2006). Effect of UV-exposure on germination of sporangia of *Phytophthora infestans*. Wageningen, PRI: pp 11.

- Kessel, G. J. T. and M. J. Schilder (2008). Effect of UV-exposure on colony formation of *Xanthomonas fragariae* in vitro., Plant Research International.,
- Kim, Y., S. Lim, et al., (2007). "Differential expression of 10 sweetpotato peroxidases in response to sulfur dioxide, ozone, and ultraviolet radiation." Plant Physiology and Biochemistry. 2007; **45**(12): 908-914.
- Knuivers, M., (2007). Cleanlight beteugelt phytophthora. Boerderij 93 (7) 18-19.
- Lamers, J. en C. Bus, (2007). Doding Phytophthora sporen in veld met UV-C licht nog moeilijk aantoonbaar. Posterpresentatie.
- Lamers, J., M. Al Habib en J. Wander, (2007). Met ultraviolet C-licht valse meeldauw te lijf. Posterpresentatie.
- Marquenie, D., A. H. Geeraerd, et al., (2003). "Combinations of pulsed white light and UV-C or mild heat treatment to inactivate conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilia fructigena*." International Journal of Food Microbiology. 2003; **85**(1/2): 185-196.
- Marquenie, D., A. Schenk, et al., (2003). "Combination of physical techniques controls fungal growth during the storage of strawberries." Fruiteelt nieuws. 2003; **16**(5): 6-7.
- Nigro, F., A. Ippolito, et al., (2000). "Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry." Journal of Plant Pathology. 2000; **82**(1): 29-37.
- Nigro, F., A. Ippolito, et al., (1998). "Use of UV-C light to reduce *Botrytis* storage rot of table grapes." Postharvest Biology and Technology. 1998; **13**(3): 171-181.
- Pan, J., A. R. Vicente, et al., (2004). "Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit." Journal of the Science of Food and Agriculture. 2004; **84**(14): 1831-1838.
- Rahmatzadeh, S. and J. Khara (2007). "Influence of ultraviolet-C radiation on some growth parameters of mycorrhizal wheat plants." Pakistan Journal of Biological Sciences. 2007; **10**(23): 4275-4278.
- Reichhardt R., Ribbeck R., Muller P., Hiepe T., (1986). The impact of ultraviolet radiation on parasitic arthropods. 1st communication: in vitro and in vivo studies into the effects of UV radiation on the developmental stages of *Haematopinus suis*. Archiv fur Experimentele Veterinarmedizin, 40 (6), p. 840 – 848.
- Romanazzi, G., F. M. Gabler, et al., (2006). "Preharvest chitosan and postharvest UV irradiation treatments suppress gray mold of table grapes." Plant Disease. 2006; **90**(4): 445-450.
- Stevens, C., V. A. Khan, et al., (1999). "Induced resistance of sweet potato to *Fusarium* root rot by UV-C hormesis." Crop Protection. 1999; **18**(7): 463-470.
- Stevens, C., V. A. Khan, et al., (2005). "The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay." Crop Protection. 2005; **24**(8): 756-759.
- Vlaswinkel M., (2007). Bestrijding koolwittevlieg d.m.v. UV-C licht in spruitkool. Projecteindrapport 3250078900, LTO-Noord, pp. 12.
- Wikipedia, http://nl.wikipedia.org/wiki/UV_straling

Bijlage 1. Perspectiefscores toelichting (Anonymous, 2008)

- A. Mate van bestrijding in gangbare landbouw met fungiciden of andere maatregelen (1 = goed, 3 = matig, 5 = slecht)
- B. is fungiciden inzet hoog (1 = zeer hoog; 5 = wordt bijna geen fungiciden voor ingezet; 0 = geen fungiciden toegelaten)
- C. problematiek in biologische landbouw vanwege opbrengst e/of kwaliteit (1 = geen probleem; 3 = valt mee te leven; 5 = groot probleem)
- D. toepassingsmogelijkheid UVC gelet op gewasstructuur en waar ziekte in gewas zit (1 = goed; 3 = redelijk; 5 = onmogelijk)
- E. zijn de kosten om de ziekte te bestrijden hoog t.o.v. het gewassaldo (1 = zeer hoog; 5 = stelt relatie niet veel voor)
 - totaal score gangbaar (minimaal 4 punten = veel perspectief; maximaal 25 punten = geen perspectief)
 - totaal score biologisch (minimaal 3 punten = veel perspectief; maximaal 15 punten = geen perspectief)

Aan de hand van de gegeven scores is een totaalscore berekend voor de sectoren gangbare landbouw en biologische landbouw. Arbitrair is hieraan een klassering toegediend waarmee een indeling plaatsvindt in de klassen goed, matig en weinig perspectief. In onderstaand overzicht is de berekeningswijze en klassering weergegeven.

	Gangbaar	biologisch
Berekening totaalscore	$(6-A)+B+2*D+E$	$(6-C)+2*D$
Aantal punten voor totaalscore		
Minimaal (veel perspectief)	4	3
Maximaal (geen perspectief)	25	15
Klassering		
Goed perspectief	≤ 13	≤ 7
Matig perspectief	14-17	8-10
Geen perspectief	>17	> 10

Bijlage 2. Perspectiefscores sector akkerbouw (Anonymous, 2008)

gewas – aantastingcombinatie	A	B	C	D	E	totaal score gangbaar	totaal score biologisch
aardappel - : Alternaria spp	2	2	3	3	4	16	9
aardappel - overigen: Phytophthora infestans	1	1	5	1	2	10	3
Engels raaigras - overig: Ascochyta spp (afrijpingsziekte)	2	3	3	4	2	17	11
Engels raaigras - overigen: Dematiaceae (zwartschimmels)	3	3	3	4	2	16	11
Engels raaigras - roest: Puccinia graminis (zwarte roest)	2	2	3	4	2	16	11
knolselderij - overigen: Septoria apiicola	1	2	4	2	2	13	6
koolzaad - : Alternaria brassicae	2	4	2	3	2	16	10
roodzwenkgras - overig: Ascochyta spp (afrijpingsziekte)	2	3	3	4	2	17	11
roodzwenkgras - overigen: Dematiaceae (zwartschimmels)	3	3	3	4	2	16	11
suikerbiet - : Cercospora beticola	2	2	4	3	3	15	8
suikerbiet - echte meeldauw (Erysiphe): E. betae	1	3	2	2	3	15	8
suikerbiet - overigen: Ramularia beticola	2	2	4	3	3	18	10
suikerbiet - roest:	1	3	2	2	3	15	8
uien - Botrytis: B. squamosa	2	1	4	2	3	12	6
uien - overigen: Botrytis aclada (koprot)	4	4	4	4	3	17	10
uien - Stemphylium: Stemphylium	2	3	3	2	3	14	7
uien - valse meeldauw: Peronospora destructor	1	1	5	2	2	12	5
vlas - echte meeldauw (Erysiphe): Oidium lini	3	0	4	3	3	12	8
wintertarwe - : DTR	1	3	4	3	2	16	8
wintertarwe - : Fusarium (aar)	3	3	5	2	2	12	5
wintertarwe - echte meeldauw (Erysiphe): E. graminis	1	3	3	2	3	15	7
wintertarwe - overigen: Septoria spp	1	2	4	3	2	15	8
wintertarwe - roest: Puccinia spp	1	3	3	3	3	17	9
witlofpennen - echte meeldauw (Erysiphe): E. cichoracearum	3	0	3	1	3	8	5
zomergerst - : Pyrenophora teres (netvlekkenziekte)	1	2	4	3	2	15	8
zomergerst - echte meeldauw (Erysiphe): E. graminis	1	4	3	2	3	16	7
zomergerst - overigen: Rhynchosporium secalis (bladvlekkenziekte)	1	2	4	3	2	15	8
conservenerwten - Botrytis: B. cinerea	3	2	5	2	2	11	5
conservenerwten - overigen: Sclerotinia	3	2	4	3	2	13	8