



Programmeringsstudie Meeldauw

Invloed van bestaande en nieuwe interventies op
geïnduceerde weerbaarheid tegen biotrofe schimmels

J.D. Hofland-Zijlstra, S. Breeuwsma, M. Noordam en L. Stevens

Rapport WPR-749

Referaat

Doel van het TKI project Programmeringsstudie Meeldauw is om nieuwe kennis te genereren omtrent bestaande en nieuwe interventies die gericht zijn op preventie van meeldauwontwikkeling in glastuinbouwgewassen. Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research business unit glastuinbouw. Het project is begeleid vanuit LTO Glaskracht Nederland. Om de invloed van bestaande interventies te toetsen op de natuurlijke afweer van een plant zijn verschillende klimaatkastproeven uitgevoerd met variatie in daglichtsom, CO₂ en RV. Na drie weken blootstellingstijd is de invloed op de productie van afweereiwitten, die een maat zijn voor geïnduceerde resistentie, zeer gering. Wel wordt bevestigd dat de RV en lichtsom de meeldauwontwikkeling sterker beïnvloeden dan de CO₂. Daarnaast vinden we dat het volgen van veranderingen in de voedingssamenstelling van planten mogelijk belangrijk is om vroegtijdig in beeld te krijgen van een verandering in de gevoeligheid van het gewas voor een schimmelziekte. Natrium lijkt hierbij een belangrijk element.

Abstract

Purpose of this TKI project Programming study powdery mildew is to generate new knowledge about existing and new interventions aimed at prevention of mildew development in horticultural crops. This research is conducted by Wageningen University & Research greenhouse horticulture business unit. The project is supported by LTO Glaskracht Nederland. To test the impact of existing interventions on the natural defenses of a plant tests in climate chamber were carried out with total daylight sum, CO₂ and relative humidity. After three weeks the influence on the production of pathogen related proteins, which is a measure for induced resistance, was very minor. However, it is confirmed that relative humidity and the daily light sum influence the mildew development directly and to a higher extent than the CO₂. In addition, changes in nutritional composition of plants may be one of the first indicators for enhanced disease risk (e.g. sodium).

Rapportgegevens

Rapport WPR-749

Projectnummer: 3742200300

PT nummer: 15143

DOI: 10.18174/441982

Dit project is mede tot stand gekomen door de bijdrage van Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Productschap Tuinbouw, Syngenta B.V., HortiNova, Jiffy en Biotamax.

Disclaimer

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Knelpunt echte meeldauw	7
	1.2 Doel	9
	1.3 Aanpak	9
	1.4 Leeswijzer	9
2	Invloed van licht	11
	2.1 Achtergrond en doel	11
	2.2 Uitvoering	11
	2.3 Resultaten	14
	2.3.1 Meeldauwontwikkeling	14
	2.3.2 Afweereiwitten	16
	2.3.3 Vers gewicht	16
	2.3.4 Bladgroen en nutriënten	17
	2.4 Conclusie	18
3	Invloed van CO₂	19
	3.1 Achtergrond en doel	19
	3.2 Uitvoering	19
	3.3 Resultaten	20
	3.3.1 Meeldauw ontwikkeling	20
	3.3.2 Afweereiwitten	21
	3.3.3 Vers gewicht	22
	3.3.4 Bladgroen en nutriënten	23
	3.4 Conclusie	23
4	Invloed van relatieve luchtvochtigheid	25
	4.1 Achtergrond en doel	25
	4.2 Uitvoering	26
	4.3 Resultaten	26
	4.3.1 Meeldauw ontwikkeling	26
	4.3.2 Afweereiwitten	28
	4.3.3 Vers gewicht	29
	4.3.4 Bladgroen en nutriënten	29
	4.4 Conclusie	33
5	Discussie	35
	5.1 Invloed klimaat op geïnduceerde resistentie	35
	5.2 Voedingsanalyses als indicatie	36
	5.3 Directe werking op meeldauw	36
	5.4 Meeldauw detectie	37
6	Aanbevelingen	39

Literatuur	41
Bijlage 1 Relatie afweereiwitten en licht	43
Bijlage 2 Relatie plantsapanalyses en licht	45

Samenvatting

Voor beheersen van echte meeldauw wordt in de glastuinbouwsector nog steeds een groot deel van de fungiciden ingezet. De schimmel vormt een knelpunt in een breed aantal gewassen: roos, gerbera, tomaat, paprika en potplanten. Hiervan kunnen de jaarlijkse kosten voor bestrijding in bloemisterijgewassen zoals snijroos oplopen tot 0,75-1,5 euro/m². Er is dringend behoefte aan nieuwe kennis over effectieve interventies die inpasbaar zijn in duurzame teeltsystemen, zoals het verbeteren van de gewaskwaliteit (weerbare gewas). Het doel van het TKI project Programmeringsstudie Meeldauw is om bestaande en nieuwe interventies te testen voor het ontwikkelen van een preventieve systeemaanpak van meeldauwontwikkeling in glastuinbouwgewassen. Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research business unit glastuinbouw en mogelijk gemaakt met bijdragen van het Productschap Tuinbouw, ministerie van Economische Zaken, gewascoöperaties gerbera en roos, HortiNova, Syngenta Crop Protection, Horticoop, Jiffy Products International en Microbac. Het project is begeleid vanuit LTO Glaskracht Nederland en afstemming vond plaats met een brede klankbordgroep van vertegenwoordigers van de bedrijven en primaire sector.

Binnen de systeemaanpak van meeldauw zijn meerdere pijlers onderscheiden. In het eerste deel van het onderzoek is gestart met het genereren van nieuwe kennis over effecten van bestaande interventies op het natuurlijk afweersysteem van het gewas welke een rol spelen bij meeldauw en deze zijn getoetst in gecontroleerde klimaatkamers. In het tweede deel is nieuwe kennis gegenereerd over de effecten van nieuwe interventies op het natuurlijk afweersysteem van het gewas. Om de invloed van bestaande interventies te toetsen zijn in afstemming met de klankbordgroep verschillende proeven uitgevoerd met klimaatfactoren als licht, CO₂ en relatieve luchtvochtigheid. Na drie weken blootstellingstijd is geen grote invloed te zien op de productie van afweereiwitten die van nature door een plant zelf aangemaakt worden. Alleen in potgerbera neemt bij 90% relatieve luchtvochtigheid de productie licht toe en bij een CO₂ gehalte van 900 ppm lijkt een lichte trend zichtbaar dat de productie iets afneemt. De invloed van bestaande klimaatfactoren op de flexibele, geïnduceerde resistentie lijkt daarmee erg beperkt. Sturen op een verhoging van afweereiwitten is effectiever te bereiken met andere stuurfactoren, zoals bijv. de inzet van synthetische elicitors of door gerichte sturing op lichtkwaliteit met verschillende rood:verrood verhoudingen. Hoewel de invloed via de directe sturing op plantresistentie gering is, is via het klimaat nog wel goed bij te sturen op vermindering van de gevoeligheid voor meeldauw. De invloed van relatieve luchtvochtigheid en lichtsom zijn daarbij van grotere invloed dan de hoeveelheid CO₂.

De proeven laten zien dat het volgen van veranderingen in de voedingssamenstelling van planten wellicht één van de eerste indicatoren kan zijn dat de gevoeligheid van het gewas voor een schimmelziekte aan het veranderen is. Daarbij lijkt in ieder geval natrium een belangrijk element om in de gaten te houden.

Een perspectiefvolle nieuwe interventies om de gevoeligheid voor meeldauw te verlagen is sturen op een voedingshandeling met meer MgCl₂. Aanvullend onderzoek is nodig om deze toepassingen verder uit te werken voor de verschillende gewassen in de glastuinbouw.

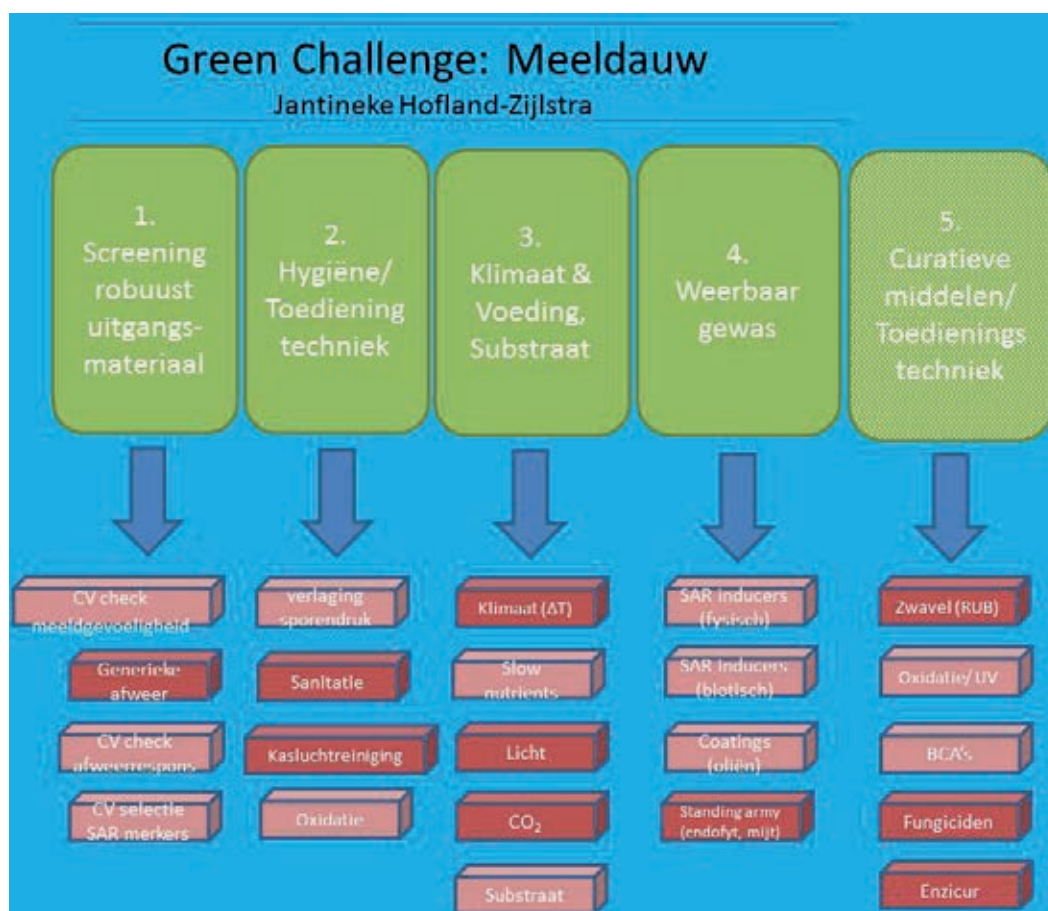
1 Inleiding

1.1 Knelpunt echte meeldauw

Het project Programmeringsstudie Meeldauw is gefinancierd in het kader van de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen. Het sluit aan bij het innovatiethema 'Meer en beter met Minder' en valt onder de Koepel PPS Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid. Meeldauw is nog steeds een breed knelpunt in de sector. De jaarlijks kosten om meeldauw te beheersen in de glastuinbouwsector worden geschat op 20-25 miljoen euro (Vermeulen 2013. KWIN. Rapport 5032 Wageningen University & Research Greenhouse Horticulture).

Om nieuwe beheersingsstrategieën te ontwikkelen voor de beheersing van meeldauw is een systeemaanpak ontwikkeld waarbij maatregelen zoveel mogelijk complementair aan elkaar zijn volgens de vier strategische lijnen die uitgezet zijn binnen de Koepel PPS Het Nieuwe Doen in Plantgezondheid. Binnen een brede klankbordgroep van duurzame meeldauwbeheersing bestaande uit telers van groenten, snijbloemen en potplanten, toeleveranciers, onderzoekers en adviseurs zijn deze lijnen vertaald in vijf pijlers (Figuur 1) die de kern vormen van een effectieve beheersing: 1. Robuust uitgangsmateriaal, 2. Hygiëne, 3 Substraat, voeding, klimaat, 4. Weerbaar gewas, 5. Curatieve bestrijding en toedieningstechnieken.

In dit onderzoek werd in overleg met de brede klankbordgroep en kijkend naar de doelstellingen van de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen verder ingegaan op pijler 3 (voeding, substraat), pijler 4 (weerbaar gewas) en indien nodig te combineren met pijler 5 (curatieve / biologische, groene toepassingen). Daarnaast worden betrouwbare gewasindicatoren voor ziektegevoeligheid voor meeldauw ontwikkeld zodat de meest efficiënte combinaties van maatregelen tegen meeldauw per bedrijfsstrategie (IPM, 100% residuvrij) zijn op te stellen.



Figuur 1.1 Overzicht van systeemaanpak Meeldauw met daarin de vijf pijlers en de onderliggende bouwstenen.

Echte meeldauw is in de glastuinbouwsector nog steeds een groot probleem waarvoor een groot deel van de fungiciden wordt ingezet. De belangrijkste knelpuntgewassen zijn: roos, gerbera, tomaat, paprika, potplanten. Hiervan kunnen de jaarlijkse kosten van bestrijding in bloemisterijgewassen zoals snijroos oplopen tot 0,75-1,5 euro/m². Resistente rassen zijn niet beschikbaar. Alleen in de vruchtgroenten in het geval van komkommer zijn er partieel resistente rassen verkrijgbaar. Inzetten van chemische bestrijding wordt steeds lastiger onder meer door het wegvallen van middelen, resistentie, fytotoxiciteit, veiligheidstermijnen, MRL's, beperking van het spuitvolume, etc. Veel telers gebruiken op dit moment zwavel. Dit product is niet resistentiegevoelig en relatief milieuvriendelijk, maar er is op dit moment nog geen zekerheid of dit product voor de sector behouden blijft. Daarnaast wordt er soms een nadelige werking ondervonden bij de inzet van biologische bestrijders.

De afgelopen tien jaar is er gewerkt aan het ontwikkelen van alternatieve beheersingsmethoden die direct op de schimmel ingrijpen (Hofland-Zijlstra, 2010). Hierbij werd veelal gezocht naar een directe vervanging voor de bestaande chemische producten die doorgaans curatief worden ingezet. Dit zijn bijvoorbeeld diverse producten met een contactwerking zoals Enzicur (lactoperoxidase enzymen), Karma (bicarbonaat). De inzet van biologische antagonisten is tot nu toe weinig succesvol geweest. Producten met een oxidatieve werking zoals electrolysewater hebben een directe werking op meeldauwsporen (Hofland-Zijlstra *et al.* 2013), maar er is voorlopig nog geen zicht op toelating. Ingrijpen met licht, zoals UV-C werkt zeer effectief om sporen te doden (Hofland-Zijlstra *et al.* 2009). De grote beperking hiervan is dat het alleen werkt bij directe blootstelling (geen schaduwwerking). Voor vruchtgroentegewassen lijkt dit op korte termijn lastig te realiseren. Binnen de sierteelt vergt het per bedrijf technische optimalisatie van de apparatuur om een maximale indringing te bereiken. Op moment zijn er slechts een handvol bedrijven die ermee werken.

Middelen met een contactwerking hebben als nadeel dat ze veelal in een hoge frequentie (minimaal 1 x per week) moeten worden toegediend als spuitbehandeling en geen nawerking vertonen. Doordat meeldauw als biotrofe schimmel sterk reageert op de voedingscondities van zijn waardplant lijkt het meer perspectief te bieden om te zoeken naar alternatieven die op de plant ingrijpen, zodat curatief ingrijpen (bestrijden) minder vaak noodzakelijk is. In sommige gewassen (komkommer, roos, Saintpaulia) die goed in staat zijn silicium op te nemen kan silicium een goed ondersteunend product zijn, maar de resultaten zijn wel sterk cultivarafhankelijk en toepassing in de praktijk is nog beperkt door wisselende resultaten (Wubben *et al.* 2002). Ook eventuele nadelige beïnvloeding van de vruchtkwaliteit speelt een rol (bv. doffere kleur in komkommers). Fosfaat – en fosfietachtige producten staan eveneens sterk in de belangstelling, zeker nadat Aliette (een fungicide met als werkzame stof fosetyl-aluminium) verdwenen is.

In het rapport "Alternatieven voor de beheersing van echte meeldauw zonder pijpzwavel" (Hofland-Zijlstra, 2010) staat een uitgebreid overzicht van biestoffen die beschikbaar zijn in Nederland en waarvan een werking is te verwachten tegen meeldauw omdat ze plantsecundaire metabolieten zoals fytoalexinen activeren of de systemische weerstand (SAR) beïnvloeden waardoor planten sneller en sterker op een infectie kunnen reageren. Producten in deze categorie bevatten bijvoorbeeld bruinalgen, silicium, zeewieren, salicine, etc. Naar de werking van deze biestoffen is in relatie met plantgevoeligheid en meeldauw onder Nederlandse teeltcondities nauwelijks onderzoek gepubliceerd. Ook zijn commerciële producten met een gewasbeschermingsregistratie nog maar heel beperkt beschikbaar en toegelaten in een beperkt aantal gewassen. Hier ligt een duidelijke witte vlek in de kennis. Binnen het PT project Duurzame meeldauwbeheersing zijn een aantal producten onderzocht en getoetst op hun effectiviteit om de systemische afweer tegen meeldauw te kunnen activeren (Hofland-Zijlstra *et al.* 2016).

Toepassingen om gericht met licht op de plant in te grijpen worden nog maar beperkt ingezet. UV-C licht is daarvan de bekendste. Uit onderzoek zijn de eerste resultaten gekomen dat met rood licht gericht te sturen is op de productie van afweerstoffen tegen biotrofe schimmels in tomaat (Stevens *et al.* 2015).

De belangrijkste kennisvragen die binnen dit project beantwoordt worden zijn:

1. Er is dringend behoefte aan nieuwe kennis over effectieve interventies (bestaande en nieuwe) om het natuurlijk afweersysteem van het gewas zo goed mogelijk te benutten en indien nodig te verbeteren (weerbaar gewas) en in te passen in duurzame teeltsystemen. Op welke manier beïnvloeden de maatregelen uit Pijler 3 (klimaat, voeding) en 4 (weerbaar gewas) de gewasgevoeligheid voor meeldauw?

2. Welke kennis over kosteneffectiviteit (trade-off met productie of met andere ziekten) en plagen is er beschikbaar?
3. Er is bij teeltbedrijven in de glastuinbouwsector dringend behoefte aan de ontwikkeling van klimaatonafhankelijke, en betaalbare gewasindicatoren die een goede voorspelling geven van de gevoeligheid van het gewas (bijvoorbeeld van de overgang van de winter naar het voorjaar). Daarnaast willen producenten meer zicht op de bijdrage van een bepaalde beheersmaatregel aan het beheersen van infecties.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om nieuwe kennis te genereren over de effecten van bestaande interventies (klimaat) op het natuurlijk afweersysteem van het gewas tegen meeldauw. Daarnaast om vanuit de meest optimale uitgangspositie het afweersysteem te versterken met nieuwe interventies (substraat, groene producten). Tevens worden betrouwbare gewasindicatoren voor ziektegevoeligheid voor meeldauw getoetst zodat de meest efficiënte combinaties van maatregelen tegen meeldauw per bedrijfsstrategie zijn op te stellen (IPM, 100% residuvrij).

1.3 Aanpak

Binnen deze programmeringsstudie wordt er meer kennis ontwikkeld over de beïnvloeding van systemische afweerreacties in teelten onder glas en de bijdrage die dit levert aan de epidemiologische ontwikkeling van meeldauw in praktijkcondities. Veel kennis rondom afweerreacties is nu ontwikkeld in zeer gecontroleerde klimaatkastcondities, maar er is weinig over bekend hoe zich dat verhoudt tot een gewas dat blootgesteld worden aan diverse stressinvloeden van licht, teeltomstandigheden en klimaat. Voor het opzetten van proeven rondom de interactie tussen klimaatfactoren en de systemische afweer van planten tegen meeldauw is gezocht in artikelen die beschikbaar zijn op internet. Er is actief kennis uitgewisseld met wetenschappers op het gebied van plantenfysiologie van de Universiteit van Utrecht (Prof. R. Pierik) en Wageningen Universiteit (Prof. L. M. Marcelis). Hiermee loopt ook een samenwerkingsverband binnen een STW (Led it be 50%) en een NWO project (More rose for less). Deze informatie is gebruikt om kleinschalige proeven in klimaatkasten uit te voeren om de invloed van drie bestaande interventie maatregelen te testen (totale lichtsom, invloed CO₂ en RV).

In dit onderzoek is gestart met het genereren van nieuwe kennis over effecten van bestaande interventies op het natuurlijk afweersysteem van het gewas welke een rol speelt bij meeldauw (Pijler 3) en deze is getoetst in gecontroleerde klimaatkamers. Hiervoor is kennis verzameld uit literatuurstudies en wetenschappelijke artikelen om een betrouwbaar beeld te schetsen over de randvoorwaarden waarbinnen klimaat- en teeltmaatregelen optimaal kunnen bijdragen aan het natuurlijke afweersysteem van een gewas. Hierbij wordt niet alleen onderzocht wat het effect is op infectie, maar ook wordt plantmateriaal doorgemeten op potentiële weerbaarheidsindicatoren (afweereiwitten, plantsapanalyses, drogestofbepalingen van NPK), zodat objectief en kwantitatief te meten is hoe groot de invloed van de afzonderlijke parameters zijn op het ziekteproces.

1.4 Leeswijzer

In de volgende drie hoofdstukken worden de klimaatkasttesten met bestaande interventies met daglichtsom, CO₂ en relatieve luchtvochtigheid beschreven. Daarna volgt een discussie hoofdstuk en aanbevelingen om de conclusies te vertalen naar concrete beheersmaatregelen passend binnen de sierteelt- of de vruchtgroentesector. In de bijlagen wordt onder meer een nieuwe interventie beschreven met perspectief voor de glastuinbouw.

2 Invloed van licht

2.1 Achtergrond en doel

Meeldauw is een biotrofe schimmel die zijn levenscyclus alleen kan voltooien op een levende gastheer. Zodra de spore op het blad landt, vindt er binnen enkele uren aanhechting plaats en worden vervolgens structuren in het blad aangelegd om actief voedingsstoffen van zijn gastheer te onttrekken. Binnen 4-10 dagen (afhankelijk van de meeldauwsoort) zijn er nieuwe sporendragers gevormd die weer nieuwe sporen produceren. Bij vergevorderde infecties is dan ook een vergeling van bladeren te zien door het verdwijnen van bladgroen. Licht is een belangrijke factor in de aansturing van groei, ontwikkeling en stressresponsen van een plant. Het vormt een belangrijke bron van energie door het activeren van het fotosynthesep proces. Licht is bovendien een belangrijke regulator van de interactie tussen planten en ziekteverwekkers (Kangasjarvi *et al.* 2012; Karpinski *et al.* 2003). Drie processen lijken daarbij een belangrijke rol te spelen: 1. Invloed op algemene energiepeil van cellen (NADPH, ATP, koolstof ketens) om belagers te weren, 2. Invloed op zg. reactive oxygen species (ROS) in oa. chloroplasten (NADPH oxidasen), 3. Signalering via fotoreceptoren (phytochroom). De rol van de fotoreceptoren wordt steeds meer onderkend.

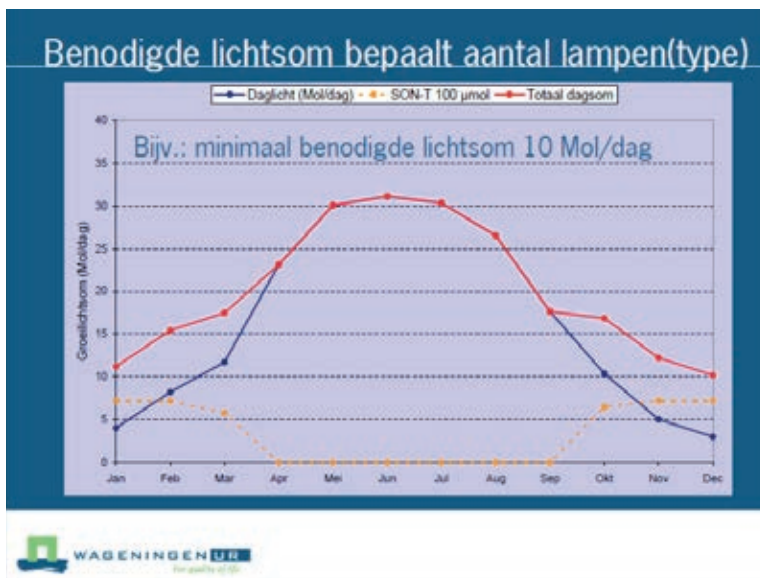
Het promotieonderzoek van Mieke de Wit (2012) laat duidelijk zien dat de activiteit van het phytochroom van belang is bij systemische afweerreacties tegen schimmels. Meer verrood in het lichtspectrum verhoogd de gevoeligheid voor meeldauw, doordat genen betrokken bij SAR responsen inactief raken. Doordat licht bij meerdere plantprocessen betrokken is, levert dit soms tegenstrijdige resultaten op. Het lijkt er namelijk ook op dat meeldauw bij voorkeur goed doorgroeit op planten die meer bladgroen produceren (meer rood licht ontvangen) en meer voedsel leveren voor het groei proces van de schimmel. In meerdere onderzoeken bij Wageningen UR Glastuinbouw werd een positieve relatie gevonden tussen de meeldauwontwikkeling en een hoge SPAD waarde na kunstmatige besmetting, terwijl de RV gelijk bleef tussen behandelingen (Hofland-Zijlstra *et al.* 2016).

Tegelijkertijd zijn sporen in de eerste fase van het kiemingsproces direct gevoelig voor licht (Suthaparan *et al.* 2012, Kanto *et al.* 2009). Bij blootstelling aan 20-22 uur licht ($50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) verminderde de ziektedruk in roos, zonder nadelig effecten op het vaasleven. Door de planten kunstmatig te besmetten en het infectieproces snel laten te verlopen is deze invloedsfactor echter goed te beperken. In dit onderzoek willen we gericht gaan kijken naar het effect van totale lichtsom op systemische afweerreacties in relatie tot de gevoeligheid voor meeldauw.

Doel van deze klimaatkastproef is om de invloed van de totale lichtsom op systemische afweer tegen meeldauw te testen in een vruchtgroente- en een sierteeltgewas. De invloed van lichtspectrum (R:FR) wordt specifiek binnen het project TKI Fysisch-chemische inductie (projectleider: Luc Stevens, PRI) onderzocht.

2.2 Uitvoering

In twee klimaatkasten (Bronson, PGC-1400) zijn als behandeling twee lichtniveaus ingesteld met een totale lichtsom van 8 of 16 mol/dag. Om meer gevoel te krijgen bij de totale lichtsom per dag is in Figuur 2.1 een gemiddeld seizoensverloop te zien met de gerealiseerde lichtniveaus. De vochtgehaltes, temperatuur en CO_2 worden gelijk gehouden (80% RV; 18°C). Als toetsplanten is, in overleg met de klankbordgroep, gekozen voor pottomaat en potgerbera. De pottomaat (Snackers) waren afkomstig van Plantenkwekerij VanderLugt en drie weken oud bij de inzet van de proef. De potgerbera (mix) waren 4 weken oud en afkomstig van de JHL group. Alle planten werden opgepot in Jiffy potgrond (tref flush fine 15% perliet). Naast besmette planten zijn ook onbesmette planten aangehouden. De planten werden 3 weken blootgesteld aan de lichtbehandeling totdat deze voldoende bladmateriaal gevormd hadden en daarna besmet met meeldauw ($1,2 \times 10^4$ sporen/ml). De meeldauw werd na 10-14 dagen beoordeeld.



Figuur 2.1 Dia over lichtsom uit een presentatie over 'Licht in en om de plant' van Tom Dueck (2008).

De behandelingen met licht werden uitgevoerd in een Bronson klimaatkast. Elke kast werd ingesteld op het gewenste lichtniveau (18 u licht: 6 u donker). In de kast werden de potgerbera's bovenin geplaatst en de pottomaten onderin. Dit betrof per lichtbehandeling 30 planten per gewas. Van elke behandeling werden 15 planten kunstmatig besmet met meeldauw en 15 bleven onbesmet (Tabel 2.1). De planten werden via eb-en vloed bewaterd.

Tabel 2.1

Overzicht van de lichtbehandelingen.

Behandeling	Infectie met meeldauw
8 mol/dag	onbesmet
8 mol/dag	besmet
16 mol/dag	onbesmet
16 mol/dag	besmet

De volgende metingen zijn uitgevoerd:

- Meeldauwontwikkeling is 10-14 dagen na infectie gescoord (12 planten per behandeling). Hiervoor is de Spencer index (1977) gebruikt (Tabel 2.2).

Tabel 2.2

Overzicht van de meeldauwscore op basis van de Spencer index en de bijbehorende bedekking van het bladoppervlakte.

Klasse	Bedekking bladoppervlak (%)
0	0
1	0-1
2	2-5
3	6-20
4	21-40
5	>40

- Bladgroen (SPAD).
- Verzamelen van bladmateriaal om de glucanase activiteit te meten. Dit zijn pathogeen gerelateerde eiwitten die een indicator zijn voor de mate van *systemic acquired resistance*, SAR optreedt na een infectie. Het verzamelen vindt plaats op twee tijdstippen: T0 = voor infectie; T1= 5 dagen na infectie. Per behandeling zijn drie individuele planten bemonsterd.
- Vers gewicht (g).
- Voedingsstatus (NPK).

In de klimaatkast met de verschillende lichtbehandelingen werd nog een extra proef uitgevoerd met losse tomatenbladeren om de directe werking van de totale lichtsom op de kieming van sporen te testen. Hiervoor werd van een aantal pottomaten (cv. Snacker) het 1^e en 2^e jongste volgroeide blad genomen. De losse bladdelen werden geplaatst in een petrischaal met wateragar (0,5%) en besmet met meeldauwsporen ($2 \cdot 10^5$ sporen/ml). Elke behandeling is in viervoud uitgevoerd. Een voorbehandeling waarbij de bladdelen vooraf werden ontsmet (0,5% hypochloriet), bleek niet noodzakelijk. De bladkwaliteit was zelfs beter zonder een desinfectiebehandeling.

Aanvullend is er ook gekeken naar de invloed van de leeftijd van de sporen. Hiervoor zijn zowel bladeren met jonge kolonies (10-14 dagen oud) als bladeren met oude kolonies (> 14 dagen oud) verzameld en daarvan zijn de sporen apart verwerkt (Figuur 2.2). Vervolgens zijn een paar druppels (0,1 ml) van de suspensie verdeeld over een petrischaal met 0,5% wateragar. De schalen zijn gedurende 24 uur weggezet in de uitbloeiruimte bij een constante temperatuur en lichtniveau (T=20°C, 12 uur licht, 12 uur donker). Een dag later werd het kiemingspercentage gescoord onder de microscoop.



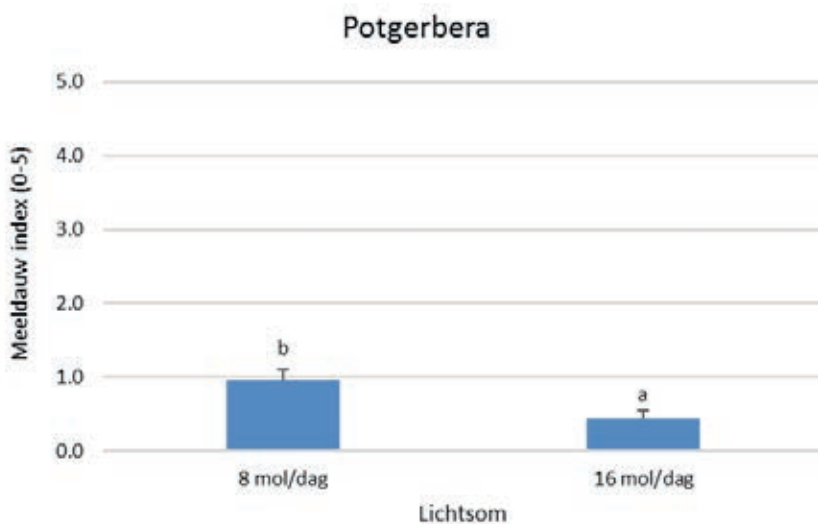
Figuur 2.2 Voorbeeld van bladeren zoals deze bedekt zijn met jonge kolonies van 14 dagen oud (foto links) en bladeren met oude kolonies ouder dan 14 dagen oud (foto rechts).

2.3 Resultaten

Bij de ontwikkeling van de gerberaplanten in het hoogste lichtniveau met 16 mol/dag werden de bladeren van een aantal planten paarskleurig. Bij het lagere lichtniveau trad dit minder op. Om deze reden werd besloten de proef opnieuw in te zetten en de temperatuur te verhogen van 18°C naar 20°C om de temperatuur/licht balans te verbeteren.

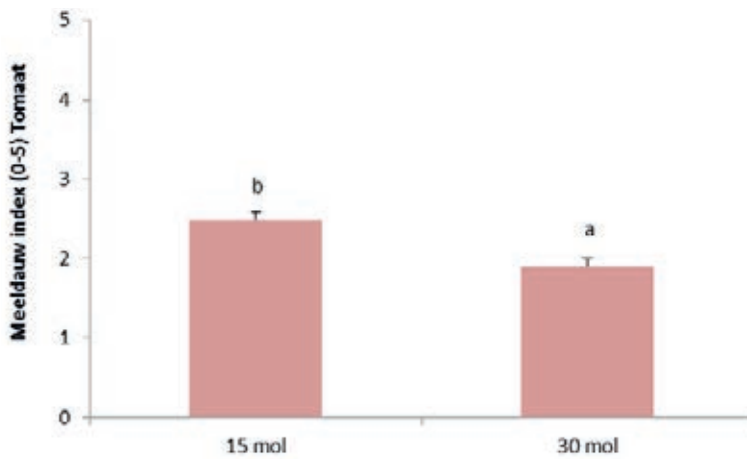
2.3.1 Meeldauwontwikkeling

Na 11 dagen is de meeldauw op de potgerbera bij een lichtsom van 16 mol per dag minder goed ontwikkeld dan bij de lagere lichtsom (Figuur 2.3). De planten die onder lichtarmere condities groeiden, lijken gevoeliger voor meeldauwinfectie geworden. Bij de meeldauwontwikkeling valt in het algemeen op dat de meeldauw op de gerberaplanten minder snel het hele bladoppervlak koloniseert dan bij de tomatenplanten. Het kostte bij aanvang van de proef dan ook meer moeite om voldoende sporen tot ontwikkeling te laten komen in de meeldauwkweek met de gerberaplanten. Om de kweek weer goed op gang te krijgen, is vers bladmateriaal uit de praktijk gehaald.



Figuur 2.3 Gemiddelde meeldauw infectie (index 0-5) in potgerbera op 11 dagen na infectie in een klimaatkast met 8 of 16 mol lichtsom per dag. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

Bij de pottomaten verloopt de kweek van sporen altijd zeer vlot. Nadat de planten per ongeluk niet via het eb- en vloedstelsel, maar van bovenaf waren bewaterd, resulteerde dat binnen enkele dagen in een zeer sterke, uniforme infectie bij beide lichtbehandelingen. Hierdoor was het niet meer mogelijk om de proef voort te zetten in de klimaatkast. Door de hoge mate van infectie, was er geen behandelings-effect meer meetbaar. In het najaar was een echter een kasproef gepland voor proeven met Botrytis met eveneens verschillende lichtbehandelingen en dezelfde pottomaat als toetsgewas. Ook in deze proef was de infectie met meeldauw bij de lagere lichtconditie (15 mol) hoger dan bij de hogere lichtconditie (30 mol), zie Figuur 2.4. De resultaten zijn na te lezen in het rapport Duurzame teeltstrategie Botrytis, GTB-1442 (Hofland-Zijlstra *et al.* 2017).

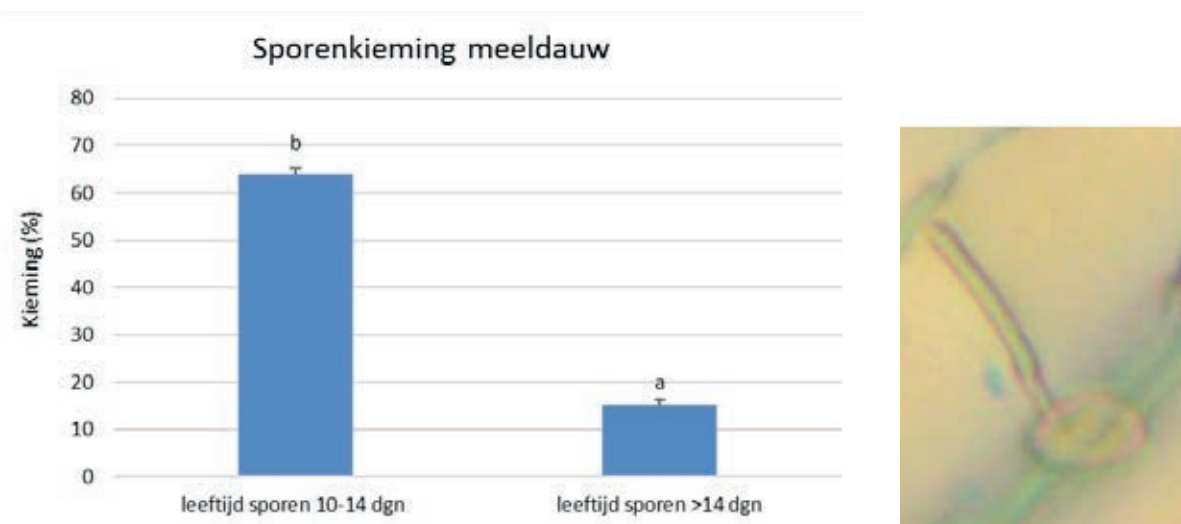


Figuur 2.4 Invloed van totale lichtsom (mol/dag) op de ontwikkeling van meeldauw in pottomaat 14 dagen na infectie. De kolommen geven de gemiddelde waarden aan met daarop de standaardfout. Verschillende letters geven significante verschillen tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0.05$).

De sporen die op losse bladeren waren gezet van tomatenplanten van dezelfde leeftijd en daarna verdeeld waren over de lichtbehandeling met 8 en 16 mol waren 100% in staat om te kiemen. Kennelijk heeft de lichtintensiteit geen direct effect op de infectie eigenschappen van de sporen.

Bij het bespuiten van het blad met een sporensuspensie blijven er druppels achter op het blad die niet meteen opdrogen. Ondanks dat de meeste meeldauwsporen gevoelig zijn water, lijkt dit niet van invloed op de kieming van sporen die op tomatenblad voorkomen.

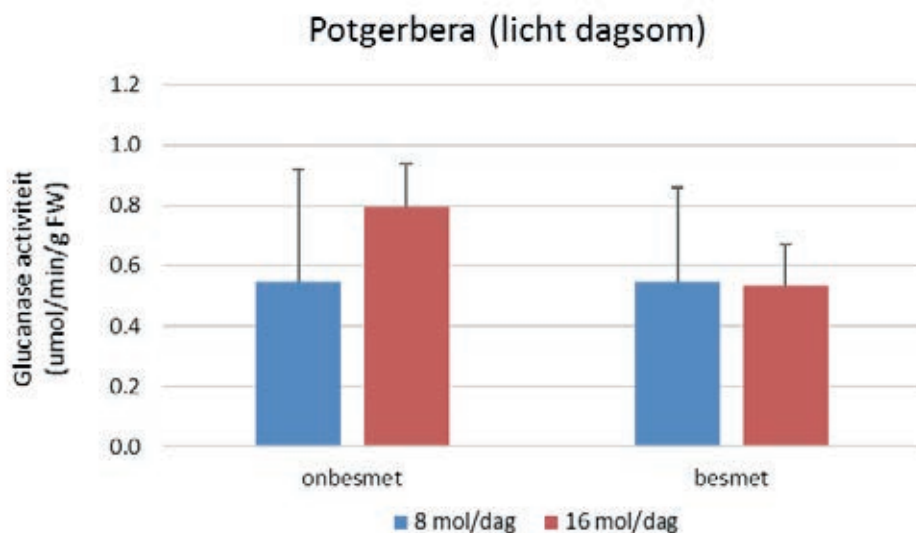
Aanvullend is er ook gekeken naar de invloed van de leeftijd van de sporen. Als voor verzameling van een sporensuspensie bladeren worden verzameld waarop na 10-14 dagen de eerste vlekken net zichtbaar zijn (tot 5 mm), dan zijn deze sporen veel kiemkrachtiger dan sporen die verzameld zijn van bladeren met oudere vlekken van meer dan twee weken (Figuur 2.5). Dit bevestigt dat sporen snel hun kiemkracht verliezen en dat na 3 weken de meeste niet meer in staat zijn om te kiemen en een plant te infecteren. Kortom, zodra een waardplant niet meer aanwezig is, sterven de sporen snel uit.



Figuur 2.5 Gemiddeld kiemingspercentage (%) van meeldauwsporen. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$). Foto rechts laat een meeldauw spore zien met uitgroei van een kiembuis (eerste schimmeldraad) zoals deze onder de microscoop zichtbaar is na 100x vergroting.

2.3.2 Afweereiwitten

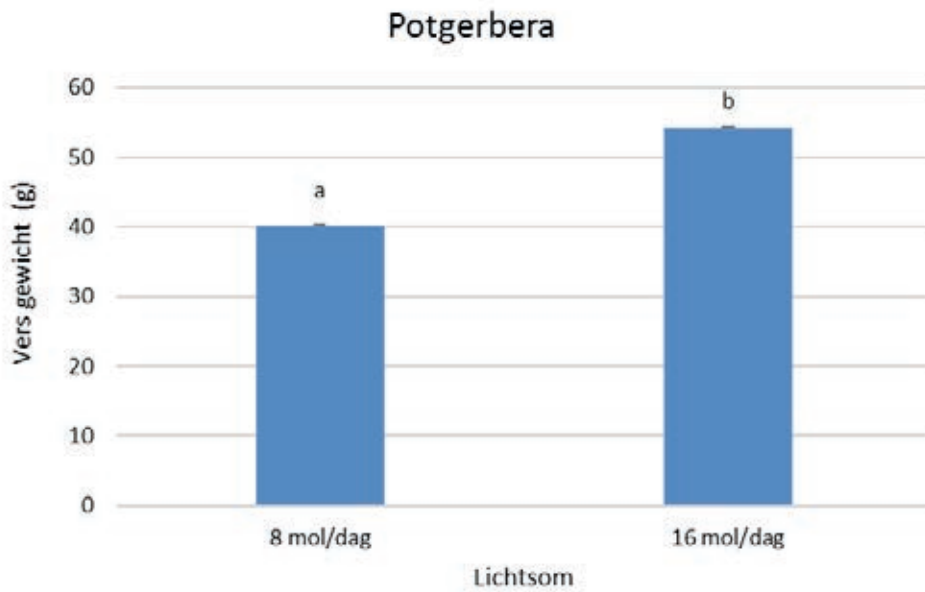
In de bladmonsters van gerbera is geen verschil aangetroffen in glucanase activiteit tussen de verschillende lichtbehandelingen (Figuur 2.6). Ook in de lichtproef die later in het seizoen in een gewone kas werd uitgevoerd met Petunia, potgerbera en pottomaat, werd in alle drie de pilotgewassen eveneens geen verschil in glucanase activiteit gemeten (zie Bijlage 1). Alleen na behandeling met een synthetische elicitor, INA was er een verhoging in de afweereiwitten meetbaar. Dit is een bevestiging van de resultaten zoals deze nu behaald zijn in een klimaatkast.



Figuur 2.6 Gemiddelde glucanase activiteit ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g FW}$) in potgerbera in een klimaatkast met 8 of 16 mol lichtsom per dag. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Er zijn geen significante verschillen tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

2.3.3 Vers gewicht

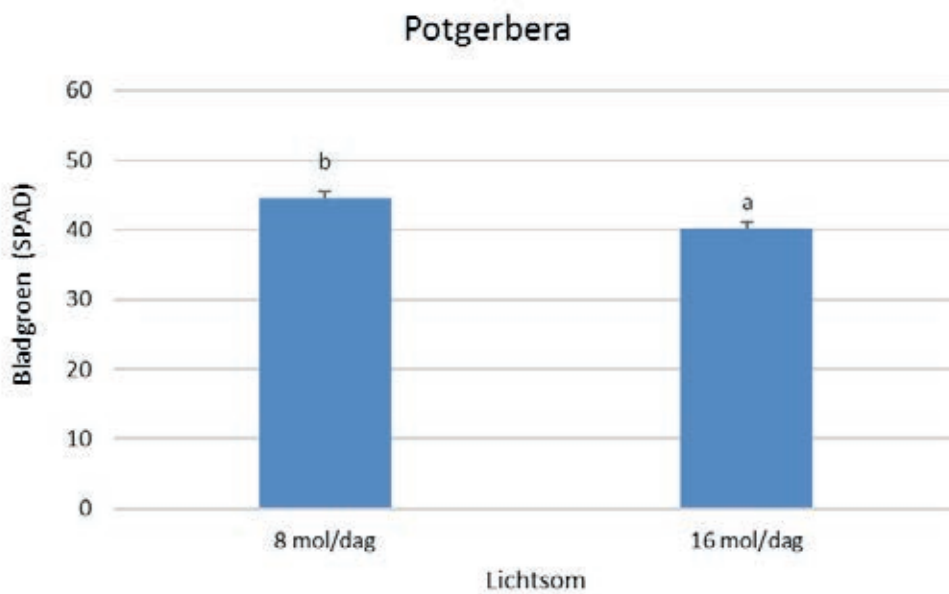
Bij het oogsten van de bovengrondse biomassa na 10 weken zijn de gerberaplanten in de hoge lichtconditie 35% zwaarder in vergelijking met de planten die opgekweekt zijn onder lagere lichtconditie (Figuur 2.7).



Figuur 2.7 Gemiddeld vers gewicht (g) bij de oogst van potgerbera in een klimaatkast met 8 of 16 mol lichtsom per dag. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

2.3.4 Bladgroen en nutriënten

Bij het hogere lichtniveau wordt de kleur van de gerberabladeren lichter en is de bladgroenwaarde, die gemeten wordt met een SPAD meter, lager ten opzichte van de planten die bij 8 mol/dag zijn opgekweekt (Figuur 2.8).



Figuur 2.8 Gemiddelde bladgroenwaarde (SPAD) bij de oogst van potgerbera in een klimaatkast met 8 of 16 mol lichtsom per dag. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

Tabel 2.3 laat zien dat naast de bladgroenwaarde ook de concentratie van de voedingsstoffen zijn veranderd onder invloed van de verschillende lichtniveaus. Aan het einde van de proef is het bladmateriaal gedroogd en opgestuurd voor analyse. Bij meer licht liggen de concentraties van natrium en borium meer dan 10% hoger en de kalium, fosfaat, ijzer en mangaan meer dan 10% lager in vergelijking met de planten die met minder licht zijn opgekweekt.

Tabel 2.3

Overzicht van bladanalyse in potgerbera tussen de planten uit het belichtingsniveaus met 8 of 16 mol stralingsom per dag.

		KK2 8 mol/dag	KK1 16 mol/dag	afwijking (%)
DS	[%]	10	13	30
K	[mmol/kg ds]	1646	1319	-20
Na	[mmol/kg ds]	< 10	13.3	33
Ca	[mmol/kg ds]	342	360	5
Mg	[mmol/kg ds]	205	208	1
N-tot	[mmol/kg ds]	2844	2662	-6
P-tot	[mmol/kg ds]	256	151	-41
Fe	[mmol/kg ds]	1.5	1.2	-20
Mn	[mmol/kg ds]	2.6	1.9	-27
Zn	[mmol/kg ds]	0.46	0.49	7
B	[mmol/kg ds]	2.9	3.6	24
Mo	[µmol/kg ds]	< 10	< 10	1
Cu	[µmol/kg ds]	57.2	58.1	2

2.4 Conclusie

De hoeveelheid lichtsom per dag lijkt niet van invloed op de aanmaak van natuurlijke afweereiwitten in potgerbera. Eerder gepubliceerde praktijkproeven met pottomaat en Petunia bevestigen deze waarneming, zelfs onder standaard kascondities met invloed van natuurlijk daglicht. Grote veranderingen zijn echter wel meetbaar in de bladsamenstelling, bladgroenwaarde en vers gewicht.

3 Invloed van CO₂

3.1 Achtergrond en doel

In het eerder verschenen rapport Risicobeperking van ziekten en plagen bij energiezuinige maatregelen is een uitvoerige literatuurstudie gedaan naar de invloed van CO₂ niveaus op de ziekten- en plagenontwikkeling (Hofland-Zijlstra *et al.* 2012). Het directe effect op schimmels is gering, maar er zijn sterke indirecte effecten mogelijk door een verandering van de plantkwaliteit. Factoren die worden beïnvloed zijn ondermeer: C:N ratio, secundaire plantmetabolieten (fenolen, flavanoiden en tannines) en de activiteit van huidmondjes en planthormonen. Recent onderzoek laat zien dat de invloed van CO₂ op induceerbare afweerreacties via de salicylzuur- (SAR) en jasmonzuurroute (ISR) een belangrijke rol speelt in de verklaring van ziekteontwikkeling (Zhang *et al.* 2015). Chinese onderzoekers (Guo *et al.* 2012) lieten voor het eerst zien dat verhoogde CO₂ niveaus de resistentie en tolerantie tegen de rups, *Helicoverpa armigera* verlaagd door onderdrukking van de jasmonzuurroute in tomaat (Tabel 1.1). Hetzelfde verdedigingsmechanisme worden ingezet tegen nectrotrofe schimmels zoals *Botrytis* (Méndez-Bravo *et al.* 2011). Dezelfde onderzoeker vond eveneens dat in tomaat verhoogde CO₂ niveaus een sterkere activiteit gaf van de salicylzuurroute. Daarmee lijkt het aannemelijk dat CO₂ niveaus ook doorwerken op de gevoeligheid voor meeldauw. In de gewassen gerst en komkommer is wel gericht gekeken naar de effecten op meeldauwontwikkeling en die lijkt bij verhoogde CO₂ niveaus toe te nemen. Er is echter niet gemeten aan gehalten van planthormonen.

Tabel 3.1

Overzicht van invloed CO₂ op planthormonen (*Guo *et al.* 2012, ** Zhang *et al.* 2015, *** Itagaki *et al.* 2015, Mikkelsen *et al.* 2015).

Invloed CO ₂ op planthormonen	Afweer nectrotroof (JA/ET)	Afweer biotroof (SAR)
Verhoogde CO ₂ (750 ppm)	Verlaagd, meer <i>Botrytis</i> infectie*	Verhoogd, minder TMV, <i>Ps. Syringae</i> ** minder meeldauw infectie?***
Standaard CO ₂ (350 ppm)	Verhoogd, minder <i>Botrytis</i> infectie	Verlaagd, meer meeldauw infectie?

Doel van dit onderzoek is om te testen of een verhoogde CO₂ dosering de systemische afweer (SAR) tegen biotrofe schimmels versterkt en daarmee bijdraagt aan vermindering van meeldauwgevoeligheid in een vruchtgroente- en sierteeltgewas.

3.2 Uitvoering

De behandelingen met CO₂ werden uitgevoerd met dezelfde toetsgewassen als in de lichtproef en in dezelfde Bronson klimaatkasten. Elke kast werd ingesteld op de gewenste dosering met 400 of 900 ppm CO₂. Het lichtniveau, temperatuur en vochtgehalte werd in beide klimaatkasten gelijk gehouden. Licht werd ingesteld op 8 mmol/dag (18 u licht: 6 u donker), temperatuur op 20°C en relatieve luchtvochtigheid op 80%. In de kast werden de potgerbera's bovenin geplaatst en de pottomaten onderin. Dit betrof per lichtbehandeling 30 planten per gewas. Van elke behandeling werden 15 kunstmatig besmet met meeldauw en 15 bleven onbesmet (Tabel 3.1). De planten werden via eb-en vloed bewaterd. De planten zijn 2-3 weken blootgesteld aan de CO₂ behandeling en daarna besmet met meeldauw (1x10⁵ sporen/ml). De meeldauw is na 10-14 dagen beoordeeld op drie volgroeide bladeren per plant. Het eerste blad was gerekend vanaf de onderkant.

Tabel 3.2

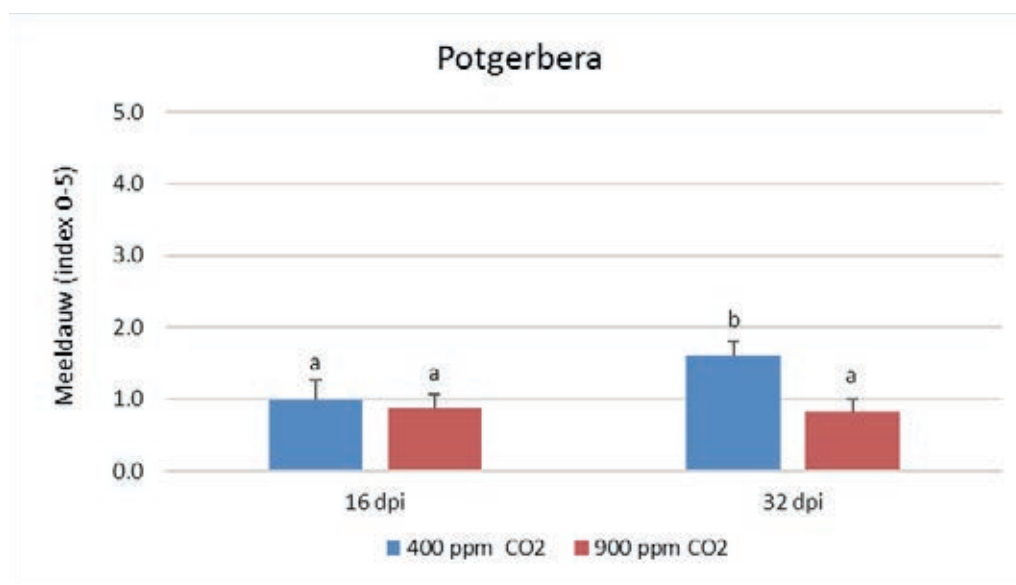
Overzicht van de behandelingen met CO₂ en de besmetting met meeldauw.

Behandeling CO ₂	Infectie met meeldauw
400 ppm	onbesmet
400 ppm	besmet
900 ppm	onbesmet
900 ppm	besmet

3.3 Resultaten

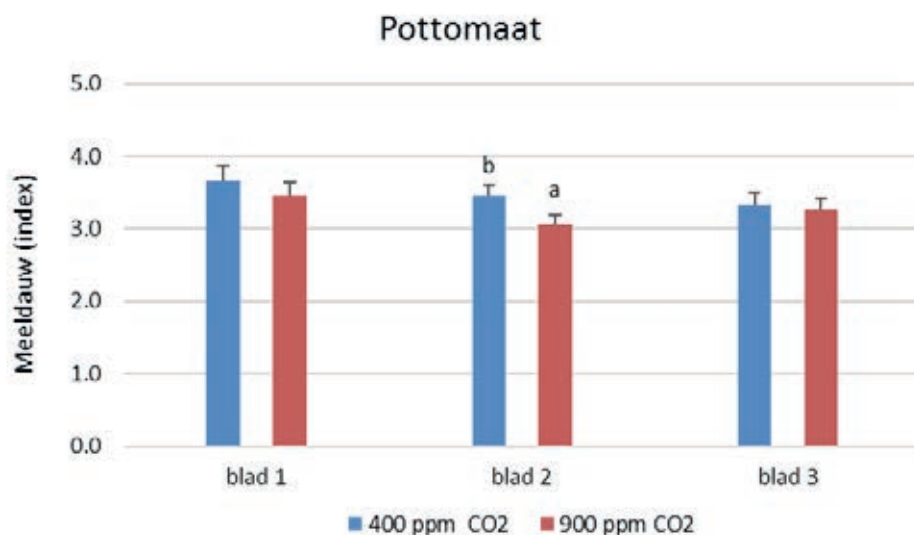
3.3.1 Meeldauw ontwikkeling

In de potgerbera komt de eerste infectie opnieuw moeizaam op gang. Bij de eerste telling op 16 dagen na de infectie is er geen verschil meetbaar tussen de beide CO₂ behandelingen (Figuur 3.1). Om de meeldauw de kans te geven zich verder te ontwikkelen is opnieuw een telling uitgevoerd op 32 dagen na de infectie. Dan is er bij het standaard niveau met 400 ppm een lichte toename in het aantal witte vlekken op een blad ten opzichte van de behandeling met 900 ppm. Hierdoor lijkt de ontwikkeling van meeldauw bij de hoogste dosering toch iets te worden geremd.



Figuur 3.1 Gemiddelde meeldauw infectie (index 0-5) in potgerbera in een klimaatkast met 400 of 900 ppm CO₂ op 16 en 32 dagen na infectie. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

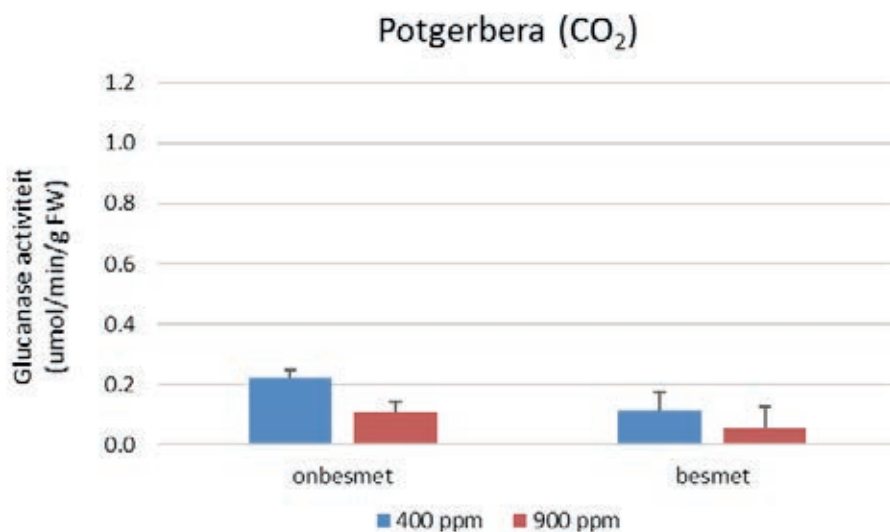
In de pottomaten is het algehele niveau van infectie met 20-40% bladbedekking opnieuw veel hoger dan bij de potgerbera's waar slechts enkele procenten bladbedekking wordt gescoord. Als het gemiddelde van alle drie de waargenomen bladeren wordt genomen dan is er geen verschil meetbaar tussen de CO₂ behandelingen. Wanneer het infectieniveau per blad afzonderlijk wordt geanalyseerd, dan valt wel op dat het tweede blad (evenals de eerste) bij een hoge CO₂ dosering eveneens een lagere meeldauwaantasting laat zien (Figuur 3.2). Dit volgt dezelfde trend zoals die ook in potgerbera zichtbaar is, maar dan na een langere periode van infectie.



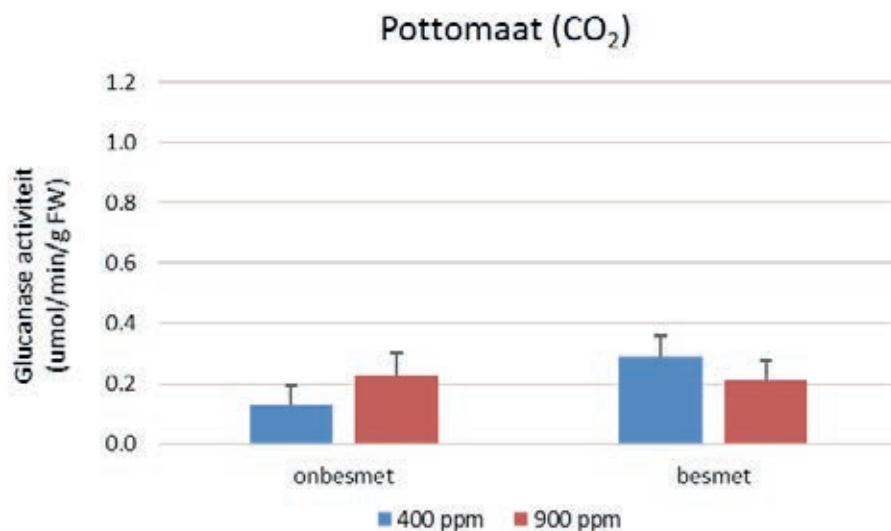
Figuur 3.2 Gemiddelde meeldauw infectie (index 0-5) in pottomaat op het 1e, 2^e en 3^e blad in een klimaatkast met 400 of 900 ppm CO₂. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

3.3.2 Afweereiwitten

In beide toetsgewassen wordt de activiteit van afweereiwitten bij 900 ppm CO₂ dosering niet verhoogd ten opzichte van de standaarddosering (Figuur 3.3 en 3.4). Er lijkt eerder een tendens naar een verlaagde activiteit op te treden. Verder is er geen significant verschil te vinden tussen planten die wel of niet besmet zijn.



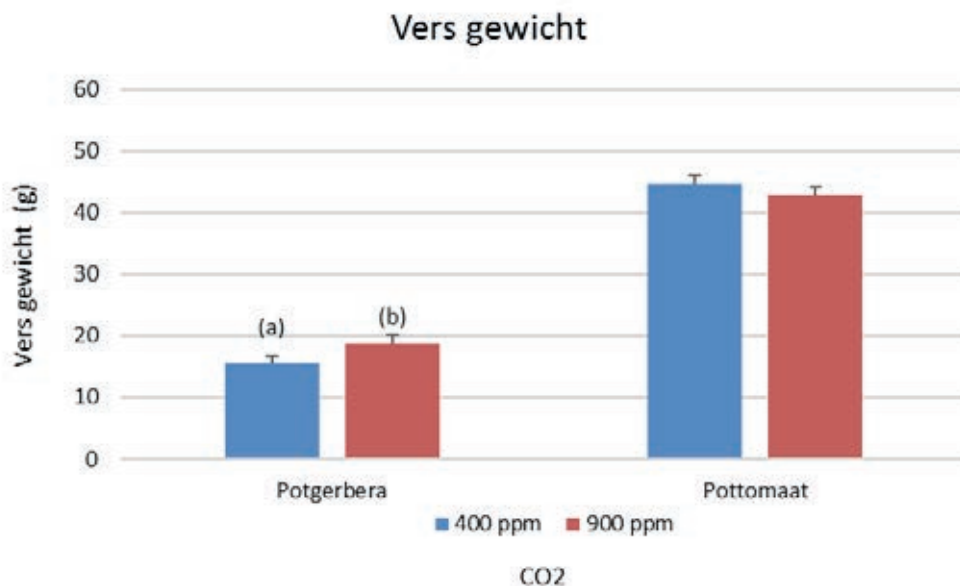
Figuur 3.3 Gemiddelde glucanase activiteit (umol/min/g FW) in potgerbera in een klimaatkast met 400 of 900 ppm CO₂. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Er zijn geen significante verschillen tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).



Figuur 3.4 Gemiddelde glucanase activiteit (umol/min/g FW) in pottomaat in een klimaatkast met 400 of 900 ppm CO₂. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Er zijn geen significante verschillen tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

3.3.3 Vers gewicht

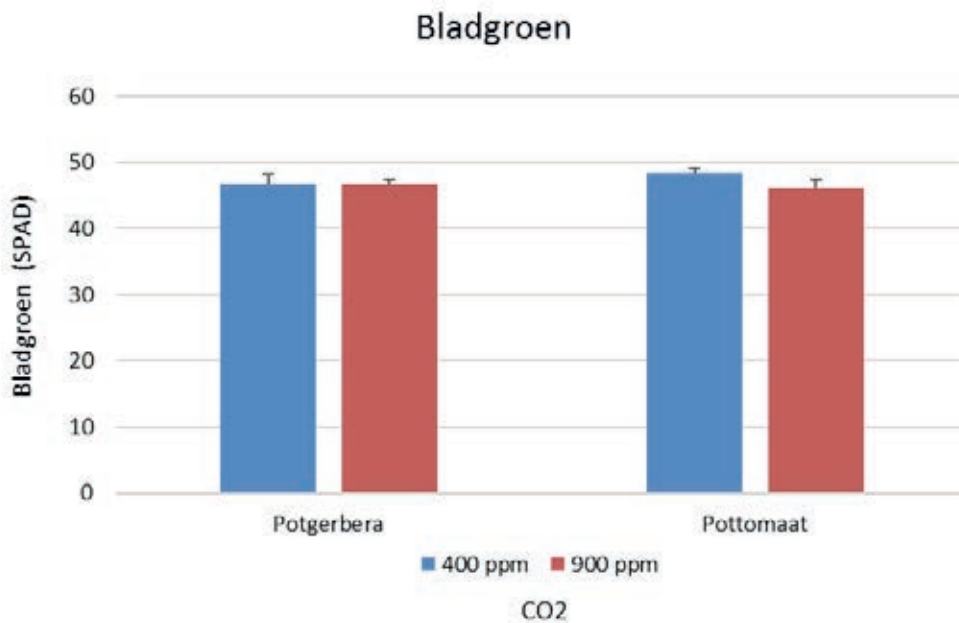
Het vers gewicht neemt alleen in de potgerbera iets toe na een behandeling met 900 ppm CO₂ (Figuur 3.5). Bij de pottomaaten blijft dit positieve effect op de groei uit.



Figuur 3.5 Gemiddeld vers gewicht (g) in potgerbera en pottomaat in een klimaatkast met 400 of 900 ppm CO₂. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

3.3.4 Bladgroen en nutriënten

De CO₂ behandeling heeft geen invloed op het bladgroen van de planten en de gemeten SPAD waarden zijn in beide gewassen dan ook niet verschillend van elkaar (Figuur 3.6). Doordat het plantmateriaal geen duidelijke behandelingseffecten had op het vers gewicht en bladgroen, is het niet opgestuurd voor verdere analyse op voedingsstoffen.



Figuur 3.6 Gemiddelde bladgroenwaarde (SPAD) in potgerbera en pottomaat in een klimaatkast met 400 of 900 ppm CO₂. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

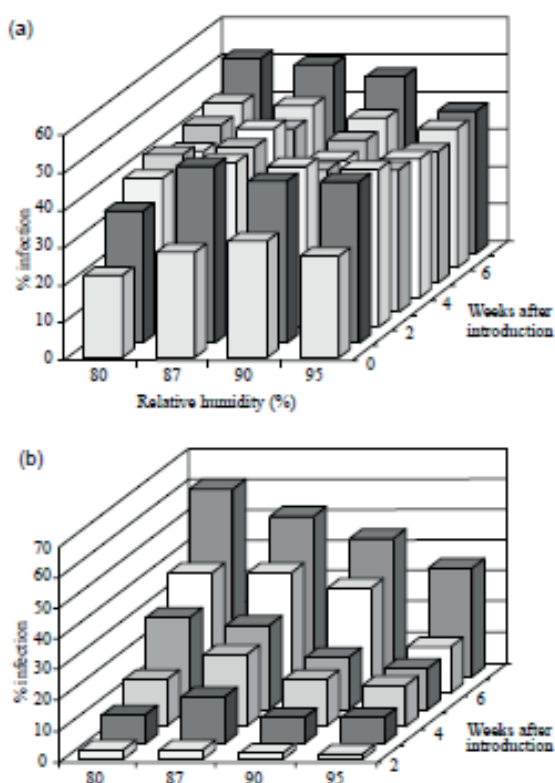
3.4 Conclusie

Een verhoogde CO₂ dosering met 900 ppm lijkt geen directe invloed te hebben op het eerste ontwikkelingsstadium van kiemende sporen als ze de plant infecteren, maar na een aantal weken wordt de vorming van witte vlekken wel geremd ten opzichte van de standaard dosering met 400 ppm. Deze bevinding komt overeen met de eerder gepubliceerde artikelen van Itagaki *et al.* 2015, Mikkelsen *et al.* 2015. De invloed van CO₂ op de systemische afweer is echter nog niet duidelijk. Een verhoogde CO₂ dosering draagt in elk geval niet bij aan een verhoogde activiteit van de systemische afweer (SAR) tegen biotrofe schimmels. In deze kleinschalige test met pottomaat en potgerbera, lijkt het daarentegen eerder af te nemen. Vanwege de geringe verschillen zou een test met meer planten nodig zijn om hier een betere uitspraak over te kunnen doen.

4 Invloed van relatieve luchtvochtigheid

4.1 Achtergrond en doel

Vocht speelt een belangrijke rol bij het infectieproces en in het verspreidingsproces van meeldauw. Dit kan per meeldauwsoort verschillend zijn, omdat niet alle soorten gelijk reageren op vocht uit de omgeving (zie refs in Hofland-Zijlstra 2010). Doorgaans zijn hoge luchtvochtigheden (> 90%) nodig om het proces van infectie efficiënt te laten verlopen. De sporen kunnen ook bij lagere luchtvochtigheden kiemen (vanaf RV 60%), maar dan verloopt het infectieproces trager (zie Figuur 4.1).



Figuur 4.1 Ontwikkeling van echte meeldauw in tomaat in een kas onder 4 verschillende relatieve luchtvochtigheidscondities op zowel besmette (a) als onbesmette planten (b). Significante effecten werden gevonden 5-7 weken na infectie (Whipps & Budge, 2000)

De meeste meeldauwsporen zijn gevoelig voor te lange blootstelling aan verzadigde vochniveaus. Een waterbehandeling geeft vaak al een goede onderdrukking van de symptomen, maar is in de praktijk niet uitvoerbaar omdat de gewaskwaliteit achteruit gaat. In welke mate een hoge luchtvochtigheid van invloed is op de systemische afweerrespons tegen biotrofe schimmels is nog niet goed onderzocht. In 2011 heeft binnen het onderzoek van Kas als Energiebron een eerste oriënterende proef gelopen waarbij pottomaten in klimaatkasten waren weggezet bij relatieve luchtvochtigheden van 70 en 90% (Hofland-Zijlstra *et al.* 2012). Bij hogere RV's (lager vochtdeficit) leek de glucanase activiteit lager te zijn ten opzichte van planten die bij lagere RV's (hoger vochtdeficit) waren opgekweekt. In deze proef was echter niet gekeken naar de meeldauwontwikkeling.

Doel van dit onderzoek is om de invloed van een hoge relatieve luchtvochtigheid te testen op de systemische afweer (SAR) tegen biotrofe schimmels en gevoeligheid voor meeldauw in een vruchtgroente- en sierteeltgewas.

4.2 Uitvoering

De behandelingen met relatieve luchtvochtigheid werden uitgevoerd met dezelfde toetsgewassen als in de licht- en de CO₂ proef en in dezelfde Bronson klimaatkasten. Elke kast werd ingesteld op de gewenste dosering met 70 of 90% RV. Hierbij is het absoluut vochtgehalte die de lucht nog kan bevatten voordat deze verzadigd raakt resp: 4,0 en 1,5 g/m³ bij 18°C). Het lichtniveau, temperatuur en CO₂ werd in beide klimaatkasten gelijk gehouden. Licht werd ingesteld op 8 mmol/dag (18 u licht: 6 u donker), temperatuur op 20°C en CO₂ op 400 ppm. In de kast werden de potgerbera's bovenin geplaatst en de pottomaten onderin. Dit betrof per behandeling 30 planten per gewas. Van elke behandeling werden 15 kunstmatig besmet met meeldauw en 15 bleven onbesmet (Tabel 3.1). De planten werden via eb-en vloed bewaterd. De planten zijn 2-3 weken blootgesteld aan de RV behandeling en werden daarna besmet met meeldauw (1x10⁵ sporen/ml). De meeldauw is na 10-14 dagen beoordeeld.

Tabel 4.1

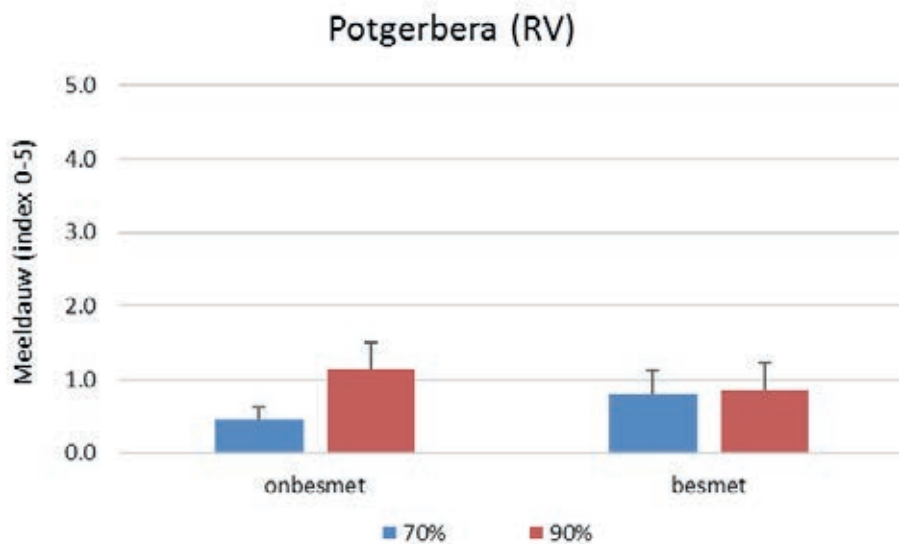
Overzicht van de behandelingen met relatieve luchtvochtigheid en de besmetting met meeldauw.

Behandeling RV	Infectie met meeldauw
70 %	onbesmet
70 %	besmet
90 %	onbesmet
90 %	besmet

4.3 Resultaten

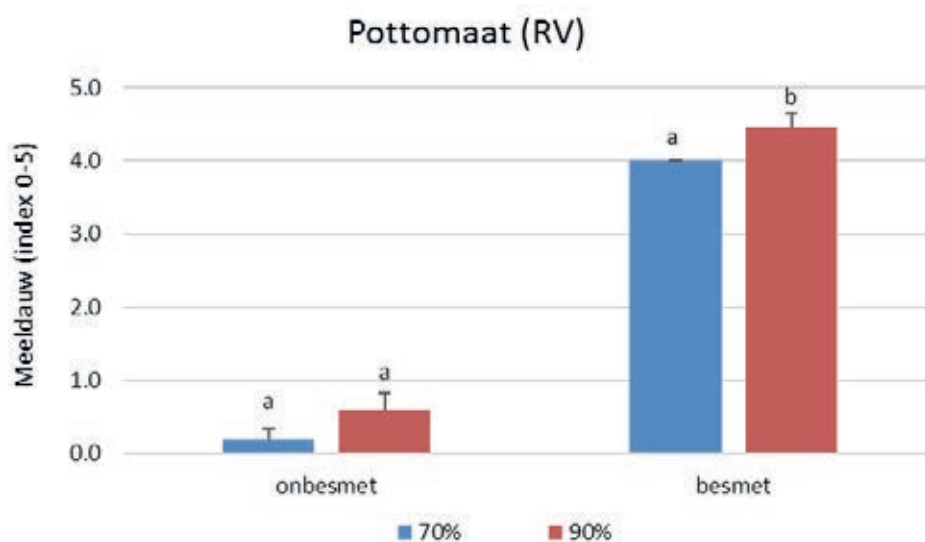
4.3.1 Meeldauw ontwikkeling

Opnieuw valt het op dat de ontwikkeling van de infectie in de potgerbera niet snel verloopt. Op de bladeren zijn na 14 dagen hooguit een paar witte plekje's zichtbaar. De kunstmatig aangebrachte sporen lijken nauwelijks aan te slaan en er is geen verschil in het aantastingsniveau bij 70 of 90% relatieve luchtvochtigheid (Figuur 4.2). Opvallend is dat bij de onbesmette bladeren het aantastingsniveau wel lijkt toe te nemen bij 90%, maar dit is geen significant verschil. Wellicht reageren schimmeldraden die zich al in het blad bevinden anders dan de sporen zelf en zijn jonge meeldauwsporen van gerbera gevoeliger voor de osmotische druk van water in de sporensuspensie waarmee de sporen worden aangebracht op de planten.



Figuur 4.2 Gemiddelde meeldauw infectie (index 0-5) in potgerbera in een klimaatkast met 70% of 90% relatieve luchtvochtigheid. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

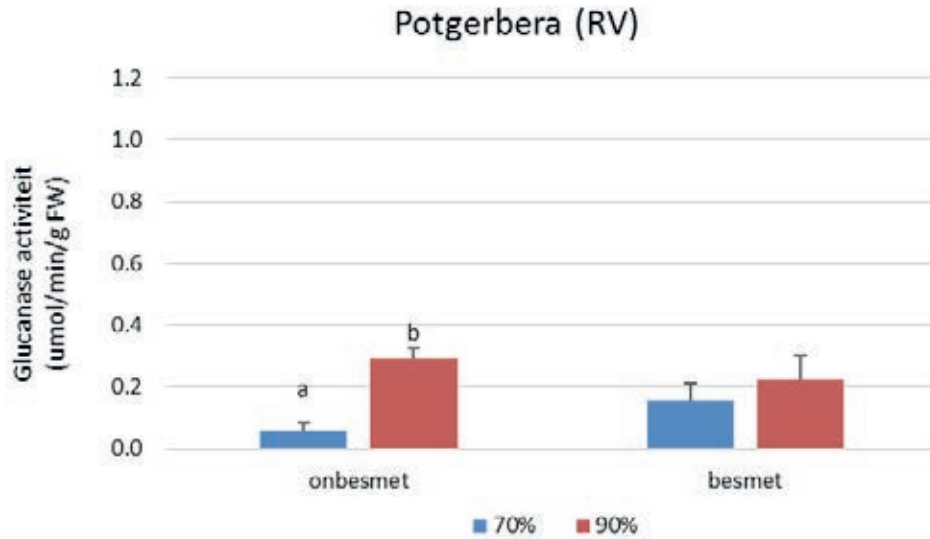
Het verloop van de meeldauwontwikkeling in pottomaat verloopt daarentegen helemaal volgens de verwachting (Figuur 4.3). Bij de onbesmette planten blijft de aantasting zeer gering tot hooguit enkele vlekken per blad en bij de besmette planten zijn de bladeren binnen 11 dagen voor meer dan 20-40% bedekt met witte vlekken. De grafiek laat goed zien dat een relatieve lage luchtvochtigheid van 70% de meeste sporen al voldoende vocht geeft om te kiemen. Bij een verhoging naar 90% wordt dit proces nog verder aangejaagd, maar het verschil tussen beide behandelingen is gering als de sporen eenmaal op het gewas aanwezig zijn. Net zoals in de potgerbera is ook hier in de pottomaat de tendens te zien dat de meeldauw die zich al eerder op de onbesmette planten bevond, sneller ontwikkelt bij een hogere relatieve luchtvochtigheid.



Figuur 4.3 Gemiddelde meeldauw infectie (index 0-5) in pottomaat in een klimaatkast met 70% of 90% relatieve luchtvochtigheid. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

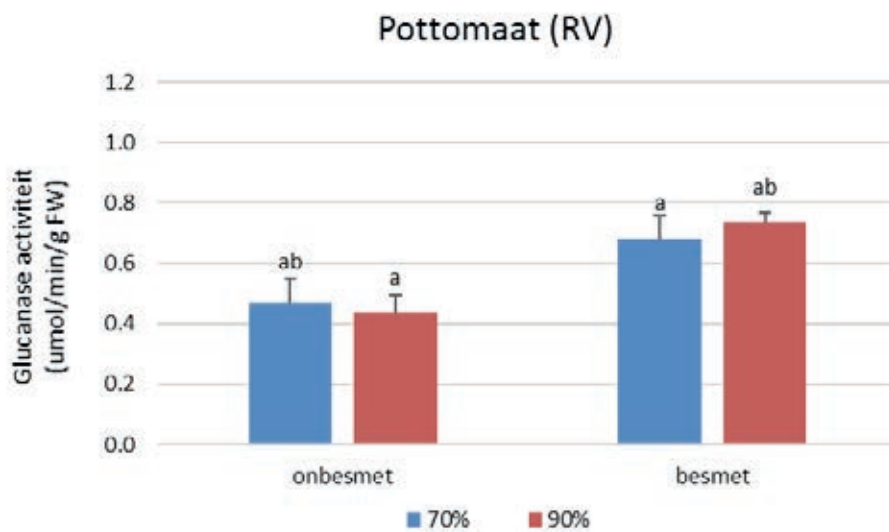
4.3.2 Afweereiwitten

In de potgerbera vertoont het bladmateriaal bij de opkweek onder 90% relatieve luchtvochtigheid een significant verhoogd niveau van afweereiwitten (Figuur 4.4). Er is geen meetbaar effect van besmetting gevonden.



Figuur 4.4 Gemiddelde glucanase activiteit (umol/min/g FW) in potgerbera in een klimaatkast met 70% of 90% relatieve luchtvochtigheid. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Er zijn geen significante verschillen tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

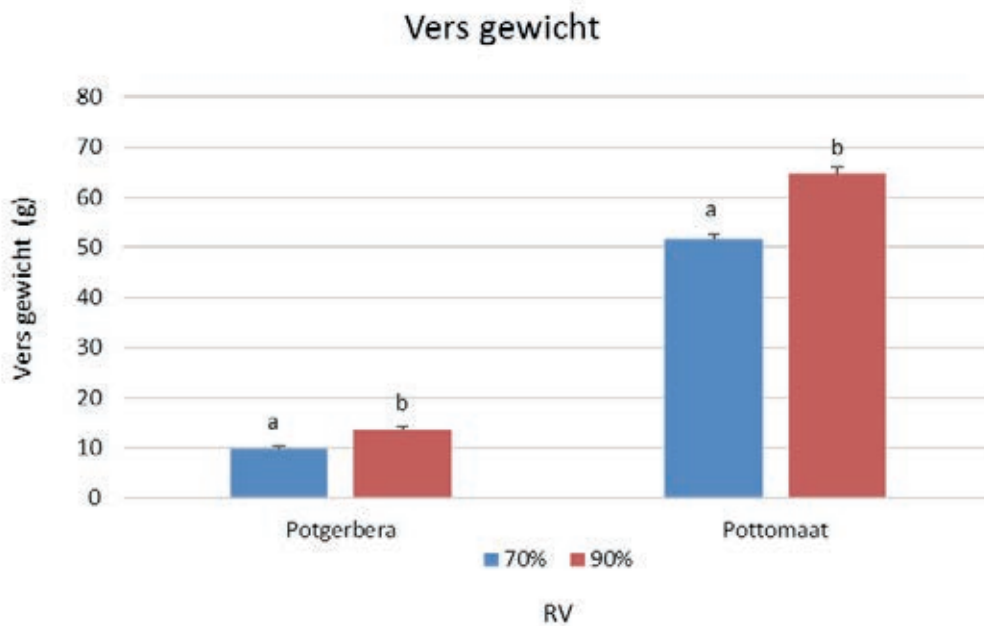
Bij de pottomaaten zijn ondanks de grote effecten op meeldauwontwikkeling, geen effecten gevonden van de relatieve luchtvochtigheid op de afweereiwitten. Echter het effect van infectie was dit keer wel significant aanwezig ($P < 0,01$). Bij een luchtvochtigheid van 70% ligt bij de besmette planten de glucanase waarde wel iets hoger in vergelijking met onbesmette planten. Deze tendens komt overeen met de behandeling van 400 ppm CO_2 (Figuur 3.4).



Figuur 4.5 Gemiddelde glucanase activiteit (umol/min/g FW) in pottomaat in een klimaatkast met 70% of 90% relatieve luchtvochtigheid. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Er zijn geen significante verschillen tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

4.3.3 Vers gewicht

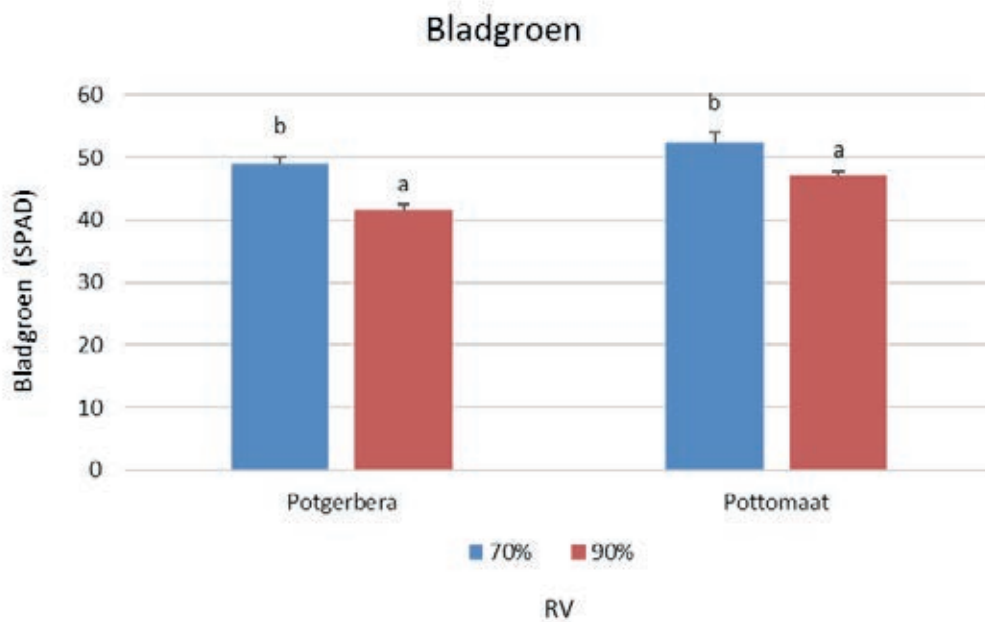
Bij een hogere luchtvochtigheid groeien zowel de pottomaat als de potgerbera beter en neemt het vers gewicht met resp. 25 en 38% toe (Figuur 4.6).



Figuur 4.6 Gemiddeld vers gewicht (g) in potgerbera en pottomaat in een klimaatkast met 70% of 90% relatieve luchtvochtigheid. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

4.3.4 Bladgroen en nutriënten

Met het verschil in vers gewicht zien we net als bij de lichtproef ook weer een verschil in de bladgroenwaardes optreden. Bij een hogere relatieve luchtvochtigheid, is de bladgroenwaarde lager ten opzichte van 70% relatieve luchtvochtigheid. In pottomaat is het verschil 10% en in potgerbera zelfs 15%.



Figuur 4.7 Gemiddelde bladgroenwaarde (SPAD) in potgerbera en pottomaat in een klimaatkast met 70% of 90% relatieve luchtvochtigheid. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen binnen een gewas (Tukey's test, $P < 0,05$).

In de plantsapanalyses van pottomaat is bij een hogere luchtvochtigheid een (bijna) significante toename van de elementen: K/Ca, natrium, ammonium, zwavel, silicium en molybdeen. En een afname van: kalium, calcium en mangaan (Tabel 4.2). Voor verlaging van de gevoeligheid voor meeldauw lijkt een toename van de zwavel en silicium gunstig, maar kennelijk is deze bijdrage alsnog te gering, omdat de ontwikkeling toch toeneemt bij 90% RV. In potgerbera is bij een hogere luchtvochtigheid een (bijna) significante afname van de elementen: kalium en fosfaat (Tabel 4.3). Geen enkel voedingselement neemt in concentratie toe.

Tabel 4.2

Overzicht van elementen van de plantsapanalyses in pottomaat die verschillend zijn tussen relatieve luchtvochtigheid met 70 of 90%.

	RV 70%	RV 90%	Vershil 90% vs 70%	Sign. verschil (* P< 0.05, (*) P<0.10, ns - niet significant)
Suikers %	0.40	0.40	0.00	ns
pH	5.70	5.80	1.75	ns
EC mS/cm	99	17	-82.76	ns
K - Kalium ppm	5684	4970	-12.57	*
Ca - Calcium ppm	1270	884	-30.41	(*)
K / Ca	4.5	5.6	24.72	(*)
Mg - Magnesium	962	941	-2.17	ns
Na - Natrium ppm	27.6	50.9	84.75	(*)
Ammonium ppm	159.6	419.9	163.18	*
NO3 - Nitraat ppm	5070	3835	-24.35	ns
N uit Nitraat ppm	1145	866	-24.38	ns
totaal ppm	2885	2664	-7.67	ns
Cl - Chloride ppm	1012	1254	23.97	ns
S - Zwavel ppm	1196	1383	15.61	*
P - Fosfaat ppm	853	843	-1.15	ns
Si - Silicium ppm	7.05	13.35	89.36	*
Fe - IJzer ppm	1.82	1.72	-5.51	ns
Mn - Mangaan ppm	6.65	4.69	-29.50	*
Zn - Zink ppm	2.86	3.35	17.34	ns
B - Borium ppm	1.67	1.99	19.16	ns
Cu - Koper ppm	1.41	1.68	18.79	ns
Molybdeen ppm	0.07	0.13	92.31	*
Al - Aluminium ppm	0.10	0.14	40.00	ns

Tabel 4.3

Overzicht van elementen van de plantsapanalyses in potgerbera die verschillend zijn tussen relatieve luchtvochtigheid met 70 of 90%.

	RV 70%	RV 90%	Vershil 90% vs 70%	Sign. verschil (* P < 0.05, (* P < 0.10, ns - niet significant)
Suikers %	0.70	1.00	42.86	ns
pH	5.70	5.80	1.75	ns
EC mS/cm	15.60	12.50	-19.87	(*)
K - Kalium ppm	6137	4436	-27.72	*
Ca - Calcium ppm	797	494	-37.97	ns
K / Ca	8.14	9.03	11.00	ns
Mg - Magnesium ppm	592	460	-22.20	ns
Na - Natrium ppm	25.05	31.95	27.54	ns
NH ₄ - Ammonium ppm	45.65	39.95	-12.49	ns
NO ₃ - Nitraat ppm	2975	1835	-38.30	ns
N uit Nitraat ppm	672	415	-38.27	ns
N - Stikstof totaal ppm	1534	1061	-30.81	ns
Cl - Chloride ppm	1312	1258	-4.11	ns
S - Zwavel ppm	147	161	9.84	ns
P - Fosfaat ppm	623	328	-47.27	(*)
Si - Silicium ppm	302.80	5.85	-98.07	ns
Fe - IJzer ppm	1.04	0.90	-13.53	ns
Mn - Mangaan ppm	4.08	1.90	-53.43	ns
Zn - Zink ppm	2.53	2.48	-1.78	ns
B - Borium ppm	1.14	0.88	-22.81	*
Cu - Koper ppm	0.14	0.16	10.71	ns
Mo - Molybdeen ppm	0.01	0.00	-100.00	ns
Al - Aluminium ppm	0.08	0.08	0.00	ns

4.4 Conclusie

Een relatieve hoge luchtvochtigheid van 90% geeft in pottomaat een versnelde ontwikkeling van meeldauw, maar ook bij een lagere RV zijn de sporen al voldoende in staat om te kiemen. Er lijken geen meetbare effecten te zijn van vochtigere teeltcondities op de natuurlijke aanwezigheid van afweereiwitten ook niet als deze met een besmetting extra worden geactiveerd. In de potgerbera is er wel een verhoging van afweereiwitten aanwezig als deze bij 90% RV worden opgekweekt. Echter, de sporenkieming in het algemeen is onder vochtige condities vrij laag.

5 Discussie

5.1 Invloed klimaat op geïnduceerde resistentie

In de verschillende proeven met klimaatfactoren als licht, CO₂ en relatieve luchtvochtigheid is na drie weken blootstellingstijd geen grote invloed zien op de productie van afweereiwitten die van nature door een plant zelf aangemaakt worden. Alleen in potgerbera neemt bij 90% relatieve luchtvochtigheid de productie licht toe te en bij een CO₂ gehalte van 900 ppm lijkt een lichte trend zichtbaar dat de productie iets kan afnemen. Tabel 5.1 en 5.2 geven een overzicht van de resultaten in de proeven met potgerbera en pottomaat.

Tabel 5.1

Overzicht van de klimaatfactoren en de invloed op meeldauwinfectie en planteigenschappen in potgerbera.

Klimaatfactor	Meeldauw infectie (< 14 dpi)	Afweereiwitten	Vers gewicht	Bladgroen	Nutriënten
Licht: 16 vs 8 mol/dag	Minder	geen verschil	meer	minder	hoger: Na , B lager: K, P, Fe, Mn
CO ₂ : 900 vs 400 ppm	geen verschil*	geen verschil	meer	geen verschil	
RV: 90 vs 70%	geen verschil	meer	meer	minder	lager: K , P

Toelichting: * na 14 dpi neemt de eerste infectie wel toe bij 400 ppm, maar niet bij 900 ppm.

Tabel 5.2

Overzicht van de klimaatfactoren en de invloed op meeldauwinfectie en planteigenschappen in pottomaat.

Klimaatfactor	Meeldauw infectie (< 14 dpi)	Afweereiwitten	Vers gewicht	Bladgroen	Nutriënten
Licht: 16 vs 8 mol/dag	(minder)	(geen verschil)	(meer)	(minder)	
CO ₂ : 900 vs 400 ppm	geen verschil	geen verschil	geen verschil	geen verschil	
RV: 90 vs 70%	meer	geen verschil	meer	minder	hoger: K/Ca, Na , NH ₄ , S, Si, Mb lager: K , Ca, Mn

In het huidige onderzoek is er gewerkt onder gecontroleerde condities in een klimaatkast. Doordat hierin gewerkt wordt met kunstmatige belichting, kunnen resultaten soms afwijkend zijn ten opzichte van proeven zoals die in een kas worden uitgevoerd met natuurlijk daglicht. De resultaten zoals die nu in de klimaatkastproef met licht zijn verkregen, blijken echter goed overeen te komen met de resultaten zoals die onder meer onder praktijkconforme kascondities zijn behaald (Hofland-Zijlstra *et al.* 2017). Daarnaast komen bijvoorbeeld ook de resultaten uit het CO₂ onderzoek goed overeen met eerdere proeven die in de wetenschappelijke literatuur beschreven zijn. Daarmee kunnen we concluderen dat de invloed van bestaande klimaatfactoren op de flexibele, geïnduceerde resistentie erg beperkt is. En dat wanneer verhoging van het niveau gewenst is, dit effectiever is te bereiken met andere stuurfactoren, zoals bijv. de inzet van synthetische elicitors (Hofland-Zijlstra *et al.* 2015, 2016, 2017) of door gerichte sturing op lichtkwaliteit met rood:verrood verhoudingen (Stevens *et al.* 2015, De Wit 2014).

5.2 Voedingsanalyses als indicatie

Ondanks de geringe effecten op afweereiwitten waren er wel veranderingen meetbaar in het vers gewicht, de voedingssamenstelling en bladgroenwaarde. Bij het hoogste lichtniveau liggen de concentraties van natrium en borium in potgerbera meer dan 10% hoger en de kalium, fosfaat, ijzer en mangaan meer dan 10% lager. Bij andere infectieproeven komt het element natrium eveneens naar voren (zie Bijlage 2). Bladmateriaal met hogere **natrium** gehaltes lijken minder gevoelig voor Botrytis en dit lijkt nu ook samen te hangen met een lagere gevoeligheid voor meeldauw. De verlaagde waardes voor **fosfaat, ijzer en mangaan** komen eveneens overeen met de lichtproef met Botrytis. De werkingsmechanismen van de gehaltes in de plantsapanalyses en eventuele oorzakelijke verbanden met gevoeligheid tegen ziekten zijn nog niet duidelijk. Het volgen van veranderingen in het plantmateriaal kan wellicht wel één van de eerste indicatoren zijn dat de gevoeligheid van het gewas voor een schimmelziekte aan het veranderen is.

5.3 Directe werking op meeldauw

Een verhoogde CO₂ dosering met 900 ppm lijkt geen directe invloed te hebben op het eerste ontwikkelingsstadium van kiemende sporen als ze de plant infecteren, maar na een aantal weken wordt de vorming van witte vlekken wel geremd ten opzichte van de standaard dosering met 400 ppm. Deze bevinding komt overeen met de eerder gepubliceerde artikelen van Itagaki *et al.* 2015, Mikkelsen *et al.* 2015. De invloed van CO₂ op de geïnduceerde resistentie blijft hiermee echter nog niet duidelijk.

Over het algemeen is de ervaring in deugdelijkheidsproeven dat de gevoeligheid voor meeldauw toeneemt bij hogere luchtvochtigheden (Kloos *et al.* 2005). Ook in onze kasproef lijkt een hogere luchtvochtigheid bij te dragen aan een betere meeldauwontwikkeling in de planten waar al een natuurlijke infectie aanwezig was. Wel is er een groot verschil in gevoeligheid voor kieming tussen de sporen afkomstig van tomaat of gerbera. Meer detailstudie is nodig om meer zicht te krijgen op de randvoorwaarden voor de kieming van de gerbera meeldauwsporen. Van meeldauwsporen op roos is bekend dat deze gevoelig zijn voor vrij water (Sivapalan, 1993) en dat infecties makkelijker uit te voeren zijn met droge sporen dan vanuit sporensuspensies. Dat deze eigenschappen ook van toepassing zijn op gerberasporen was tot nu toe nog niet zo bekend. De ervaring in eerdere proeven is dat planten meestal wel goed zijn te infecteren met behulp van een sporensuspensie. Wel viel het in eerdere proeven met potgerbera en pottomaat ook al op dat de meeldauw in gerbera trager tot ontwikkeling leek te komen en op een lager infectieniveau uitkwam bij dezelfde kascondities dan in pottomaat (Hofland-Zijlstra *et al.* 2015). Nader literatuuronderzoek geeft aan dat in gerbera verschillende meeldauwsoorten voor kunnen komen. Dit zijn zowel de Podosphaera als de Oidium soorten. Het artikel van Sivapalan (1993) beschrijft dat Podosphaera net als Sphaerotheca soorten (roos) gevoelig zijn voor vrij water. In tegenstelling tot de Oidium soorten die daar geen last van hebben. Moleculair onderzoek gaf aan dat de huidige meeldauwsoort die in deze proeven was gebruikt, een Podosphaera soort betrof. Dat geeft een verklaring voor de slechte kieming die in de proeven aanwezig was.

De kiemttest met meeldauw sporen van tomaat laat zien dat deze sterk gevoelig zijn voor veroudering. Sporen die ouder zijn dan drie weken, dragen nauwelijks meer bij aan infectie. De vraag is op welke manier deze eigenschap nog beter is te benutten. Is het mogelijk om via beheersmaatregelen hier nog beter op te sturen, zodanig dat sporen sneller verouderen en hun kiemkracht verliezen? Het laat in ieder geval opnieuw zien dat een periode van drie weken voldoende is om de sporendruk bijna volledig terug te dringen.

5.4 Meeldauw detectie

De huidige methode om meeldauw te scoren werkt goed als er grote verschillen tussen behandelingen optreden. Subtielere verschillen zijn echter lastiger in beeld te brengen, omdat bij iets hogere infectieniveaus al vrij snel alle bladeren in eenzelfde index worden ingedeeld. Bij Wageningen UR Glastuinbouw zijn dit jaar metingen ontwikkeld om met behulp van een kwantitatieve moleculaire methode de hoeveelheid van een meeldauwsoort te meten in komkommer en tomaat. Met behulp van QPCR is in ieder geval de hoeveelheid schimmelmateriaal die op een blad aanwezig is beter te bepalen. Om een betere indruk te krijgen van de vitaliteit van de sporen zijn aanvullend kiemprouven onder labcondities te doen. Met de huidige methode zijn sporen uit te platen op water agar en is het kiemingspercentage goed te bepalen. Ook al is meeldauw een biotrofe schimmel, de sporen zijn wel goed in staat om op allerlei inerte voedingsbodems te kiemen. Dit volstaat in ieder geval voor die behandelingen waarbij de sporen niet hun hele levenscyclus op een gastheer hoeven te volbrengen. Bij aanvang van dit project was beoogd om ook visueel met de inzet van camera's de meeldauw beter te kunnen scoren, maar dit had echter meer ontwikkeltijd nodig. Binnen het TKI project Smart Tuinbouw wordt dit verder opgepakt (projectleider: Jos Balendonck).

6 Aanbevelingen

- De bijdrage voor beheersing van meeldauw vanuit een weerbare plant dient vooral gezocht te worden in het optimaliseren van klimaatcondities die een directe werking op de sporen hebben en dit kan vervolgens worden aangevuld met weerbaarheidsproducten die gericht de geïnduceerde resistentie van een plant versterken.
- Meer onderzoek is nodig naar de randvoorwaarden waaronder de verschillende meeldauwsoorten die voorkomen op gerbera's goed kunnen kiemen. De sporen van de Podosphaera soort lijken namelijk veel gevoeliger voor blootstelling aan vrij water dan de Oidium soorten. Voor een effectieve bestrijding is het belangrijk om te weten welke soorten dominant op de bedrijven aanwezig zijn. Podosphaera soorten lijken door het aanhouden van relatieve hoge luchtvochtigheden namelijk al goed in te tomen, maar een vochtig teeltklimaat lijkt de groei van Oidium soorten daarentegen sterk te bevorderen.
- Verdere ontwikkeling van moleculaire detectie van meeldauw in glastuinbouwgewassen, kan bijdragen aan meer inzicht in gevoelige ontwikkelingsfasen in de interactie met de plant.
- Aandacht voor de relatie tussen plantsapanalyses en ziektegevoeligheid. Bijv. hogere natriumgehalten lijken te correleren met een lagere gevoeligheid voor meeldauw. Mogelijk kunnen plantsapanalyses gebruikt worden als vroeg indicator voor ziektegevoeligheid

Literatuur

- DeLucia, E.H. (2012)
Climate Change: resetting plant-insect interactions. *Plant physiology Preview, Global Change*. DOI:10.1104/pp.112.204750.
- Guo *et al.* (2012)
Elevated CO₂ reduces the resistance and tolerance of tomato plants to *Helicovera armigera* by suppressing the JA signalling pathway. *PLOS One* 7 (7) e41426: 1-11.
- Hofland-Zijlstra, J.D., M. A. van Slooten, S. Böhne, L.W. Kok (2009)
Beheersing van stengelaantasting door *Botrytis* in tomaat met UV-C gewasbescherming. PT rapport GTB-240.
- Hofland-Zijlstra, J.D. (2010)
Alternatieven voor de beheersing van echte meeldauw zonder pijpzwavel. PT Rapport GTB-1073.
- Hofland-Zijlstra, J.D. (2013).
Ontwikkeling van veilige toepassingen voor gewasbehandelingen met electrolysewater in de glastuinbouwsector. PT rapport GTB- 1240
- Hofland-Zijlstra, J.D., S. Breeuwsma & M. Noordam (2016)
Duurzame meeldauwbeheersing. Wageningen UR Glastuinbouw. PT rapport GTB 1385.
- Hofland-Zijlstra, J.D., S. Breeuwsma & M. Noordam (2017)
Ontwikkeling teeltstrategie voor weerbare planten tegen bovengrondse ziekten. PT rapport GTB 1442.
- Hofland-Zijlstra, J.D., G. Messelink, M. van Slooten, E. de Groot en L. Stevens (2012)
Risicobeperking van ziekten en plagen bij energiezuinige maatregelen. Kas als Energiebron Rapport GTB-1153.
- Itagaki, K. *et al.* (2015)
Development of powdery mildew fungus on cucumber leaves acclimatized to different CO₂ concentrations. *HortScience* 50: 1662-1665.
- Kangasjarvi, S., Neukermans, J., Li, S., Aro, E., and Noctor, G. 2012.
Photosynthesis, photorespiration, and light signalling in defence responses. *J. Exp. Bot.* 63:1619-1636.
- Kanto, T., Matsuura, K., Yamada, M., Usami, T., and Amemiya, Y. (2009)
UV-B radiation for control of strawberry powdery mildew. *Acta Hort.* 842:359-362.
- Karpinski, S., Gabrys, H., Mateo, A., Karpinska, B., and Mullineaux, P. M. (2003).
Light perception in plant disease defence signalling. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6:390-396.
- Kloos, W.E., C.G. George & L. K. Sorge (2005)
Inheritance of powdery mildew resistance and leaf macrohair density in *Gerbera hybrida*. *HortiScience* 40: 1246-1251.
- Li, X. *et al.* (2015)
Tomato-*Pseudomonas syringae* interactions under elevated CO₂ concentration: the role of stomata. *Journal of Experimental Botany* 66: 307-316.
- Méndez-Bravo *et al.* (2011)
Alkamides activate jasmonic acid biosynthesis and signaling pathways and confer resistance to *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis thaliana*. *PLOS One* 6 (11) e27251: 1-15.
- Mikkelsen, B.L., R.B. Jorgensen, M.F. Lyngkjaer (2015)
Complex interplay of future climate levels of CO₂, ozone and temperature on susceptibility to fungal diseases in barley. *Plant Pathology* 64: 319-327.
- Sivapalan, A. (1993)
Effects of water on germination of powdery mildew conidia. *Mycological Research* 97: 71-76.
- Suthaparan, A., A. Stensvand, S.Torre, M. L. Herrero, R.I. Pettersen, D. M. Gadoury, H.R. Gislerod (2010).
Continuous Lighting Reduces Conidial Production and Germinability in the Rose Powdery Mildew Pathosystem. *Plant disease* 94: 339-344.
- Stevens, L.S, J.D. Hofland-Zijlstra, R.J.M. van den Broek & M. Noordam (2015)
Chemical elicitation of systemic acquired resistance (SAR) controlled by light. Poster IOBC Congres Aachen (Duitsland).
- Whipps & Budge (2000)
Effect of humidity on development of tomato powdery mildew (*Oidium lycopersici*) in the glasshouse. *European Journal of Plant Pathology* 106: 395-397.

Wit, M. de (2014)

Neighbour detection and pathogen defence during competition for light. Promotieonderzoek Universiteit van Utrecht.

Zhu, X. *et al.* (2016)

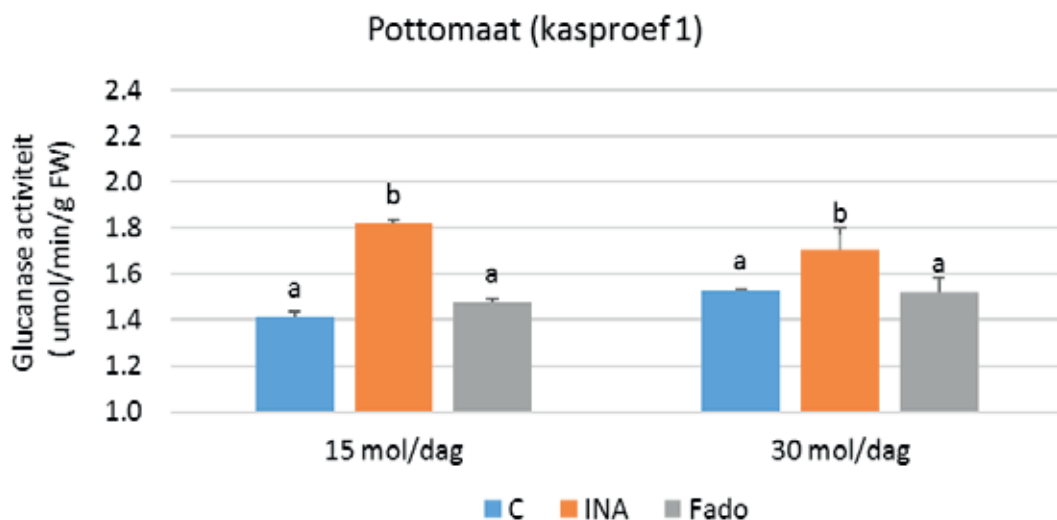
Arbuscular mycorrhiza improve growth, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency in wheat grown under elevated CO₂. *Mycorrhiza* (26):133–140.

Zhang, S. *et al.* (2015)

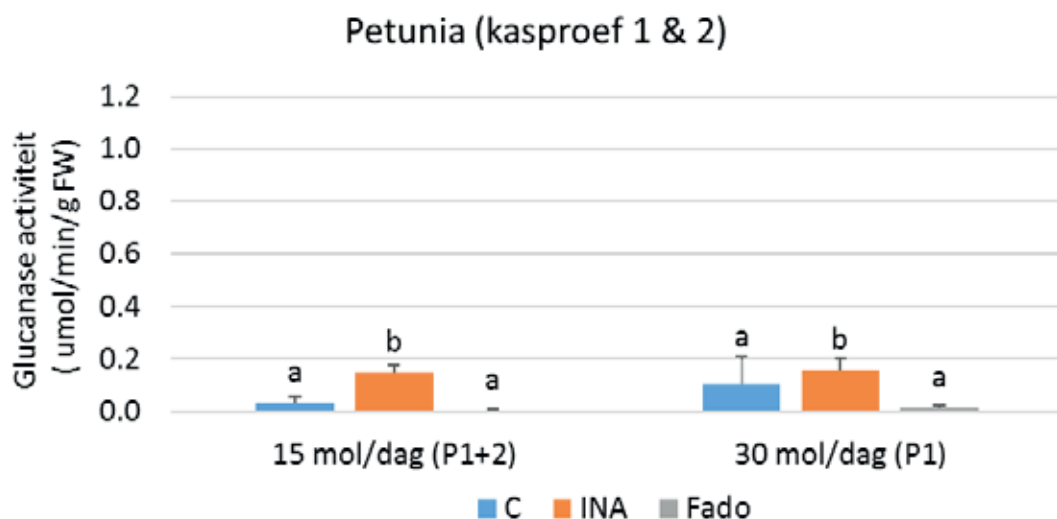
Antagonism between phytohormone signalling underlies the variation in disease susceptibility of tomato plants under elevated CO₂. *Journal of Experimental Botany* 66: 1951-1963.

Bijlage 1 Relatie afweereiwitten en licht

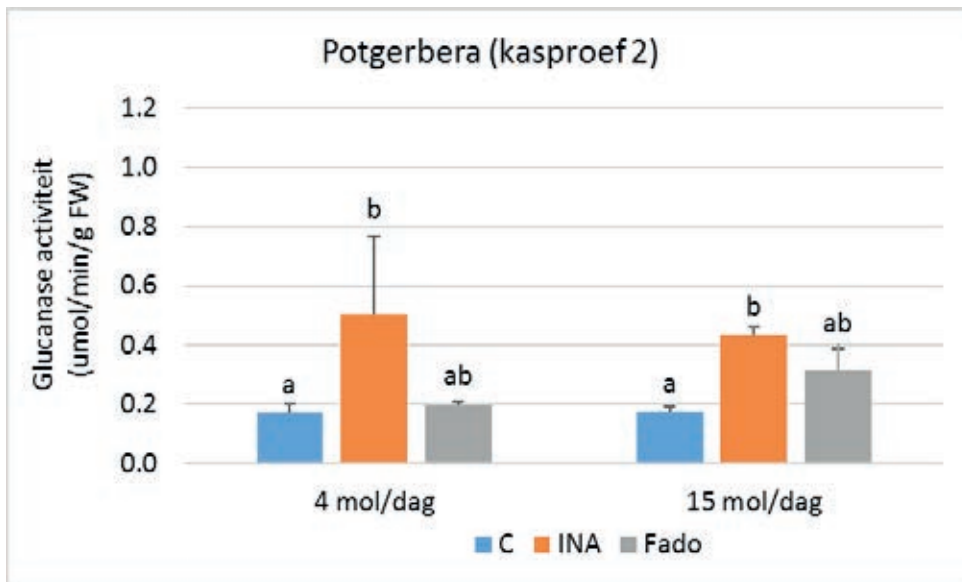
In deze bijlage worden resultaten weergegeven van de analyses op de afweereiwitten in pottomaat, Petunia en potgerbera zoals deze uit eerdere lichtproeven zijn gekomen die in het najaar van 2016 bij Wageningen UR Glastuinbouw zijn uitgevoerd. De volledige resultaten van dit onderzoek zijn terug te vinden in het PT rapport 'Ontwikkeling teeltstrategie voor weerbare planten tegen bovengrondse ziekten' (Hofland-Zijlstra *et al.* 2017, GTB-1442).



Figuur 1 Gemiddelde glucanase activiteit (umol/min/g FW) op 4 dagen na infectie in pottomaat in een kasproef met 15 of 30 mol lichtsom per dag. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).



Figuur 2 Gemiddelde glucanase activiteit (umol/min/g FW) op 4 dagen na infectie in Petunia in een kasproef met 15 of 30 mol lichtsom per dag. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).



Figuur 3 Gemiddelde glucanase activiteit (umol/min/g FW) op 4 dagen na infectie in potgerbera in een kasproef met 4 of 15 mol lichtsom per dag. Op de kolom is de standaardfout weergegeven. Verschillende letters geven significante verschillen aan tussen behandelingen (Tukey's test, $P < 0,05$).

Bijlage 2 Relatie plantsapanalyses en licht

In deze bijlage worden resultaten weergegeven van de analyses op de plantsapanalyses in potgerbera zoals deze uit een eerdere lichtproef is gekomen die in het najaar van 2016 bij Wageningen UR Glastuinbouw zijn uitgevoerd. De volledige resultaten van dit onderzoek zijn terug te vinden in het PT rapport 'Ontwikkeling teeltstrategie voor weerbare planten tegen bovengrondse ziekten' (Hofland-Zijlstra *et al.* 2017, GTB-1442). Bij het lichtniveau van 15 mol (iets minder Botrytis) zijn de waarden ten opzichte van 4 mol verhoogd van: EC, magnesium, natrium, zwavel, silicium. De waarden voor : fosfaat, ijzer, mangaan, borium en koper zijn daarentegen lager bij een lichtniveau van 15 mol.

Tabel 1

Overzicht van elementen van de plantsapanalyses in potgerbera die verschillend zijn tussen belichtingsniveaus met 4 of 15 mol stralingsom per dag.

	Laag licht (I)	Laag licht (II)	Hoog licht (I)	Hoog licht (II)	Significant verschil
Suikers %	0.4	0.6	1.1	0.8	nee
pH	6.0	5.8	5.6	5.7	nee
EC mS/cm	13.8	13.3	11.1	11.0	ja
K - Kalium ppm	4725	4668	4805	4503	nee
Ca - Calcium ppm	503	559	603	571	nee
K / Ca	9.4	8.4	8.0	7.9	nee
Mg - Magnesium ppm	312	330	525	495	ja
Na - Natrium ppm	29	31	20	22	ja
NH4 - Ammonium ppm	16	25	23	15	nee
NO3 - Nitraat ppm	2537	3819	1618	1281	nee
N uit Nitraat ppm	573	862	365	289	nee
N - Stikstof totaal ppm	977	1409	808	615	nee
Cl - Chloride ppm	948	1503	293	224	nee
S - Zwavel ppm	160	164	217	199	ja
P - Fosfaat ppm	278	320	137	129	ja
Si - Silicium ppm	3.60	4.00	6.30	6.10	ja
Fe - IJzer ppm	1.31	1.15	0.80	0.75	ja
Mn - Mangaan ppm	6.01	6.33	2.94	2.74	ja
Zn - Zink ppm	3.57	4.31	2.16	2.00	nee
B - Borium ppm	1.07	1.08	0.83	0.89	ja
Cu - Koper ppm	0.43	0.44	0.17	0.17	ja
Mo - Molybdeen ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	nee
Al - Aluminium ppm	0.12	0.10	0.11	0.08	nee

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport WPR-749

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort WUR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.