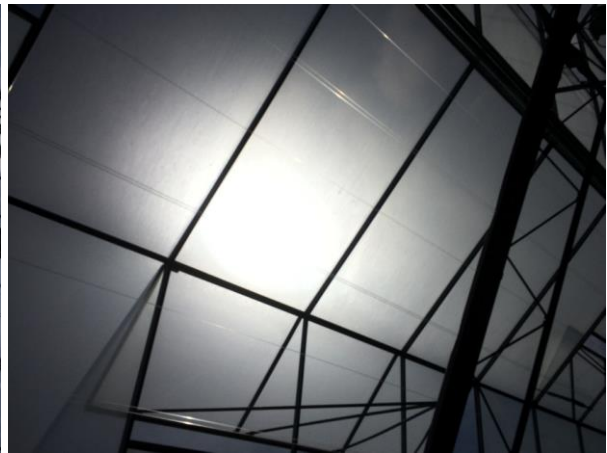


Effect diffuus-coating op fotosynthese en klimaat bij Alstroemeria: een monitoringsproef



Februari 2017

G. Trouwborst, S.W. Hogewoning en R. van der Spek

Effect diffuus-coating op fotosynthese en klimaat bij Alstroemeria: een monitoringsproef

Februari 2017

G. Trouwborst, S.W. Hogewoning en R. van der Spek

Plant Lighting B.V.

Veilingweg 46

3981 PC Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

REFERAAT

G. Trouwborst, S.W. Hogewoning en R. van der Spek. 2017. Effect diffuus-coating op fotosynthese en klimaat bij Alstroemeria: een monitoringsproef. Plant Lighting B.V., Bunnik. 32p.

projectnummer: E16010



Ministerie van Economische Zaken



© 2017 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht Nederland / Stichting Programmafonds Glastuinbouw in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt door een bijdrage van de gewascoöperatie Alstroemeria, Hermadix coatings B.V. en Royal Brinkman. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
DANKWOORD.....	7
1 INLEIDING, DOELSTELLING EN ACHTERGRONDEN	8
1.1 Inleiding.....	8
1.2 Theorie nut van diffuus coating	9
1.3 Warmtebalans gewas	11
2 MATERIAAL EN METHODEN.....	12
3 RESULTATEN EN DISCUSSIE	14
3.1 Kastransmissie en spectrum.....	14
3.2 Klimaat.....	16
3.2.1 Hoe was de zomer 2016 ten opzichte van het langjarig gemiddelde?	16
3.2.2 Klimaat tijdens piekmomenten.....	17
3.3 Effect coating op fotosynthese en huidmondjes.....	21
3.3.1 Licht- en CO ₂ -respons bij Alstroemeria 'Pink Floyd'	21
3.3.2 Relatie fotosynthese, huidmondjes en VPD.....	22
3.3.3 Dagverloop van de fotosynthese	23
3.4 Gewaskarakteristieken en oogst.....	27
4 SLOTBESCHOUWING.....	30
REFERENTIES.....	32

Samenvatting

Inleiding

Alstroemeria benut het natuurlijke daglicht in voorjaar, zomer en najaar gedurende een groot aantal uren matig tot slecht. Vooral boven 200 W/m^2 instraling ($= 300\text{ }\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ in de kas) stort het lichtrendement voor de fotosynthese bij de bovenste bladeren van het gewas snel in. Dit terwijl de plant in potentie wel veel licht aankan: Lichtstress treedt bij Alstroemeria pas op boven $\sim 500\text{ W/m}^2$ instraling ($= 750\text{ }\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ in de kas). Het relatief lage rendement waarmee Alstroemeria hogere lichtintensiteiten benut is vanwege een huidmondjesgeleidbaarheid die vaak laag is ten opzichte van gewassen als Roos of Lisianthus. In de alstroemeriateelt wordt nu vrijwel niet gekrijt en nauwelijks geschermd. Veel telers hechten belang aan een zo hoog mogelijk transmissie van daglicht in de kas. Dit is terecht, omdat daglicht gratis is. Maar uit bovenstaande blijkt dat er regelmatig teveel licht is gedurende de zomermaanden. Ook telers bevestigen dat er in de zomer weinig handvatten zijn om het klimaat te sturen, waardoor het gewas regelmatig stilstaat. Soms is het dan beter om een klein percentage licht op te offeren ten bate van een beter klimaat. In de hier beschreven praktijkmonitoringsproef is getracht met een diffuus-coating met hoge lichttransmissie op het kasdek het lichtrendement voor fotosynthese en groei te verbeteren:

Het diffuse licht geeft een gelijkmatigere lichtverdeling in het gewas waardoor de gewasfotosynthese stijgt en 'hot spots' in lichtintensiteit (fotosynthese-stress) vermeden worden. Door de warmtewerende eigenschappen van de coating zouden de ramen verder dicht kunnen blijven dan bij helder glas terwijl de gewastemperatuur gelijk blijft. Hierdoor blijft enerzijds de RV hoger in de kas, waardoor de huidmondjes beter openblijven, en anderzijds gaat minder CO_2 verloren via de ramen. Dit alles zou de gewas-assimilatie moeten verhogen, zonder dat dat energie kost.

Materiaal en methoden

Tijdens 'het coatingsseizoen' van 2016 is er bij H.M. Tesselaar een monitoringsproef met een NIR-werende diffuus-coating uitgevoerd bij het gewas Alstroemeria 'Pink Floyd'. Hiertoe werden twee afdelingen van ruim 2 ha met elkaar vergeleken. De afdeling waar gecoat werd (17 mei tot 3 augustus) was 0.5 m lager, had 25% minder vernevelcapaciteit (lagedruk-verneveling) en had een bijna twee jaar jonger gewas t.o.v. controle. In beide afdelingen is de oogst geregistreerd. Het klimaat is gevolgd met de meetboxen en twee growwatches. Op warme dagen met veel instraling is voor, tijdens en na verwijdering coating de fotosynthese gemeten. Tevens is in mei en augustus het rhizoom- en wortelknolgewicht bepaald.

Resultaten

Licht-effect coating: De kastransmissie daalde van $\sim 74\%$ naar $\sim 66\%$ door de coating ($66/74 = 12\%$ minder licht; werkelijk verschil lichtsom 11% door andere schermstrategie). De coating bleek geen NIR-werend effect te hebben, vermoedelijk vanwege de noodzakelijke handmatige bespuiting en het niet-ideale weer bij aanbrengen van de coating.

Klimaat: In de zomer van 2016 bleek gedurende de coatingsperiode de stralingssom 6% lager te liggen dan het langjarig gemiddelde. Ook waren er de helft minder zonnige/warme piekmomenten (ADS-dagen). Op de piekmomenten verschilde lucht- en planttemperatuur niet of nauwelijks tussen beide afdelingen ondanks 12% minder licht in de gecoate kas. Waarschijnlijk werd de extra warmtelast in de controle-afdeling weggekoeld door de 25% hogere vernevelcapaciteit die daar aanwezig was. Hierdoor was het niet mogelijk om ramen in de coatings-afdeling verder dicht te knijpen en zo CO₂ en vocht beter vast te houden.

Fotosynthesestress: In de controle-afdeling was er op piekmomenten meer fotosynthese-stress (verlaagde fotosynthese) dan onder de diffuus-coating. De stress bij de controle was niet extreem (cultivar 'Pink Floyd'). Het bleek dat het uitzetten van de luchtbevochtiging een groter effect had op verlaging van de fotosynthese dan wel of geen coating op het kasdek.

Ondergronds gewicht en Oogst: Het wortelknol-gewicht was fors toegenomen onder de coating (50 gram drogestof per strekkende meter gewas) terwijl dit onder de controle niet werd waargenomen. Een positief vervolgeffect hiervan op de oogst in de winter is niet waargenomen. De cumulatieve oogst over het gehele jaar verschilde nauwelijks (0.5% hogere oogst voor de coating). Er is dus op de oogst uiteindelijk geen positief effect van de coating waargenomen. Hier staat wel tegenover dat er ondanks het lichtverlies van 11% er niet minder is geproduceerd. Diffuus licht blijft dus een voordeel.

Balans wel of niet coaten

Het is lastig om een sluitende conclusie over coaten bij Alstroemeria te trekken. Het volgende speelt een rol:

- a. Door het milde weer gedurende het coatingsseizoen was het aantal stress-momenten voor de fotosynthese beperkt. In een gemiddeld (of zonniger dan gemiddeld) jaar zal een coating een positiever effect hebben. Tevens bleek dat de stress-momenten redelijk goed opgevangen kunnen worden door inzet van lagedruk-verneveling.
- b. Het vergelijken van de productie tussen beide afdelingen is bemoeilijkt doordat de gewasleeftijd verschilde en de kasafdelingen verschilden (0.5 m lager en lagere vernevelingscapaciteit). De afdeling waar gecoat is staat bij de kweker bekend als 'de klimatologisch moeilijkere kas' in de zomer.
- c. Mogelijke cultivarverschillen: Cultivar 'Pink Floyd' is een relatief sterke cultivar (Butterfly, tetraploïde). Cultivars zoals 'Lucero' (Aurea, triploïde) kunnen minder goed tegen hoge lichtintensiteiten (slap hangen, lichtschade aan bladeren). Bij zulk soort cultivars is een coating eerder nodig om lichtstress te voorkomen dan bij 'Pink Floyd'.

Samenvattend kan er gesteld worden dat diffuus licht positief is voor Alstroemeria. Zwakkere cultivars zullen meer baat hebben bij diffuus licht ter voorkoming van lichtstress dan sterkere cultivars. Een diffuus-coating kan ook werken als een 'verzekeringspremie': In zomers met relatief weinig zonnige dagen kost de coating wel geld maar geen productie. Gedurende zomers met veel zonnige dagen levert de coating waarschijnlijk wel meerproductie op.

Dankwoord

Dit onderzoek is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van EZ en LTO Glaskracht Nederland, de gewascoöperatie Alstroemeria, Hermadix coatings B.V. en Royal Brinkman. Wij danken deze partijen voor het mogelijk maken van dit onderzoek. In dit monitoringsonderzoek is er gekeken naar de effecten van het toepassen van een diffuus-coating bij Alstroemeria.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage en inzet: Onderzoekscoördinatoren Leo Oprel (EZ) en Dennis Medema (LTO Glaskracht Nederland) van het programma 'Kas als Energiebron' voor de kritische discussie over het onderzoeksvoorstel. Het bedrijf H.M. Tesselaar Alstroemeria B.V. bedanken we voor het beschikbaar stellen van hun kasafdelingen als proeflocatie en de gastvrijheid. Verder bedanken we René Leek, Melvin Tesselaar, Robin van der Gullik, Matthé Pronk (Tesselaar), Hans Hoogervorst (kwekerij Nieuwevaart), René Feld (kwekerij Knol-Feld), Paul Schoorl (Royal van Zanten), Richard Hagedoorn en Gai Vegter (Royal Brinkman / Hermadix) voor de kritische betrokkenheid gedurende de BCO-vergaderingen. We bedanken Joke Vreugdenhil (LTO Glaskracht Nederland) voor het organiseren van de BCO-vergaderingen. Jeffrey Pouw (Hermadix coatings B.V.) wordt bedankt voor alle verleende medewerking. Sander Pot (Plant Dynamics) bedanken we voor de hulp bij de fotosynthesemetingen op de warmste dagen van het jaar. Sagie en Willem (medewerkers Tesselaar) bedanken we voor de hulp bij het opgraven van de knollen in mei en augustus.

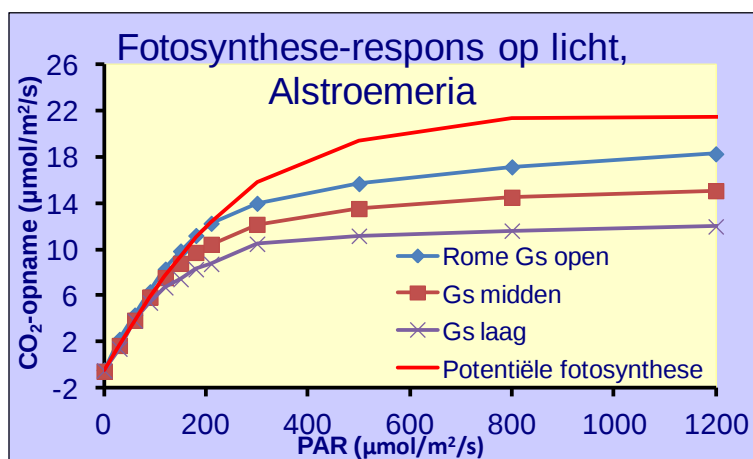
Februari 2017,

De auteurs

1 Inleiding, doelstelling en achtergronden

1.1 Inleiding

Alstroemeria benut het natuurlijke daglicht in voorjaar, zomer en najaar gedurende een groot aantal uren matig tot slecht. Vooral boven 200 W/m^2 instraling ($= 300 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ in de kas) stort het lichtrendement voor de fotosynthese bij de bovenste bladeren van het gewas snel in. Dit terwijl de plant in potentie wel veel licht aankan: Lichtstress treedt bij Alstroemeria pas op boven $\sim 500 \text{ W/m}^2$ instraling ($= 750 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ in de kas). Het verschil tussen de potentiële en de werkelijk fotosynthese komt door een beperkte huidmondjesopening (zie Figuur 1; Trouwborst *et al.* 2015). Hierdoor wordt de CO_2 -opname door het blad gehinderd. Sturen op openhouden van de huidmondjes kan dus leiden tot een veel hoger daglicht-rendement. Bovendien slaat Alstroemeria assimilaten op in zijn rhizomen en wortelknollen (Figuur 18). In de zomerperiode zouden onder de juiste omstandigheden dus volop assimilaten opgeslagen moeten kunnen worden. Deze zouden dan in het belichtingsseizoen mogelijk weer kunnen worden benut.



Figuur 1. Effect van huidmondjes-opening (Gs open, Gs midden en Gs laag) op de lichtrespons van de blad-fotosynthese van Alstroemeria 'Rome'. De rode lijn geeft aan wat potentieel haalbaar is. Of de gerealiseerde fotosynthese in de buurt komt van de rode lijn is onder andere afhankelijk van het CO_2 -gehalte in de kas en de huidmondjesopening (data uit "Meer rendement uit licht en CO_2 bij Alstroemeria", Plant Dynamics en Plant Lighting, 2015). Let op: de fotosynthese van het hele gewas buigt minder scherp af bij een toenemende lichtintensiteit dan de hier weergegeven fotosynthese-respons op blad-niveau.

In de alstroemeriateelt wordt nu vrijwel niet gekrijt en nauwelijks geschermd. Veel telers zijn gefocussed op een zo hoog mogelijk transmissie van daglicht in de kas. Op zich terecht omdat daglicht gratis is. Maar uit bovenstaande blijkt dat er vaak teveel licht is gedurende de zomermaanden. Ook telers bevestigen dat er in de zomer weinig handvatten zijn om het klimaat te sturen, waardoor zij de indruk hebben dat het gewas regelmatig stilstaat. Soms is het dan beter om een klein gedeelte van het licht op te offeren ten bate van een beter klimaat. In de hier beschreven praktijkmonitoringsproef is getracht met een diffuus-coating met hoge

lichttransmissie op het kasdek het lichtrendement voor fotosynthese en groei te verbeteren. De volgende hypothese ligt hieraan ten grondslag:

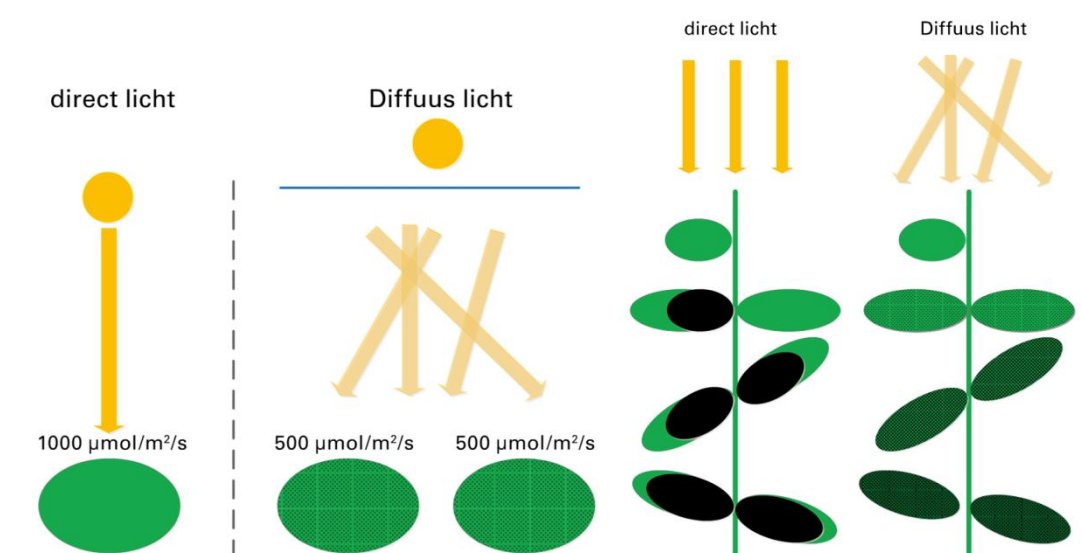
Het diffuse licht is extra gunstig vanwege de relatief open gewasstructuur van *Alstroemeria*, waardoor het licht diep kan doordringen in het gewas (NB de gewasstructuur is ook afhankelijk van gewasleeftijd en het tijdig verwijderen van loze takken). Door de warmtewerende eigenschappen van de coating zouden, bij gelijke gewas temperatuur, de ramen verder dicht kunnen dan onder helder glas. Hierdoor blijft enerzijds de RV hoger in de kas, waardoor de huidmondjes beter openblijven, en anderzijds gaat minder CO₂ verloren via de ramen, zodat de CO₂-opname extra gestimuleerd wordt. Dit alles moet de gewas-assimilatie verhogen, zonder dat dat energie kost. Die extra assimilaten worden mogelijk weer benut in de opvolgende periode waarin veel belicht wordt en assimilatie dus wel energie kost (najaar/winter).

Doelstelling

Doelstelling van dit project is een betere benutting van natuurlijk daglicht bij *Alstroemeria* door met een warmtewerende diffuus-coating in de zomer te sturen op een beter klimaat: een betere lichtverdeling, en gemiddeld een hogere RV en meer CO₂ in de kas. De effecten van de coating op huidmondjesgedrag, fotosynthese en productie worden gemeten. Een wenselijke bijkomstigheid zou zijn als het gratis licht in de zomer tot meer assimilatenopslag in de rhizomen en/of wortelknollen leidt, en dat die assimilaten in de belichte winterperiode weer benut kunnen worden voor gewasgroei.

1.2 Theorie nut van diffuus coating

Figuur 2 laat schematisch het effect van het diffuus maken van licht zien. Diffuserende kasdekmaterialen (o.a. coating) zorgen ervoor dat de bundel direct zonlicht verstrooid wordt (Figuur 2 links). Door deze verstrooiing verdwijnt de scherpe schaduw van roeden, goten, tralie en bovenliggende bladeren (Figuur 2 rechts). Het licht wordt dus per bladlaag beter verdeeld over de bladeren van die bladlaag. Dit is gunstig voor de gewasfotosynthese, omdat de fotosynthese-respons op licht een verzadigingscurve is (Figuur 1). De totale fotosynthese is bijvoorbeeld veel hoger als twee bladeren ieder 500 μmol PAR absorberen dan als één blad 1000 μmol en een ander blad 0 μmol PAR absorbeert. In het verleden hebben proeven met diffuus licht bij komkommer productieverhoging van zo'n 10% laten zien (Dueck *et al.* 2009).



Figuur 2. Verschil tussen direct en diffuus licht (links). Door de lichtverstrooiing verdwijnt de scherpe schaduw op onderliggende bladeren. Per bladlaag wordt het licht beter verdeeld over de bladeren van die laag (bron: Elings & Arkesteijn, 2012).

Het is bekend dat de gemiddelde kastransmissie ongeveer 70% is. Echter, delen van de bovenste bladlaag onder helder glas worden bij direct licht blootgesteld aan meer licht: $\pm 90\%$ van het directe buitenlicht. Dat is de transmissie van het glas alleen (exclusief schaduw van tralie, roeden etc.). Dit levert dus 'hot spots' aan licht op. Schaduwbanen krijgen juist fors minder licht, zodat de kastransmissie gemiddeld uitkomt op de 70%. Door het directe licht om te zetten in diffuus licht zijn niet alleen de schaduwbanen verdwenen, maar ook de 'hot spots'. De 'hot spots' aan licht kunnen zorgen voor lokale stress waardoor huidmondjes gaan sluiten. Huidmondjessluiting heeft een negatief effect op het klimaat omdat er minder verdampt wordt, waardoor de VPD (dampdrukdeficit tussen plant en kaslucht) hoger wordt, wat het sluitende effect van de huidmondjes weer verder kan versterken. Zo lang als het gewas zichzelf kan koelen zouden ramen langer dicht kunnen blijven zodat het CO_2 - en vochtgehalte niet inzakken.

Samengevat steunt het nut van het diffuus maken van direct licht dus op twee pijlers:

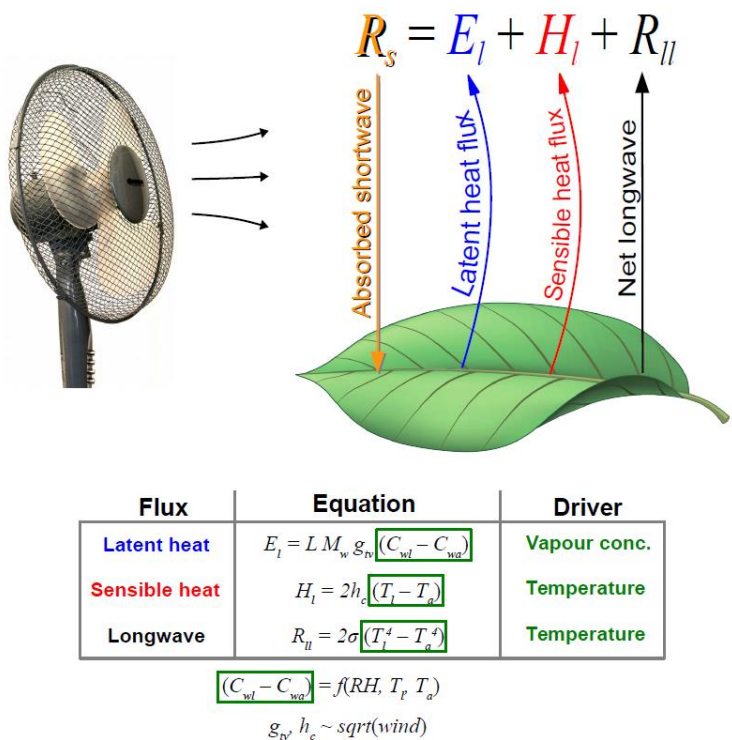
1. Direct effect: Beter horizontale en verticale lichtverdeling (Figuur 2)
 - geen 'hot spots' dus minder stress
 - gunstig voor fotosynthese gewas
2. Indirect effect: Beter klimaat
 - minder stress kan sluiten huidmondjes voorkomen
 - daardoor VPD niet te hoog: gewas koelt zichzelf
 - ramen mogen daardoor langer dicht: CO_2 blijft in de kas en vochtgehalte zakt niet in

Het diffuus maken van licht is dus vooral zinvol bij veel instraling.

1.3 Warmtebalans gewas

Figuur 3 laat de warmtebalans van een gewas zien. De zon zorgt voor energietoevoer via kortgolvenstraling (in Figuur 3 R_s genoemd). Energieafvoer vindt plaats door a) netto langgolvenstraling van het gewas, R_{ll} , b) voelbare warmte door convectie (via wind; H_l ; NB kan ook negatief getal zijn, dus energietoevoer), en c) latente warmte door verdamping; E_l).

Bij HM Tesselaar wordt er verneveld via lagedruk verneveling. Dit zijn relatief grote spetters die nog niet volledig verdampt zijn voordat ze het gewas raken. Lagedrukverneveling koelt dus de kaslucht en doordat bladeren nat worden koelt het ook direct het gewas.



Figuur 3. Warmtebalans bladeren (bron: Schymanski & Or, 2016).

2 Materiaal en methoden

Er waren twee proeffactoren verdeeld over twee afdelingen bij HM Tesselaar Alstroemeria B.V. te Heerhugowaard:

- Helder glas (Controle)
- Gecoat glas met D-GREE (Hermadix coatings B.V.)

Foto 1 geeft een impressie van het effect van de coating op direct zonlicht. Er zaten een aantal verschillen tussen de afdelingen, deze worden opgesomd in Tabel 1. Voor de proef werd de cultivar 'Pink Floyd' gevolgd (enige cultivar die in beide afdelingen aanwezig was). In de controlekas was 'Pink Floyd' geplant in 2012, in de gecoate afdeling was 'Pink Floyd' geplant in 2014. De controlekas was een halve meter hoger en daar was een 25% hogere vernevelcapaciteit aanwezig (lagedruk-verneveling). De afdeling met D-GREE staat bij de kweker bekend als 'de klimatologisch moeilijkere kas'.

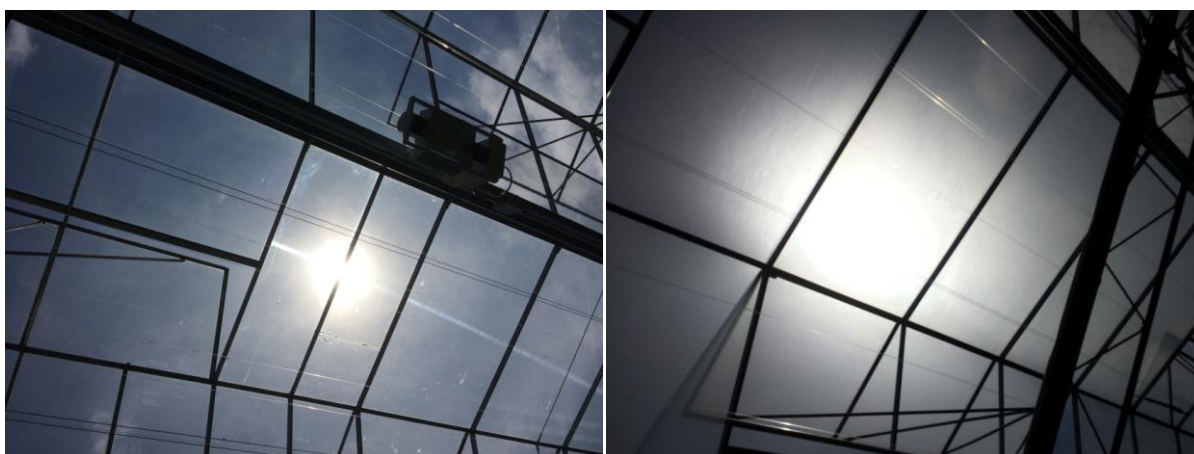


Foto 1. Foto van de zon genomen door het heldere (links) en gecoate glas (rechts).

Tabel 1. Kenmerken van beide afdelingen.

	Controle	D-GREE
adres	Altonstraat 19	Altonstraat 21
afdeling	Afdeling 15	Afdeling 11
kasgrootte	2 ha	2.4 ha
poothoogte	4.5m	4.0 m
pootafstand	4.5m	4.5m
tralie	6.4m	8.0 m
bedbreedte (bruto/netto)	1.6m / 1.15m	1.6m / 1.15m
dichtheid pulsators lage-drukverneveling	2 per tralie per poot (4.5m*6.4m=28.8m ²)	2 per tralie per poot (4.5m*8m=36m ²)
vermogen pulsators	4 liter per uur	4 liter per uur
vermogen per m ²	0.28 liter per uur	0.22 liter per uur
cultivar	'Pink Floyd'	'Pink Floyd'
pootdatum 'Pink Floyd'	2012, week 18	2014, week 13
SON-T (μmol/m ² /s)	83	83

De volgende acties zijn uitgevoerd:

- Coating aangebracht op 17 mei 2016 en verwijderd op 3 augustus 2016
- Lichttransmissiebepaling voor, tijdens, en na verwijdering coating
- Fotosynthesemetingen in beide afdelingen op zomerse dagen. Simultaan uitgevoerd door twee onderzoekers met ieder een LI-6400 fotosynthese-meetapparaat (LI-COR Biosciences, Lincoln, Nebraska, USA)
 - week 18/19 (1^e/2^e week mei), vóór aanbrengen van de coating
 - week 23 (2^e week juni) bij afdeling
 - week 30 (laatste week juli)
 - week 34 (laatste week augustus) na verwijderen van de coating
- Bepaling gewicht bovengrondse delen, wortelstokken en wortelknollen
 - Startmeting: 30/31 mei (week 22; kort na aanbrengen van de coating)
 - Eindmeting: 30/31 augustus (week 35; na verwijderen van de coating)
- Het klimaat is bijgehouden door meetboxen van Tesselaar en door growwatches (Foto 2) gedurende de coatingsperiode. Deze meten naast temperatuur, CO₂ en RV ook de planttemperatuur.
- Oogstregistratie, bijgehouden door HM Tesselaar Alstroemeria B.V.



Foto 2. Growwatch voor de monitoring van temperatuur, CO₂, RV en de planttemperatuur.

3 Resultaten en discussie

3.1 Kastransmissie en spectrum

Door middel van enige dagen buiten loggen met een PAR-sensor, is er een omrekeningsfactor bepaald voor de meting van de globale straling met de Solarimeter (Watt/m^2) van HM Tesselaar naar PAR ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) buiten (Foto 3). Door middel van de PAR-sensoren op de Growwatches in de kas kon de kastransmissie met en zonder coating over een langere periode vervolgens worden bepaald (Tabel 2). Te zien is dat de gemeten kastransmissie van de controle enigszins varieert over de tijd tussen de 72-74%. De kastransmissie onder D-GREE lag rond de 65%, dus 12% lager dan in de niet-gecoate afdeling. Dit was opvallend, omdat dit volgens de productspecificaties 15-20% lager zou moeten zijn. Op locatie Alton 10 lag een D-FUSE coating (ook van Hermadix coatings B.V.). Dit is een diffuus-coating zonder NIR-werende eigenschappen (in deze afdeling zijn geen verdere metingen aan het gewas verricht). Hier kwam de transmissie uit op 66%, dus vergelijkbaar met de D-GREE coating. Aanvullend is een spectrale meting uitgevoerd onder D-FUSE, D-GREE en helder glas (Figuur 3). Hieruit bleek dat de NIR-werende eigenschappen van D-Gree niet tot uiting kwamen: er waren niet of nauwelijks verschillen in het lightspectrum tussen 350 en 950 nm, terwijl de transmissie onder D-GREE vanaf ± 650 nm sterk zou moeten afnemen met als doel reductie NIR-straling >700 nm. Navraag bij de fabrikant leverde het gegeven op dat machinaal aanbrengen van D-GREE (13 emmers/ha) 15-20% PAR-reductie geeft. Bij een zoals hier uitgevoerde handmatige bespuiting is meer product nodig. Bij te weinig aangebracht product, zoals hier het geval getuige de hogere transmissie, zijn de laagdikte en dus het aantal mica-deeltjes in de laag, onvoldoende om het NIR-werende effect tot uiting te doen komen. Wel blijft bij de hier toegepaste laagdikte de diffuserende werking van de coating in stand. Er kan dus worden geconcludeerd dat de proef is uitgevoerd met een diffuus-coating zonder NIR-werende eigenschappen.

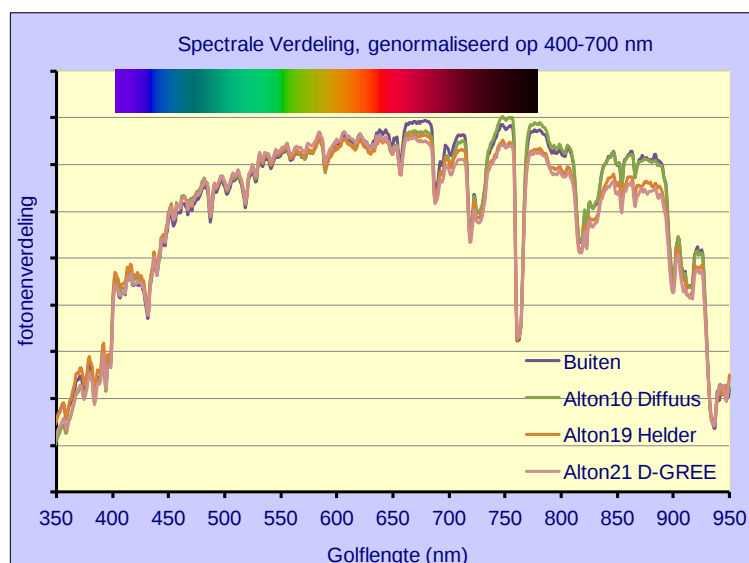


Foto 3. Meting van de hoeveelheid PAR buiten ter ijking van de Solarimeter van Tesselaar. De sensor stond op het platte dak van de koelcel van de locatie Alton 19 ter hoogte van de nok van de kas.

Tabel 2. Berekende kasdek-transmissiewaarden op basis van gemeten PAR in de kas en gemeten straling buiten de kas (omgerekend naar PAR). Uren dat er belicht of geschermd werd zijn niet meegenomen in de berekening. Op het kasdek van Alton 10 lag een gewone diffuus-coating (D-FUSE). Deze had een transmissie van 66%.

	Controle	D-GREE
Voor aanbrengen coating (5-14 mei)	72.4%	71.2%
Tijdens coating (18 mei-26 juni)	73.7%	65.0%
tijdens coating (18 mei -2 aug)	74.4%	64.7%
Na verwijdering coating (4 aug - 29 aug)	72.3%	73.0%

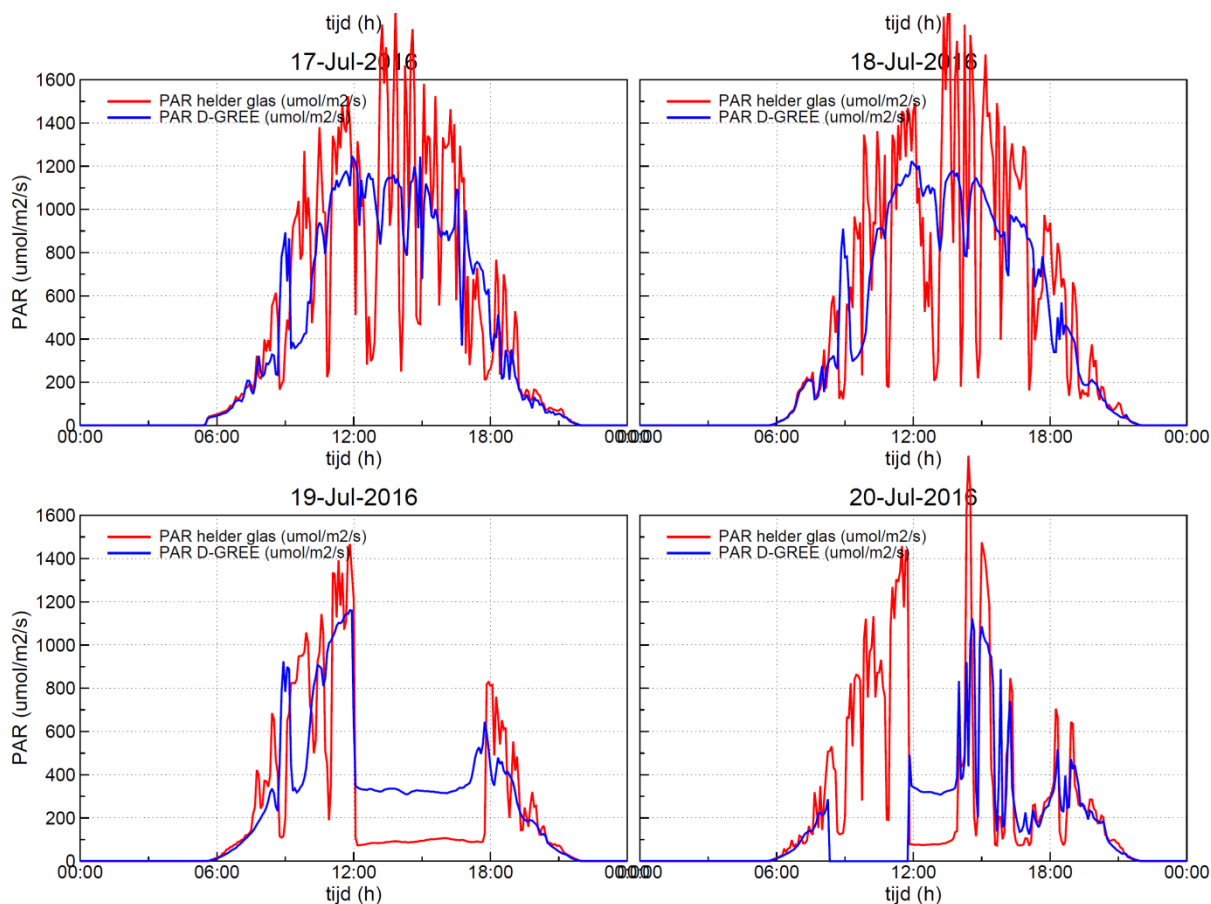
De lichtsom gedurende het coatingsseizoen was onder D-GREE niet 12% lager maar 11% vanwege het feit dat in die kas een bandjesschermbaan aanwezig was. Op dagen dat het schermdoek werd gebruikt, kreeg die afdeling fors meer licht dan de controle-afdeling met verduisteringsschermbaan. (zie bijvoorbeeld Figuur 5, 19 juli)



Figuur 4. Spectrale verdeling van het licht onder helder glas (controle), D-GREE en D-FUSE ten opzichte van daglicht (paarse lijn). De verschillen in spectrum zijn minimaal. Vanaf ongeveer 650 nm en hoger zou de D-GREE-lijn af moeten buigen naar beneden ten opzichte van de andere lijnen, maar vanwege de omstandigheden tijdens het aanbrengen is dit niet het geval.

Figuur 5 laat het verloop zien van de lichtintensiteit gedurende een willekeurige periode. Te zien is dat onder de coating (blauwe lijn) de lichtintensiteit een veel minder piekerig verloop heeft dan onder helder glas (rode lijn). Dit komt doordat onder helder glas een afwisselend patroon van 'hotspots' en schaduwbanen gemeten wordt, terwijl de lichtintensiteit onder de coating veel gelijkmatiger blijft over de tijd.

Op 19 juli is het effect van het verschil in schermtypen tussen beide kassen goed zichtbaar: het bandjesschermbaan in de D-GREE-afdeling laat veel meer licht door dan het verduisteringsschermbaan in de controle-afdeling (beide 60% dicht).



Figuur 5. Verloop van de lichtintensiteit onder helder glas (rood), D-GREE (blauw) en buiten. Te zien is dat onder helder glas de lichtintensiteit veel piekeriger verloopt dan onder D-GREE. Op 19 juli is er geschermd. Doordat de controle-afdeling een verduisteringsschermd en de D-GREE-afdeling een bandjesschermd heeft, resulteert dit op momenten dat geschermd wordt in een fors verschil in lichtintensiteit in de kas.

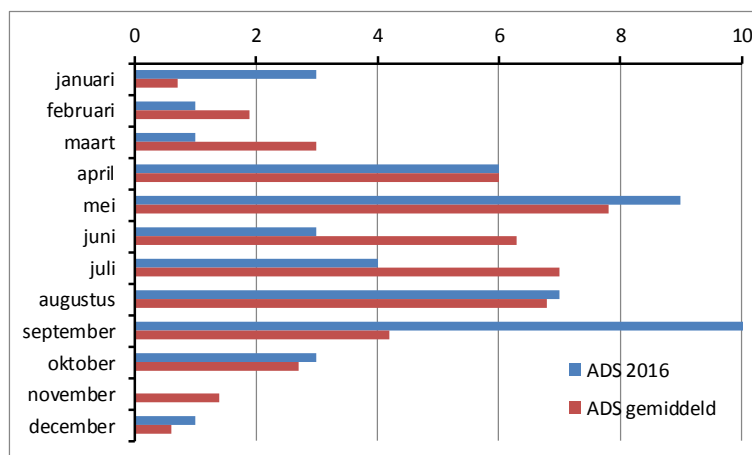
3.2 Klimaat

In dit deelhoofdstuk is nagegaan hoe de zomer van 2016 was ten opzichte van het langjarig gemiddelde. Tevens wordt nagegaan wat het effect van de coating was op het klimaat op piekmomenten.

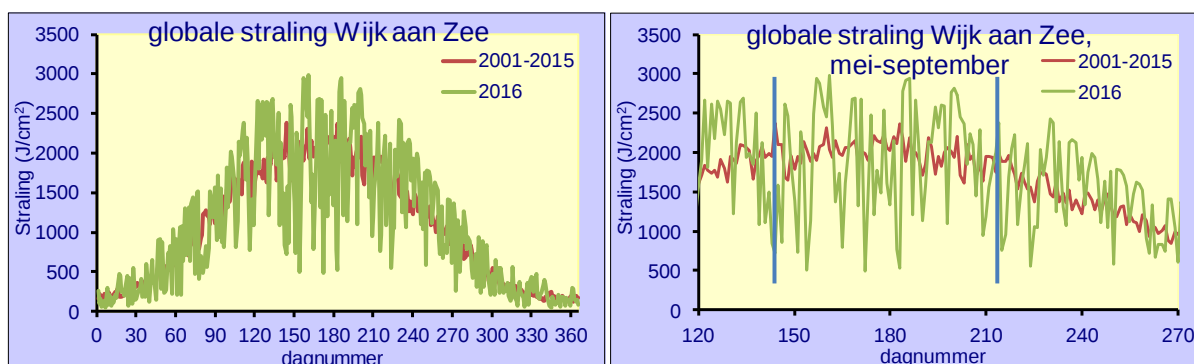
3.2.1 Hoe was de zomer 2016 ten opzichte van het langjarig gemiddelde?

Gedurende het coatingseizoen in 2016 waren de echt warme en zonnige dagen schaars. Het KNMI benoemt dit soort piekdagen als ADS-dagen. ADS staat voor temperature Above normal, Dry, Sunny. Juist deze dagen zijn potentieel stressvol voor het gewas. In Figuur 6 staat het gemiddeld aantal ADS-dagen per maand weergegeven als langjarig gemiddelde (rood) en voor 2016 (blauw). De ADS-dagen van de maand mei lagen juist aan het begin van de maand (voor aanbrengen coating). In de maanden juni en juli waren er in totaal 7 ADS-dagen ten opzichte van 13.3 als langjarig gemiddelde. Het aantal echt zonnige dagen was dus beperkt gedurende de tijd dat de coating op het kasdek lag. Tevens is nagegaan wat de gemiddelde

hoeveelheid straling was gedurende de tijd dat de coating op het kasdek lag. Dit bleek 6% lager te zijn dan het langjarig gemiddelde (Figuur 7). De conclusie kan dus getrokken worden dat het aantal piekmomenten en de gehele lichtsom in 2016 fors lager waren dan het langjarig gemiddelde.



Figuur 6. Het aantal ADS-dagen van 2016 ten opzichte van het langjarige gemiddelde. ADS staat voor Above normal / Dry / Sunny en is dus in de zomermaanden een maat voor de echt zomerse dagen.



Figuur 7. Straling 2016 ten opzichte van het langjarig gemiddelde tussen 2001 en 2015. Gedurende het coatingsseizoen was er 6% minder straling dan het langjarig gemiddelde. Vanaf de 2^e helft van augustus was er beduidend meer straling dan het langjarig gemiddelde.

3.2.2 Klimaat tijdens piekmomenten

In deze paragraaf worden enkele kernzaken belicht aangaande het klimaat. De focus ligt op piekmomenten. Een objectieve vergelijking van het effect van de coating op het klimaat wordt lastig gemaakt door de volgende zaken:

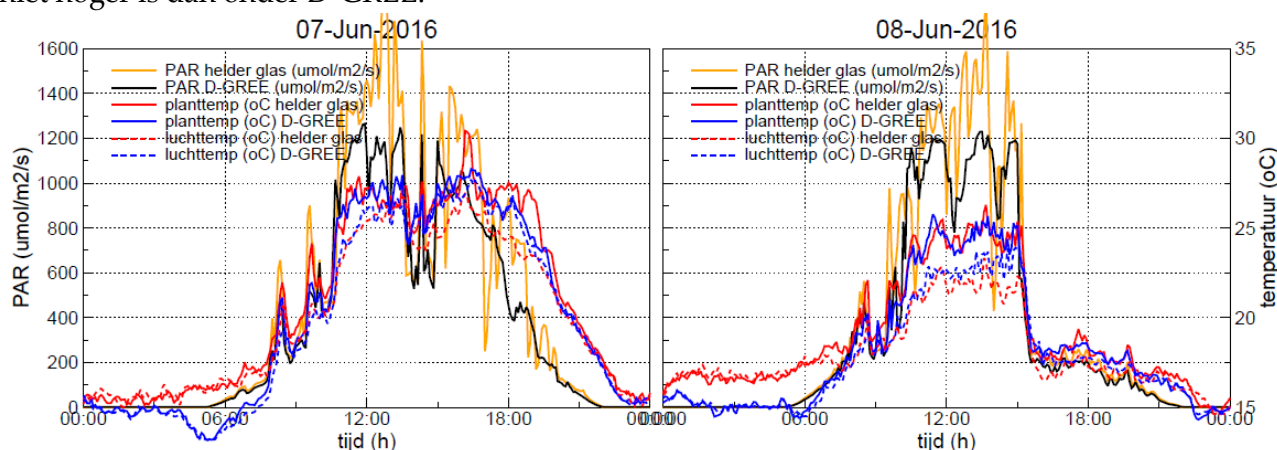
- Een 0.5m lagere kashoogte bij de D-GREE coating
- 25% hogere capaciteit verneveling bij de controle
- Verschil in inzet verneveling door tweemaal een overschatting van de RV onder de coating:
 - Per 22 juni: natte bol sensor vervangen bij D-GREE vanwege 1 graad lagere waarde, dit geeft een overschatting van de RV.
 - Per 19 juli: kousjes vervangen bij D-GREE doordat RV overschat werd.

- Regelmatig hogere nachttemperaturen in de controle-afdeling waardoor het ook in de eerste uren van de ochtend warmer was (Figuur 8, 8 juni).

In onderstaande paragraaf worden enkele voorbeelden besproken waarbij vernevelcapaciteit invloed heeft op gewas- en luchttemperatuur.

Dankzij hogere vernevelcapaciteit een gelijke bladtemperatuur ondanks hogere instraling

Figuur 8 laat het verloop zien van lichtintensiteit en bijbehorende plant- en luchttemperatuur in beide afdelingen. Te zien is dat de lichtintensiteit onder helder glas een stuk hoger is. De planttemperatuur verschilt echter op beide dagen vanaf ongeveer 8:00 nauwelijks. Dit is niet logisch, omdat een hogere lichtintensiteit ook een hogere warmtelast geeft, waarbij we er dan van uitgaan dat het gewas niet de capaciteit heeft om de extra straling volledig weg te koelen middels verdamping. De luchttemperatuur verschilt op 7 juni tussen 8:00-13:00 ook nauwelijks, maar is daarna duidelijk lager in de controle-afdeling, terwijl de luchttemperatuur onder de coating vanaf 13:00 dicht bij de planttemperatuur blijft. Dat de luchttemperatuur in de controle-afdeling 's middags onder de planttemperatuur blijft, wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de 25% hogere vernevelcapaciteit aldaar. Lagedrukverneveling geeft vrij grote spetters, hierdoor worden ook de bladeren vochtig en dus direct gekoeld, (zie paragraaf 1.3). Dankzij de grotere vernevelcapaciteit in de controle-afdeling worden dus de kaslucht en de bladeren effectiever gekoeld zodat de planttemperatuur ondanks de hogere instraling toch niet hoger is dan onder D-GREE.

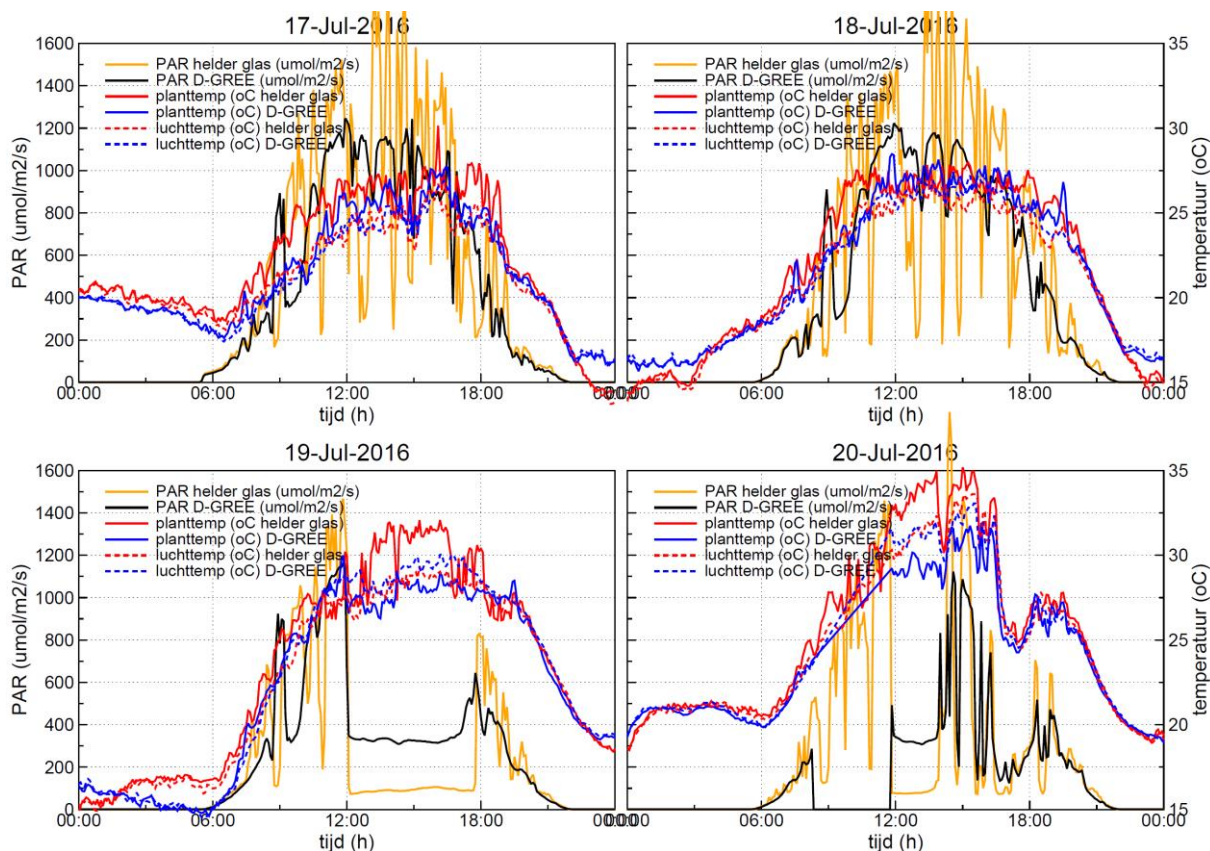


Figuur 8. Verloop van de lichtintensiteit, plant- en luchttemperatuur op 7 en 8 juni. Te zien is dat ondanks de hogere instraling in de controle-afdeling de planttemperatuur overdag nauwelijks verschilt tussen beide afdelingen. Op 7 juni is de luchttemperatuur zeker 's middags lager in de controle-afdeling. Dit valt toe te schrijven aan de grotere vernevelingscapaciteit bij de controle.

Figuur 9 geeft de plant- en luchttemperatuur weer van 17-20 juli. Tevens staat de lichtintensiteit weergegeven. De volgende zaken vallen op:

- Een snellere opwarming van het gewas onder helder glas (17 en 18 juli tussen 9:00-12:00). De rest van de dag zijn de verschillen beperkt.
 - Meestal startte rond 11:00 uur de lagedrukverneveling.
- Onder D-GREE liggen plant- en luchttemperatuur dicht bij elkaar, onder helder glas niet (rode lijn op 17 en 18 juli).

- Op 19 juli onder helder glas en scherm 60% dicht is er waarschijnlijk een overschatting van de gewastemperatuur, doordat planttemperatuurmeter waarschijnlijk de zonnebaan meet.

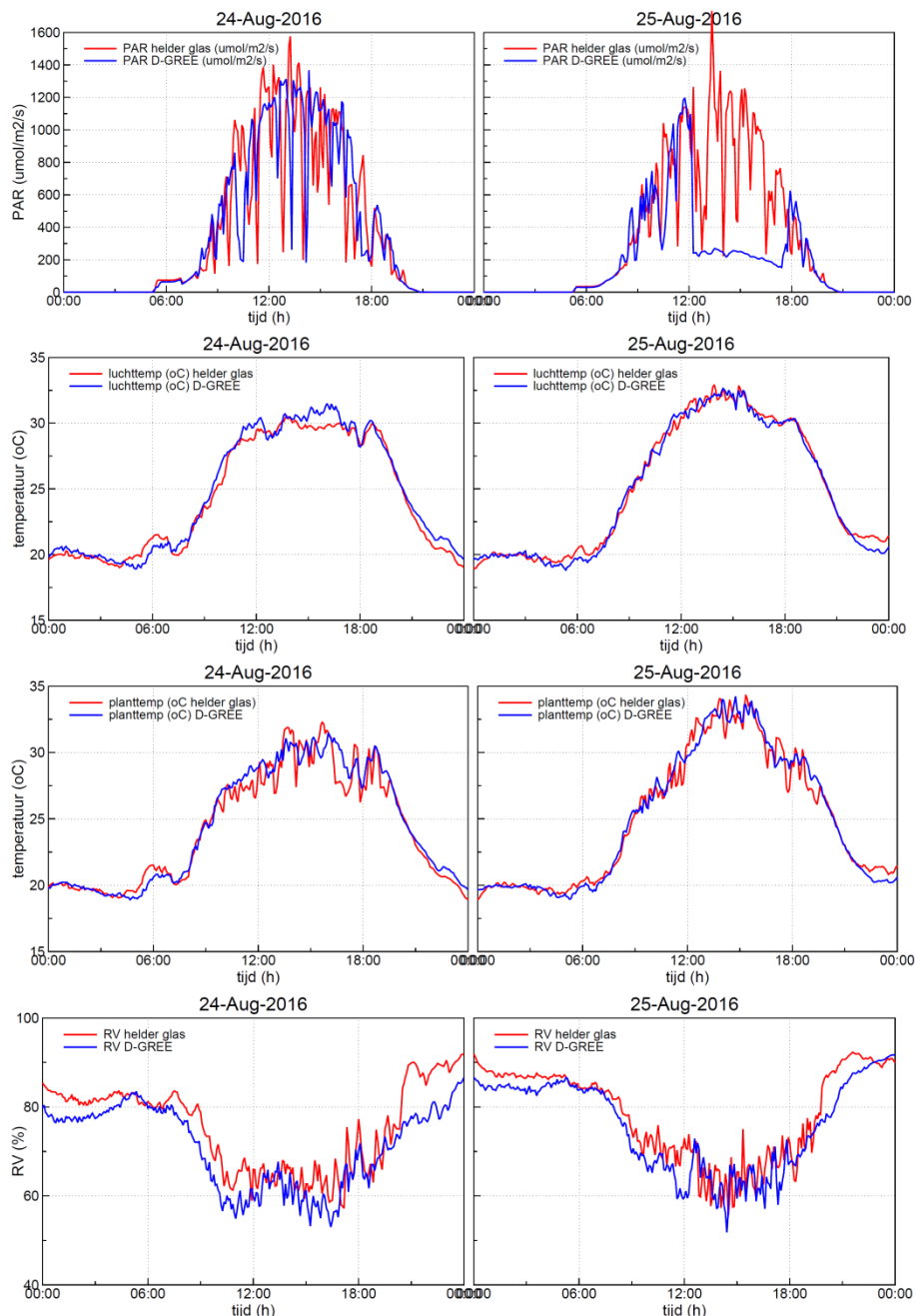


Figuur 9. Verloop van de lichtintensiteit, plant en luchttemperatuur van 17-20 juli. Te zien is dat er op 17 en 18 juli er tussen 8:00-12:00 een snellere opwarming is van het gewas onder helder glas. Onder helder glas liggen de plant- en luchttemperatuur ook verder uit elkaar dan onder D-GREE. Op 19 juli is er in beide afdelingen geschermd (scherm 60% dicht). Op dat moment neemt de bladtemperatuur fors toe doordat de meter waarschijnlijk de zonnebaan meet.

Samenvattend kan er gesteld worden dat op piekmomenten de planttemperatuur niet of nauwelijks verschilde tussen beide afdelingen, ondanks 12% minder licht in de gecoate kas. Waarschijnlijk werd de extra warmtelast in de controle-afdeling weggekoeld door de 25% hogere vernevelcapaciteit die daar aanwezig was. Hierdoor was het niet mogelijk om ramen in de coatingsafdeling verder dicht te knijpen en zo CO₂ en vocht beter vast te houden.

Effect van de verschillende eigenschappen van de kasafdelingen op het klimaat na verwijdering coating

Figuur 10 geeft het klimaat weer op 24 en 25 augustus, beide dagen behoorden tot de warmste dagen van het jaar. Te zien is dat de lucht- en planttemperatuur is in de voormalige D-GREE-afdeling op 24 augustus duidelijk hoger is dan onder helder glas terwijl de RV lager is. Op 25 augustus is dit niet het geval omdat er geschermd wordt in de D-GREE-afdeling. Dit zal voornamelijk veroorzaakt zijn door de lagere vernevelingscapaciteit en mogelijk ook door de 0.5m lagere pothoogte. De verschillen in klimaat laten zien dat de D-GREE-afdeling inderdaad de klimatologisch moeilijker afdeling is.



Figuur 10. PAR, plant- en luchttemperatuur en RV op 24 en 25 augustus, dus na verwijdering D-GREE. De lucht- en planttemperatuur is in de D-GREE-afdeling op 24 augustus duidelijk hoger dan onder helder glas terwijl de RV lager is. Op 25 augustus is dit niet het geval omdat er geschermd wordt in de D-GREE-afdeling. Dit laat zien dat de D-GREE afdeling inderdaad de klimatologisch wat moeilijker afdeling is.

3.3 Effect coating op fotosynthese en huidmondjes

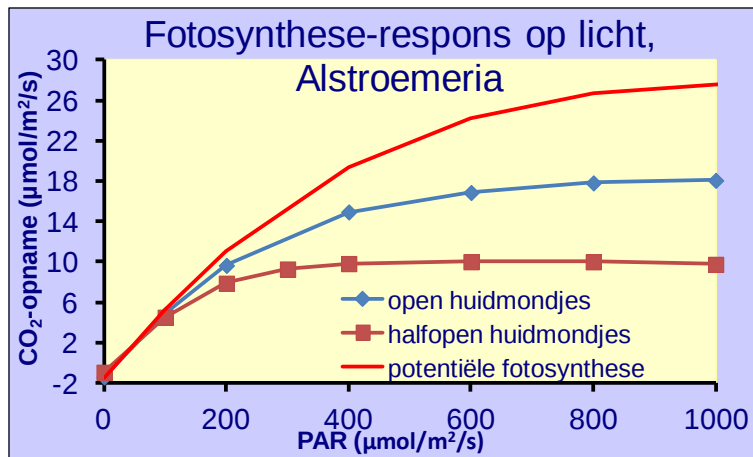
3.3.1 Licht- en CO₂-respons bij Alstroemeria 'Pink Floyd'

Een aantal keer in het seizoen is op zomerse dagen de fotosynthese gemeten (Foto 4). Figuur 11 geeft de fotosynthese-lichtrespons weer van 'Pink Floyd'-bladeren gemeten bij 450 ppm CO₂. Door middel van CO₂-dosering werd dit niveau ook bij geopende ramen bereikt. Bij geopende huidmondjes (blauwe lijn) is te zien dat de potentiële fotosynthese (helderrode lijn) zelfs bij relatief lage lichtniveaus al niet meer bereikt wordt. Bij hogere CO₂-niveaus zal de blauwe lijn dichter bij de helderrode lijn komen te liggen. Bij geopende ramen is een hoger CO₂-niveau echter moeilijk te realiseren. Bij hogere lichtniveaus buigt de fotosynthese sneller af dan bij vruchtgroentegewassen als tomaat of komkommer. Hoe sneller deze lichtrespons afbuigt, hoe belangrijker het is om direct licht diffuus te maken. Immers twee keer 500 μmol geeft een bijna twee keer zo hoge fotosynthese als één keer 1000 μmol ($2 \cdot 16 = 32$ ten opzichte van $1 \cdot 18$). Halfopen huidmondjes verlagen de fotosynthese (donkerrode lijn) al fors vanaf 200 μmol PAR en hoger, dit dient dus voorkomen te worden.

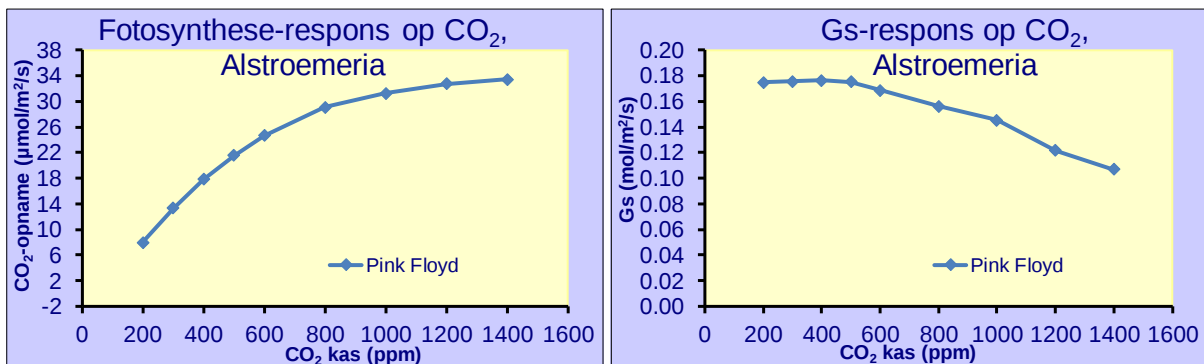
Het is belangrijk om op te merken dat de fotosynthese van het hele gewas minder scherp afbuigt bij een toenemende lichtintensiteit dan de in Figuur 11 weergegeven fotosynthese-respons op blad-niveau.



Foto 4. Meting van de fotosynthese met een draagbare fotosynthesemeter (LI-6400). In het apparaat kunnen PAR, CO₂, temperatuur en vocht gevarieerd worden. Op deze manier wordt de fotosynthese-snelheid gemeten bij een bepaald niveau PAR en CO₂ aan een ingeklemd blad (rode pijl).



Figuur 11. Effect van huidmondjessluiting op de fotosynthese-respons op licht bij bladeren van *Alstroemeria* 'Pink Floyd' gemeten bij 450 ppm CO₂. De gerealiseerde fotosynthese (blauwe lijn) zou bij een hoger CO₂-gehalte dichter bij het potentieel (helderrode lijn) komen te liggen. Let op: de fotosynthese van het hele gewas buigt minder scherp af bij een toenemende lichtintensiteit dan de hier weergegeven fotosynthese-respons op blad-niveau.



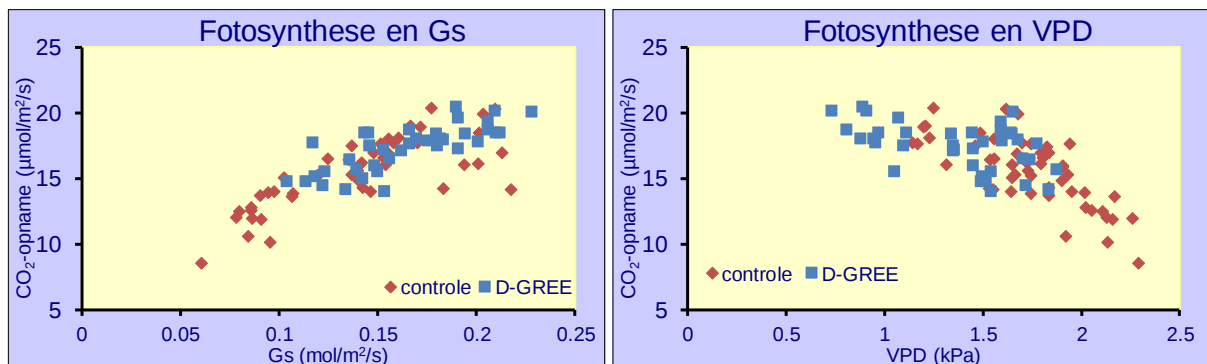
Figuur 12. Fotosynthese-respons en huidmondjesrespons op CO₂ van *Alstroemeria* 'Pink Floyd' bij 1000 µmol PAR. Opvallend is dat bij hogere CO₂-niveaus de huidmondjes langzaam sluiten.

Figuur 12 geeft het effect weer van een toenemende CO₂-niveau op de fotosynthese. Te zien is dat de CO₂-opname fors toeneemt als er een hogere CO₂-concentratie in de kas kan worden gerealiseerd. Het is dus een uitdaging om de CO₂-concentratie in de kas zo hoog mogelijk te houden. Dit kan alleen door de ramen te 'knijpen'. Echter, op zomerse dagen kan dan de temperatuur moeilijk in de hand gehouden worden. *Alstroemeria* is een relatief koudeminnend gewas (*Alstroemeria* heeft bodemkoeling nodig voor tak- en bloeminductie). Een zo laag mogelijke luchttemperatuur (door open ramen en luchtbevochtiging) is dan nodig om de gewastemperatuur zo laag mogelijk te houden. Heel hoog CO₂ werkt negatief op de huidmondjesopening (Figuur 12 rechts).

3.3.2 Relatie fotosynthese, huidmondjes en VPD

Ook een hoge VPD (dampdrukdeficit tussen kaslucht en plant) heeft een negatief effect op de huidmondjesopening. Dit is te zien in Figuur 13. De fotosynthese-metingen van juni zijn weergegeven ten opzichte van de huidmondjesopening en de VPD. Hierbij is te zien dat de

huidmondjesopening zwaar beperkend kan zijn voor de fotosynthese (Figuur 13 links). Dit kwam vaker voor in de controle-afdeling (rode punten). De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk bij een hoger aantal bladeren met stress vanwege 'hotspots' in de controle-afdeling. De lage waarden van de fotosynthese en huidmondjesopening vallen samen met een hoge VPD. Hierbij moet worden opgemerkt dat er een wederkerige relatie zit tussen huidmondjesopening en VPD. Bij hoge VPD zal een huidmondje meer gaan sluiten, maar door sluiting van huidmondjes zal de VPD ook toenemen. De VPD in de kas kan echter worden verlaagd door luchtbevochtiging. Uit Figuur 13 rechts kan worden afgeleid dat de VPD onder de 1.7 kPa moet blijven om negatieve effecten op huidmondjesopening en CO₂-opname te voorkomen. Bij een gelijke gewas- en ruimtetemperatuur komt dit in de buurt van een VD van 12 g/m³.

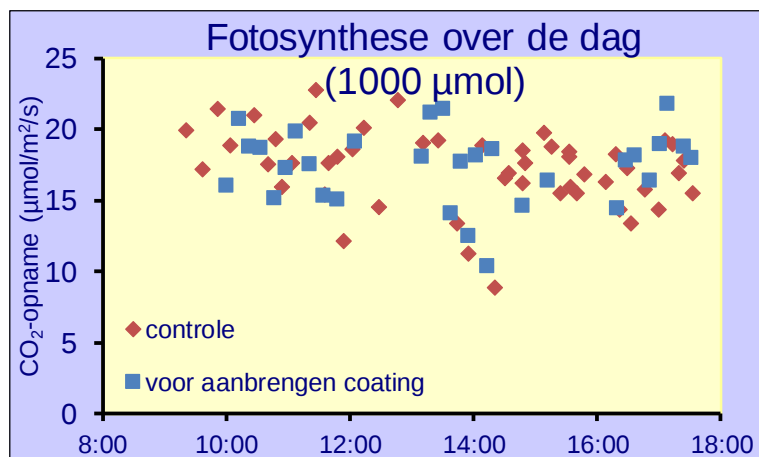


Figuur 13. Verband tussen de fotosynthese bij 1000 µmol PAR 450 ppm en de huidmondjesopening (Gs; links) en de VPD (rechts). Ieder punt in de grafiek is een apart blad (metingen juni 2016). Te zien is dat de onder een bepaalde huidmondjesopening de fotosynthese steeds lager wordt. Lagere waarden van de fotosynthese en de huidmondjesopening vallen samen met een hogere VPD. (NB er zit een wederkerige relatie tussen huidmondjesopening en VPD: door sluiting van de huidmondjes zal de VPD toenemen, door een hoge VPD zal een huidmondje meer gaan sluiten.)

3.3.3 Dagverloop van de fotosynthese

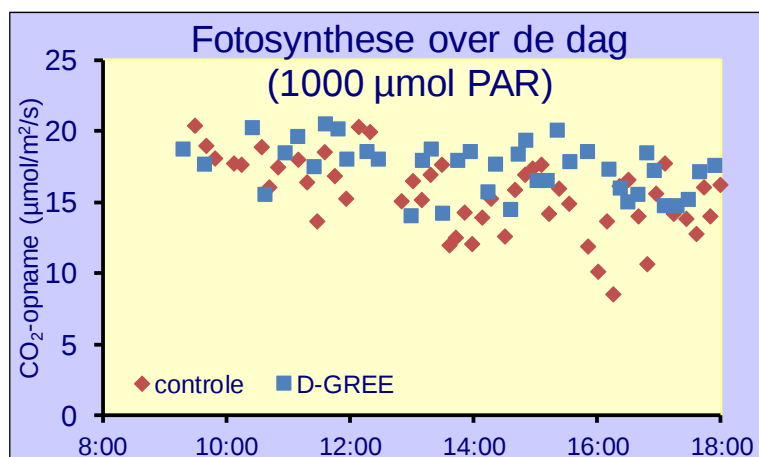
Tijdens piekmomenten (zonnige dagen) is het dagverloop van de fotosynthese vóór, tijdens (twee maal) en na de periode met coating gemeten, door middel van kortdurende metingen aan veel bladeren in beide afdelingen. Voor het gemak van de interpretatie is dit bij een vast licht- en CO₂-niveau uitgevoerd van 1000 µmol PAR en 450 ppm CO₂. De bloktemperatuur in de meetcuvette is gedurende de loop van de dag steeds aangepast aan de bladtemperatuur gemeten in de kas.

Figuur 14 geeft de metingen weer die op 9 mei (vòòr aanbrengen coating) zijn uitgevoerd. Ieder punt in de grafiek is een ander blad. Gedurende het grootste deel van de dag varieert de CO₂-opname tussen de 15-20 µmol/m²/s CO₂. Er zijn er geen verschillen gemeten tussen beide afdelingen. Rond 14:00 (hoogste stand van de zon) worden in beide afdelingen enkele lagere waarden gemeten. Deze metingen laten zien dat er buiten de enkele metingen rond 14:00 uur geen fotosynthese-stress optrad.



Figuur 14. Dagverloop van de fotosynthese bij 1000 μmol PAR en 450 ppm CO_2 op 9 mei 2016 voordat de coating aangebracht was. Ieder punt in de grafiek is een apart blad. Te zien is dat er in beide afdelingen dezelfde waarden worden gemeten. Rond 14:00 (hoogste punt van de zon) liggen een aantal metingen wat lager. Het klimaat buiten: 40 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ PAR / gemiddelde dagtemperatuur 21.5°C, max. temperatuur=25.8°C.

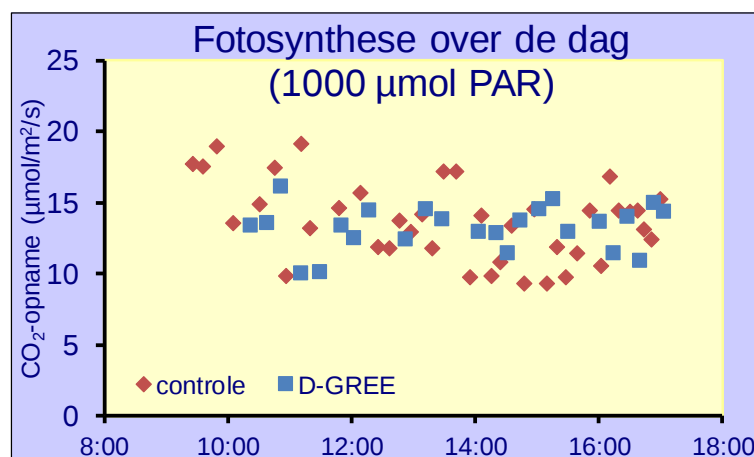
Figuur 15 laat de fotosynthese zien gedurende een zonnige dag tijdens de periode dat de coating op het kasdek ligt (7 juni). Te zien is dat de metingen bij de controle (rode punten) veel meer spreiding laten zien dan de metingen onder D-GREE (blauwe punten). Deze spreiding neemt vooral na 13:00 toe: er zijn dan dus behoorlijk wat bladeren die de huidmondjes gedeeltelijk sluiten bij de controle. Onder D-GREE was dit niet het geval. Dit laat dus het positieve effect van de coating zien op vermindering van fotosynthese-stress.



Figuur 15. Dagverloop van de fotosynthese bij 1000 μmol PAR en 450 ppm CO_2 op 7 juni 2016 (in periode met coating op kasdek). Ieder punt in de grafiek is een apart blad. Te zien is dat de data-spreiding groter is in de controle, vooral na 13:00 uur, hetgeen duidt op meer bladeren met een lagere huidmondjes-geleidbaarheid. Het klimaat buiten: 49 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ PAR / gemiddelde dagtemperatuur 19.5°C, max. temperatuur=24°C.

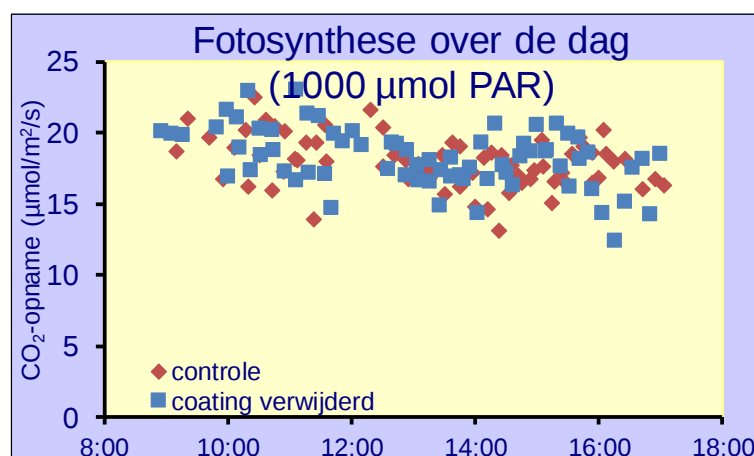
Op 26 juli 2016 (zonnige dag) is bewust de verneveling uitgezet om het effect van de coating zonder verneveling in beeld te brengen (Figuur 16). Te zien is dat alleen rond 10:00 uur nog enkele hoge waarden zijn gemeten en daarna niet meer. In beide afdelingen lag de fotosynthese fors lager dan tijdens de juni-metingen (Figuur 15). Dit laat zien dat de verneveling een groot effect heeft op het voorkomen van fotosynthese-stress. Tussen 14:00 en

16:00 uur liggen er een aantal metingen juist bij de controle wat lager, dus de coating vermindert nog steeds de fotosynthese-stress, maar het ontbreken van de verneveling heeft in absolute zin een groter effect.



Figuur 16. Dagverloop van de fotosynthese bij 1000 $\mu\text{mol PAR}$ en 450 ppm CO_2 op 26 juli 2016 (in periode met coating op kasdek). Op deze dag stond de verneveling uit. Ieder punt in de grafiek is een apart blad. Te zien is dat er in beide afdelingen dezelfde waarden worden gemeten. Tussen 14:00 (hoogste punt van de zon) en 16:00 liggen een aantal metingen bij de controle wat lager. Het klimaat buiten: 45 $\text{mol/m}^2/\text{dag PAR}$ / gemiddelde dagtemperatuur 21.9°C, max. temperatuur=26°C.

Nadat de coating was verwijderd, is op 24-25 augustus 2016 (heetste dagen van het jaar) nogmaals het verloop van de fotosynthese over de dag gemeten (Figuur 17). Er is geen verschil te ontdekken tussen beide afdelingen. De fotosynthese-stress blijft beperkt dankzij de zware verneveling op die twee dagen. Zonder coating kan de fotosynthese-stress dus door de verneveling vrij goed worden opgevangen. Wel moet worden opgemerkt dat in augustus het makkelijker is om vocht in de kas te houden dan in mei/juni.



Figuur 17. Dagverloop van de fotosynthese bij 1000 $\mu\text{mol PAR}$ en 450 ppm CO_2 op 24 en 25 augustus 2016, nadat de coating verwijderd was. Ieder punt in de grafiek is een apart blad. Te zien is dat er in beide afdelingen dezelfde waarden worden gemeten. De hele dag is de stress beperkt, waarschijnlijk dankzij de zware verneveling. Het klimaat buiten: 45 $\text{mol/m}^2/\text{dag PAR}$ / gemiddelde dagtemperatuur 27.2 en 28.7°C, max. temperatuur=31.5 en 33.6°C.

Tabel 3 geeft een overzicht van de daggemiddelden van alle metingen behorend bij de Figuren 14-17. Hieruit kan het volgende worden geconcludeerd:

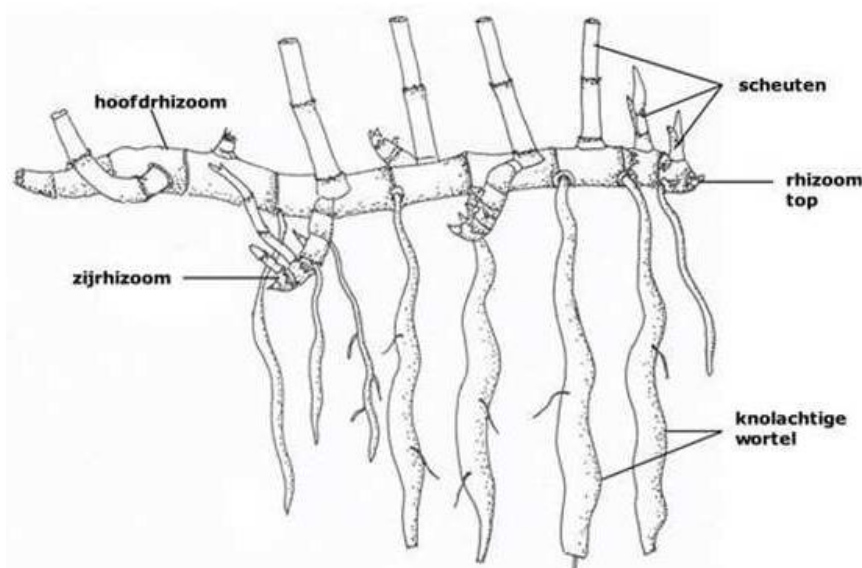
- Mei-meting, voor aanbrengen coating: geen verschil in fotosynthese tussen afdelingen.
- Juni-meting: positief effect van de coating op voorkomen fotosynthese-stress
- Juli-meting: in beide afdelingen een forse verlaging van de fotosynthese doordat de verneveling uit stond. Alleen de coating, zonder luchtbevochtiging, is dus onvoldoende om een lagere fotosynthese door gedeeltelijke sluiting van de huidmondjes te voorkomen.
- Augustus-meting: zonder coating kan het qua fotosynthese toch nog goed gaan bij voldoende RV, geen verschil tussen beide afdelingen. Waarbij de opmerking dat het in augustus makkelijker is om vocht in de kas te houden dan in mei/juni.

Tabel 3. Overzicht daggemiddelden van de fotosynthesemetingen bij 1000 μmol licht en 450 ppm CO_2 .

Maand	periode	verneveling	D-GREE	Controle
Mei	vòòr coating	aan	16.6	16.6
Juni	tijdens coating	aan	17.3	15.3
Juli	tijdens coating	uit	13.2	13.7
Augustus	na coating	aan	17.9	18.3

3.4 Gewaskarakteristieken en oogst

Eind mei en eind augustus 2016 zijn er metingen gedaan aan de bovengrondse en ondergrondse gewasdelen. Hierbij is het gewicht van de wortelstokken (rhizomen) en de wortelknollen bepaald. Alstroemeria maakt twee soorten wortels: draadvormige en knolvormende wortels (Figuur 18). De draadvormige wortels kunnen zich ook plaatselijk verdikken tot kleine knolletjes (Vonk Noordegraaf, 1981 en Foto 4). Tevens zijn het bovengrondse gewicht aan takken en de LAI bepaald. Het bovengrondse gewicht wordt sterk beïnvloedt door gewashandelingen voor het moment van rooien: wanneer is er voor het laatst geoogst en/of loos geplukt? Foto 4 geeft een impressie weer van het rooien van het gewas, het spoelen en wegen van de wortelstokken en de wortelknollen



Figuur 18. De morfologie van een Alstroemeria-rhizoom (bron: De Klerk, 2013).

Tabel 4 geeft de gewaskarakteristieken weer. Te zien is dat er in mei een groot verschil was in bovengrondse delen. In augustus lag dit veel dichters bij elkaar. Hier speelt toeval een grote rol (voorafgaande oogst en loos plukken). Interessanter is het verschil in toename van de ondergrondse delen. Onder de coating is het ondergrondse gewicht met 81 gram drogestof toegenomen ten opzichte van 29 gram bij de controle. Dit verschil is voornamelijk toe te schrijven aan een toegenomen wortelknolgewicht onder D-GREE. Het ligt voor de hand dat wortelknollen een functie als reservevoedsel hebben. Vonk Noordegraaf (1981) merkt op dat op de oorspronkelijke groeiplaatsen van Alstroemeria de wortelknollen een functie hebben als reserve-organen om ongunstige klimaatsomstandigheden te overleven (warme droge zomers). Het percentage drooggewicht van de wortelknollen lag op slechts 4%, wat in dit geval eerder een waterbuffer suggereert dan opslag van reservevoedsel. Vonk Noordegraaf (1981) merkt ook nog op dat onder bepaalde omstandigheden de knolvorming vrij omvangrijk kan zijn en dan een belangrijke sink voor assimilaten vormt, die zijn invloed ten koste van de groei van andere delen doet gelden. Interessant zou zijn als de assimilaten geïnvesteerd in knolvorming in de zomer worden benut voor productie in het najaar.



Foto 5. Impressie van het rooien van één strekkende meter gewas. Van links naar rechts: rooien / spoelen wortelstok (rhizoom) en aanhangende wortels en wortelknollen / wegen ondergronds gewicht / droge wortelstokken / droge wortelknollen.

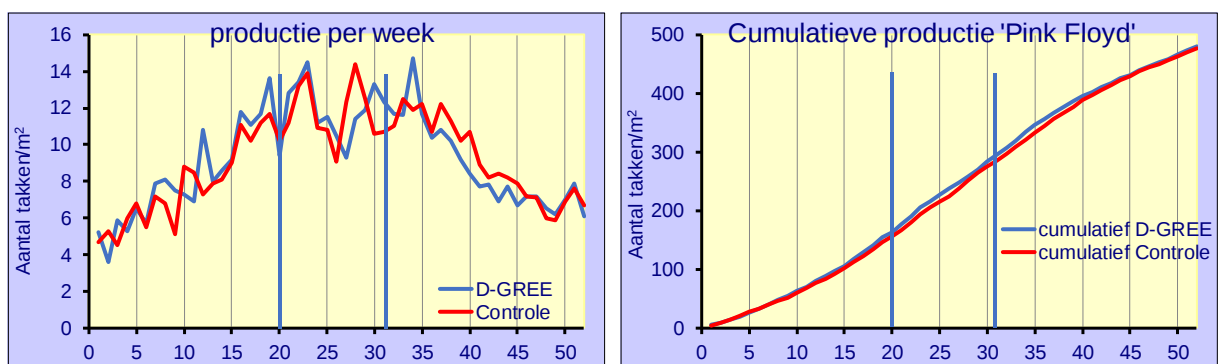
Tabel 4. Gewaskarakteristieken eind mei en eind augustus 2016. Ieder getal is een gemiddelde van drie geoogste veldjes van 1 strekkende meter lang (bruto bed-breedte=1.6m, netto 1.15m). Ieder veldje kwam uit een apart koelvak en lag tenminste 10 meter uit het pad of de gevel. De grond is tot een diepte van 30 cm nagezocht op wortelknollen.

	Controle mei	Controle augustus	D-GREE mei	D-GREE augustus
LAI (m ² blad/m ² grond)	5.6	3.5	3.9	3.9
Drooggewicht bovengronds (g)	726	411	509	468
Drooggewicht ondergronds (g)	117	146 (+29)	102	183 (+81)
Drooggewicht totaal (g)	842	557	611	651
% ondergronds	14%	26%	17%	28%
Wortelstok	64	87 (+21)	47	73 (+26)
Wortelknol	53	59 (+6)	56	109 (+53)
% knol	45%	40%	49%	60%

De vraag was of deze toename in wortelknollen mogelijk een positief effect heeft op de takproductie in de winter. Vandaar dat de oogst van de takken tot het einde van het jaar nog gevolgd is. Dit staat weergegeven in Figuur 19. Er is een duidelijk jaarpatroon aanwezig: tot

ongeveer week 16 neemt de productie fors toe, en vanaf week 35 weer fors af. De weekproductie verschilt niet opvallend tussen beide afdelingen. De cumulatieve productie laat zien dat er vanaf week 15 er een kleine voorsprong ontstaat in de afdeling waar de coating zou worden aangebracht. Deze voorsprong blijft tot ongeveer week 40 in stand en is aan het einde van het jaar verdwenen. Tussen week 45-52 is er geen zichtbaar positief effect van het toegenomen knolgewicht op de winterproductie. Hierbij moet worden opgemerkt dat wel het aantal takken is geteld, maar het takgewicht niet is bepaald. Als de takken in één afdeling iets zwaarder zijn dan in de andere afdeling, komt dit dus niet tot uiting in deze cijfers. Verder moet worden opgemerkt dat een zuivere vergelijking van de productie wordt bemoeilijkt doordat a) de gewasleeftijd bijna twee jaar verschilde: dit kan kleine verschillen in productie geven, en b) de bestaande verschillen tussen beide afdelingen (0.5 m lager en lagere vernevelingscapaciteit) ook voor lagere productie in de gecoate kas kunnen zorgen.

Zoals opgemerkt bij tabel 1 was de lichtsom gedurende de tijd dat de coating erop lag ruim 11% lager. De coatingsafdeling heeft dus op jaarbasis gelijk geproduceerd ondanks de 11% lagere lichtsom gedurende het coatingsseizoen. Dit laat in ieder geval het positieve effect zien van diffuus licht op de productie, ervan uitgaande dat 11% minder licht zonder de diffusiteit-component productie gekost zou hebben.



Figuur 19. Weekproductie als het aantal takken/m² en cumulatieve productie in de controle-afdeling (rode lijn) en de D-GREE-afdeling (blauwe lijn). De verticale lijnen geven de periode aan wanneer de coating erop lag.

4 Slotbeschouwing

Het is lastig om een sluitende conclusie over coatingen bij *Alstroemeria* te trekken. Het volgende speelt een rol:

- a. De milde zomer gedurende de coatingsperiode. Door de milde zomer van 2016 (minder ADS-dagen en 6% minder straling) was het aantal stress-momenten voor de fotosynthese beperkt. In een gemiddeld (of zonniger dan gemiddeld) zal een diffuus-coating een positiever effect hebben. Tevens bleek dat de stress-momenten redelijk goed opgevangen kunnen worden door de inzet van lagedruk verneveling.
 - NB het vochtdeficit is in augustus gemakkelijker in de hand te houden dan in mei/juni
- b. Het vergelijken van de productie tussen beide afdelingen wordt bemoeilijkt door de volgende zaken:
 - Gewasleeftijd: kan kleine verschillen in productie geven
 - Kasverschil (coating-kas 0.5 m lager en lagere vernevelingscapaciteit)
- c. Mogelijke cultivarverschillen. Cultivar 'Pink Floyd' is een relatief sterk cultivar (Butterfly, tetraploïde), cultivars zoals 'Lucero' (Aurea, triploïde) kunnen minder goed tegen hoge lichtintensiteiten en gaan dan zichtbaar slap hangen en vertonen lichtschade (Foto 5). Bij zulk soort cultivars is een coating eerder nodig om lichtstress te voorkomen dan bij 'Pink Floyd'.



Foto 5. *Alstroemeria* 'Lucero' op 25 augustus 2016 (warme dag) gefotografeerd. De gele strepen duiden op licht- en/of temperatuursschade.

Overige opmerkingen:

- Het diffuus maken van het licht blijft interessant vanwege de snel afbuigende lichtrespons curve van *Alstroemeria* (Figuur 11): een stijging van 0 naar 500 μmol geeft een fors hogere

fotosynthese, de stijging van de fotosynthese door een verdubbeling van licht van 500 naar 1000 μmol is veel beperkter. Let op: de gewasfotosynthese stijgt bij toenemend licht wel langer door dan de bladfotosynthese (als weergegeven in Figuur 11).

- Als door het gebruik van de coating meer CO_2 in de kas gehouden zou kunnen worden, dan zou de gewasfotosynthese fors kunnen stijgen. Dit zal dan met de inzet van veel verneveling gepaard moeten gaan, zodat de raamstand daadwerkelijk verder dicht geknepen kan worden. In dat opzicht blijft het erg interessant om te onderzoeken in hoeverre een coating die daadwerkelijk een fors aandeel warmtestraling (NIR) weert, zonder dat dat veel licht-transmissie kost, daar aan bij kan dragen.
- De vernevelingscapaciteit is heel belangrijk gebleken om de gewas- en luchttemperatuur onder controle te houden en fotosynthese-stress te voorkomen.

Samenvattend kan er gesteld worden dat diffuus licht (door middel van coating, scherm of glas) positief is voor Alstroemeria. Zwakkere cultivars zullen meer baat hebben bij een diffuus-coating ter voorkoming van lichtstress dan sterkere cultivars. Een diffuus-coating kan ook werken als een 'verzekeringspremie': In de jaren dat het niet nodig is, kost de coating wel geld maar geen productie. In de jaren dat het wel nodig is, levert de coating waarschijnlijk wel meerproductie op.

Referenties

- De Klerk GJ, 2013.** Verbetering weefselkweek met pilotgewas Alstroemeria. WUR Plant Breeding, Wageningen 31p.
- Dueck TA, Poudel D, Janse J, Hemming S. 2009.** Diffuus licht–wat is de optimale lichtverstrooiing? Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, 48p.
- Elings A, Arkesteijn M. 2012.** Horizontale lichtverdeling belangrijker dan verticale lichtverdeling. *Onder Glas*, 6/7: 17-19.
- Schymanski SJ, Or D. 2016.** Wind increases leaf water use efficiency. *Plant Cell & Environment* 39: 1448-1459.
- Trouwborst G, Hogewoning SW, Pot CS. 2015.** Meer rendement uit licht en CO₂ bij Alstroemeria. Bunnik: Plant Lighting B.V en Randwijk: Plant Dynamics B.V. 26p.
- Vonk Noordegraaf C, 1981.** Bloemproductie bij Alstroemeria 'Walter Fleming'. Proefschrift, Wageningen, 160p.