



# Effect van diffuus kasdek met Anti Reflectie coating bij Roos

Nieves García Victoria, Frank Kempkes



## Referaat

Tussen augustus 2010 en september 2011 is bij Wageningen UR Glastuinbouw het effect van diffuus glas, met dubbelzijdige AR coating, op de productie en energiegebruik van roos 'Red Naomi!' onderzocht. Onder het diffuse glas werden 5,2% meer bloemtakken geproduceerd, deze rozen waren ook iets langer en zwaarder (6,1% meer versgewicht). Dit verschil kan deels verklaard worden doordat er onder het diffuse glas pas bij hogere stralingsniveau's geschermd hoefde te worden (700 i.p.v. 600 W/m<sup>2</sup>) om blauwverkleuring van de bloem en verbranding van jonge blaadjes te voorkomen. Economisch gezien biedt diffuus glas met dubbelzijdige AR coating perspectief. Het onderzoek is gefinancierd door de EU (EUPHOROS) en het EL&I - PT programma Kas als Energiebron, met materiële bijdragen van GroGlass, Glascom, Hogla en Grodan.

## Abstract

The rose Red Naomi! was cultivated in two greenhouses at Wageningen UR Greenhouse Horticulture in Bleiswijk (August 2010 - September 2011). One greenhouse covered with normal float glass; the other with AR coated diffuse glass (70% haze). This Anti-Reflection coating on both glass sides compensated for the loss in light transmission caused by the diffusing structure in the glass. The diffuse+AR glass lead to a 5.2% higher production (+6.1% fresh weight). Sunscreens were necessary in spring and summer to avoid high light levels on the flower buds, as they cause very high bud temperatures leading to quality problems (blue petal edges and burnt leaf tips). The diffuse greenhouse cover allowed a 100 W/m<sup>2</sup> higher screening threshold than the reference glass. This caused a 2.7% higher daily light integral, able to explain part of the extra production obtained. Part of the extra production achieved can not be explained by the measured factors as no differences were found in the amount of light intercepted by the crop or in leaf photosynthesis under both cover types. The light under the diffuse+AR cover was nevertheless much smoother, so the crop seemed to suffer less (lower bud temperatures and less burned leaf tips), and this should provide an explanation for the rest of the extra production. The cover properties did not influence disease development (powdery mildew). The obtained extra production makes the tempered, diffuse glass with Anti Reflection coating on both sides economically feasible. This project is financed by the EU (EUPHOROS), EL&I - PT program "Kas als Energiebron", with contributions of GroGlass, Glascom, Hogla and Grodan.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO).

## Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1,  
2665 MV Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 485527  
Fax : 010 - 5225193  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
	Voorwoord en dank	7
1	Introductie	9
	1.1 Lichtverdeling in de kas	9
	1.2 Diffuus licht	9
	1.2.1 Condensatie op het glas en lichtdoorlatendheid	9
	1.3 Toepassen van diffuus licht in rozenteelt	10
	1.4 Dit onderzoek	10
	1.5 Doelstelling	11
2	Materiaal en methode	13
	2.1 Locatie en ligging	13
	2.2 Glaseigenschappen	13
	2.3 Plantmateriaal	15
	2.4 Teeltmethode	16
	2.4.1 Water en voeding	16
	2.4.2 Klimaatregeling	16
	2.4.3 Klimaat- en data registratie	17
	2.4.4 Gewasbescherming	18
	2.4.5 Productie- en kwaliteitswaarnemingen	19
	2.4.6 Andere waarnemingen	19
	2.4.7 Communicatie en kennisoverdracht	21
3	Resultaten en discussie	23
	3.4.1 Effecten van het diffuse kasdek op het klimaat in de kas	23
	3.4.2 Effecten van het diffuse kasdek op de productie	26
	3.4.3 Effecten van het diffuse kasdek op de kwaliteit	27
	3.4.4 Effect op gewas temperatuur	29
	3.4.5 Effect op de gewasverdamming	30
	3.4.6 Effecten op lichtonderschepping door het gewas	32
	3.4.7 Effect op fotosynthese-efficiëntie	33
	3.4.8 Effecten op blad morfologische parameters	35
	3.4.9 Temperatuur van de bloemknop	37
	3.4.10 Bladverbranding	39
	3.4.11 Meeldauw ontwikkeling	40
4	Discussie: perspectief voor diffuus glas met AR-coating voor rozenteelt	43
5	Conclusies	47
6	Aanbevelingen	49
7	Literatuur	51

Bijlage I	Biologische gewasbescherming	53
Bijlage II	Chemische gewasbescherming	55
Bijlage III	SLA en bladoppervlak	59
Bijlage IV	Productiegegevens per periode (4 wk)	61
Bijlage V	Thermische beelden bloemknop in kas	63
Bijlage VI	Verdamping in relatie tot het klimaat	65
Bijlage VII	Economische evaluatie	69
Bijlage VIII	Samenvatting proefopzet en resultaten onderzoek roos onder Guardian Agro P 85 High	71
Bijlage IX	Samenvatting proefopzet en resultaten onderzoek tomaat onder diffuus glas.	73

# Samenvatting

In groentegewassen zijn door toepassing van diffuus glas productieverhogingen van rond de 10% bereikt, door een betere lichtverdeling over bladlagen, gunstiger bladtemperaturen en minder stress door minder directe straling.

Binnen het Europese project EUPHOROS, een door de EU gefinancierde Europees FP7 samenwerkingsproject en met aanvullende financiering van het PT-EL&I onderzoeksprogramma “kas als energiebron” is in 2010 en 2011 onderzocht wat het effect was van een diffuus kasdek bij roos, samen met Chrysant de belangrijkste sierteelt gewassen in Nederland, en ook de teelt met de hoogste energiegebruik.

Het diffuus maken van licht door verstrooiende structuren aan te brengen op of in het glas gaat in de regel gepaard met enkele procenten verlies aan lichttransmissie. Echter, door het aanbrengen van een Anti-Reflectie (AR) coating aan beide zijden van het glas is een diffuus glas gemaakt dat evenveel licht doorlaat als normaal glas. In dit onderzoek is normaal glas als referentie gebruikt.

Diffuus glas met AR coating heeft een positief effect op de rozenproductie. In vergelijking tot het standaard tuinbouwglas zijn in de kas gedekt met diffuus glas met AR coating 5,2% meer rozen geoogst van vergelijkbare lengte en iets hoger takgewicht. Hierdoor was het geoogste vers gewicht 6,1% hoger dan in de kas met normaal glas.

Tussen de referentiekas en de kas met het diffuse kasdek, traden van augustus tot maart geen noemenswaardige verschillen op in gewastemperatuur of dagelijkse lichtsom. Het diffuse glas met AR coating maakte de lichtinval in de kas echter veel gelijkmatiger waardoor er minder extreem hoge of lage lichtpieken gemeten werden.

Mogelijk door het meer gelijkmatige licht in de kas met diffuus glas, was de opwarming van de bloemknop ten opzichte van de lucht in het voorjaar iets minder hoog dan in de referentiekas. Ook kwamen minder door overmatige opwarming verdroogde/ verbrande bladjes voor. Deze effecten waren onvoldoende om schade aan de bloemknop in de vorm van blauwe bloemranden en aan het blad in de vorm van verbrande bladpunten te voorkomen. Hierdoor was het noodzakelijk om vanaf eind maart te schermen in beide kassen om verbranding van bladpunten en blauwkleuring van de bloemranden te voorkomen. In de kas met het diffuse kasdek hoefde echter minder geschermd te worden, mogelijk als gevolg van het feit dat er minder lichtpieken in voorkwamen. In vergelijking met de referentiekas werd er bij een  $100 \text{ W/m}^2$  hogere buitenstraling geschermd. Dit leverde in totaal 142 Mol licht extra op, wat overeenkomt met 2,7% meer licht in de kas. Als de (vuist) lichtregel uit de praktijk hiervoor zou gelden (dat 1% meer licht zorgt voor 1% meer productie), dan verklaart het extra licht ongeveer de helft van de verkregen meerproductie.

De rest van de behaalde meerproductie blijft met de verrichte metingen onverklaard: er zijn geen verschillen gemeten in lichtonderschepping noch in fotosynthesecapaciteit op bladniveau. Echter, doordat het licht in de kas met het diffuse kasdek minder hoge pieken en diepe dalen vertoont, heeft het gewas onder diffuus glas iets minder te lijden. Dit is af te leiden uit het feit dat de knop iets koeler is ten opzichte van de lucht en er minder bladverbranding optrad. Op gewasniveau kan dit “minder lijden” gezorgd hebben voor een toename van de fotosynthese (dankzij minder bladverbranding, meer samengestelde bladeren per tak waardoor totaal iets meer bladoppervlakte, en -soms- dunner blad). Volgens de nieuwste inzichten kan een afname van de lichttransmissie van het standaard glas in aanwezigheid van condens, welke afname niet voorkomt bij het hier toegepaste diffuse glas, ook aan het effect hebben bijgedragen.

Het positief effect bij roos in termen van meerproductie is kleiner dan bij voorbeeld bij tomaat, waar in proeven tot 11% meer vers gewicht is geoogst onder diffuus glas met AR coating dan in kassen met standaard glas. Het glas had vergelijkbare eigenschappen als het glas dat gebruikt is in de rozenproef. Voor dit verschil in resultaat zijn een aantal verklaringen mogelijk. Om een paar ervan te noemen:

1. het relatief grote aandeel van belichting aan de totale lichtsom gedurende een groot gedeelte van het jaar;
2. het gebruik van schermen tegen hoge lichtinstraling in de zomer waardoor het aandeel direct licht dat de planten ontvangen relatief kleiner wordt gemaakt dan bij tomaat, waar er niet werd geschermd;
3. het snee-effect, typisch (maar niet exclusief) voor de gebruikte soort Red Naomi!
4. de gewasarchitectuur: niet verticaal zoals tomaat of komkommer maar in twee lagen, typisch voor een rozengebas;
5. het “geheugen” effect van het rozengebas. De rozenteelt is een meerjarige teelt. Aanpassingen in de teelt op een bepaald moment kunnen pas enkele weken en zelfs maanden later tot uitdrukking komen.
6. De duur van de proef. Als de proef langer had geduurd dan één jaar, had het gewas in het tweede jaar mogelijk kunnen profiteren van de aanwezige knippunten voor het realiseren van meer uitloop.

De eigenschappen van het glas in het kasdek hebben de ziekteontwikkeling (meeldauw) in beide kassen niet beïnvloed.

Het energieverbruik voor belichting en verwarming van beide kassen is niet door het kasdek beïnvloed, mede omdat de belichting-, verwarming- en ventilatiestrategie gelijk is gehouden teneinde de zuivere effecten van het kasdek te kunnen vergelijken. De energie-efficiency is in de kas met het diffuse kasdek hoger, omdat er 6,1% kg gewas meer is geproduceerd dan in de kas met het standaard glas met dezelfde energie-input. Als het extra toegelaten licht (gevolg van het hogere schermdrempel) gecompenseerd zou kunnen worden met minder uren belichting, zou dit tot een besparing in het elektriciteitsgebruik hebben kunnen leiden van 26 kWh/m<sup>2</sup>, of 5,8% van de gebruikte elektra. Belichting en schermuren zijn in de praktijk echter niet volledig op elkaar af te stemmen, waardoor deze potentiële besparing lager zou uitpakken in een praktijksituatie.

Met de bereikte productietoename is diffuus glas rendabel voor nieuwbouw met een terugverdientijd van 4 jaar. De berekening is uitgevoerd met Passion als referentiegewas en gebaseerd op de door de leverancier opgegeven verwachte commerciële prijs van het glas.



# Voorwoord en dank

Het plan voor dit onderzoek is geboren in 2007 - 2008 binnen het Europees project EUPHOROS. Het PT-EL&I onderzoeksprogramma "kas als energiebron" heeft het beschikbare EU budget aangevuld.

Naast de EU, willen wij daarom het Ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie en het Productschap Tuinbouw bedanken voor de financiering. De Coördinatoren van het programma "Kas als Energiebron", Leo Oprel namens EL&I en Dennis Medema namens het PT willen wij in het bijzonder bedanken voor hun betrokkenheid bij het project.

Dank aan de vertegenwoordigers van de industrie, GroGlass, Glascom, Hogla en Grodan voor hun bijdragen in materiële zaken die de kosten van de proef hebben helpen drukken.

Dank ook aan de leden van de Begeleiding Commissie (BCO): Edwin van der Knaap (DLV), Richard van der Lans, André van Marrewijk en Marc van der Drift voor de goede discussies en de teeltadviezen tijdens het gehele onderzoek. De laatste twee zijn telers van het gewas Red Naomi!, ze hebben met ons de finesses van de teelt van dit bijzondere ras willen delen. De andere deelnemers aan de BCO, Ad Schapendonk (Plantdynamics) en de gewasmanagers roos van LTO Groeiservice Matthijs Beelen, Chiel van der Kooij en John van der Knaap wil ik ook bedanken voor hun bijdragen aan de BCO-vergaderingen.

Zonder de expertises en inzet van vele collega's was dit onderzoek nooit gelukt. Dank daarom aan jullie allen: allereerst de coördinator van het EUPHOROS-project, Cecilia Stanghellini. Piet Koornneef, Hugo Godron en Rob Pret voor de technische ondersteuning, de bouw van de weeggoten en het onderhoud aan de sensoren. Vida Mohammadkhani voor het meten van de glasmonsters. Margreet Bruins voor de verwerking van de klimaat- en energiedata en de verdampingsgegevens. Margreet daarnaast voor haar taalkundige ondersteuning. Tom Dueck en Barbara Eveleens voor de bladmorphologie en thermografiemetingen. Mary Warmenhoven voor alle licht-, transmissie-, lichtonderschepping- en fotosynthesemetingen. Rozemarijn de Vries voor de meeldauwwaarnemingen. Nico van Mourik en Peter Lagas voor de dagelijkse oogstwaarnemingen en de verwerking van de productiedata. Juliette Pijnakker en Ada Leman voor het scouten en het uitstippelen van de gewasgezondheid strategie. Peter Schrama, Gerard van den Broek en Bram van Haaster voor het kasklimaat en de gewasverzorging. Marc Ruijs voor de economische bijlage. Jan Janse voor het regelmatig delen van de resultaten van de proeven met diffuus glas met tomaat en komkommer. Peter van Weel, Caroline Labrie, Eric Poot, Martha Streminska, Marga de Vries en Jan Willem de Vries voor hun ondersteuning, ieder op hun gebied.

Tot slot willen wij Yafei Zhao bedanken omdat ze tijdens haar stage van februari tot mei 2011 ervoor heeft kunnen zorgen dat niet gebudgetteerde werkzaamheden zoals houdbaarheid, additionele bladmorphologie onderzoek en knoptemperatuurmetingen, alsnog verricht konden worden.

Nieves García, Frank Kempkes.





# 1 Introductie

## 1.1 Lichtverdeling in de kas

Het licht in gewassen in kassen is niet gelijkmatig verdeeld. Dit geldt vooral voor hoge gewassen als komkommer, paprika en tomaat met een hoge bladoppervlakte-index (Leaf Area Index, LAI). De bovenste bladeren onderscheppen veel licht zodat de middelste en de onderste bladeren minder licht op kunnen vangen en dientengevolge weinig kunnen bijdragen aan de fotosynthese, de groei en uiteindelijk, de productie. Omdat bij de bovenste bladeren regelmatig lichtverzadiging optreedt, zou een meer uniforme verdeling van het licht in het gewas kunnen leiden tot een in totaal hogere assimilatie. Voorwaarde is dat de laagste bladeren (nog) voldoende fotosynthesecapaciteit hebben om het extra (kunst)licht te kunnen benutten. Hovi *et al.* (2004) toonden aan dat de fotosynthese van de onderste bladeren in een komkommernewas significant toenam bij tussenbelichting met kunstlicht.

## 1.2 Diffuus licht

Diffuus licht realiseert een meer uniforme lichtdistributie in de kas. Uit eerder onderzoek bij bossen (Farquhar and Roderick, 2003; Gu *et al.* 2003), appelbomen (Lakso en Mussleman, 1976) en gras (Sheehy en Chapas, 1976) bleek dat diffuus licht dieper in het gewas door kan dringen in vergelijking tot direct licht. Als gevolg van diffuus licht nam in bossen de fotosynthese toe. Ook zijn er aanwijzingen dat planten mechanismes hebben ontwikkeld om diffuus licht efficiënter te gebruiken (De Lucia *et al.* 1996; Vogelmann, 1996).

Voor de opkweek van jonge planten en potplanten kan toepassing van diffuus licht voordelen hebben omdat het de horizontale lichtdistributie verbetert. Planten worden negatief beïnvloed door de schaduw van de kasconstructie omdat voor realisatie van een uniforme productie een gelijkmatige lichtverdeling over het hele blad nodig is. Moderne kasdekmaterialen met diffuse eigenschappen (Hemming *et al.* 2008B) realiseren de benodigde gelijkmatige lichtverdeling bij de plant. Deze materialen bevatten pigmenten of macro- dan wel microstructuren die een fractie van het directe licht om kunnen vormen tot diffuus licht. Deze fractie wordt de 'haze factor' genoemd en kwantificeert het diffuse effect van het materiaal. Afhankelijk van de structuur van het kasdek wordt het licht verstrooid omdat de uittreedhoek veranderd is. Goede structuren maken het licht diffuus zonder noemenswaardig verlies van lichttransmissie. De afgelopen zes jaar heeft Wageningen UR Glastuinbouw onderzoek gedaan naar mogelijke toepassingen van diffuse kasdekmaterialen in Nederlandse kassen (Hemming *et al.*, 2005A; Hemming *et al.*, 2008B). De geschiktheid van verschillende kasdekmaterialen en hun optische eigenschappen (PAR-transmissie:  $\tau$ -direct en  $\tau$ -hemisferisch, haze) werden zowel in het laboratorium als in de praktijk onderzocht. Zowel komkommer als potplanten die onder een diffuus kasdek werden geteeld (Hemming *et al.*, 2005B; Hemming *et al.*, 2008A), hadden een betere fotosynthese en kwaliteit in vergelijking tot een standaard kasdek.

### 1.2.1 Condensatie op het glas en lichtdoorlatendheid

Recent onderzoek door Stanghellini *et al.* (2010) heeft aangetoond dat condensatie tegen het kasdek ten koste gaat van lichttransmissie. Gemiddeld over verschillende kasdekmaterialen was het transmissieverlies 9%. Daar uit modelberekeningen blijkt dat bij een tomatenteelt gedurende 85% van de dag uren condens aanwezig is, berekenen de onderzoekers een lichtverlies van 3,85% op jaarbasis (als 50% van het kasdekoppervlak bedekt is met condens).

Opmerkelijk en onverwacht resultaat van dit onderzoek is dat bij diffuus glas (als het glas diffuus gemaakt werd met behulp van een structuur) er geen lichtverlies gemeten wordt als gevolg van condensatie tegen het materiaal. Met andere woorden: (structuur) diffuus glas heeft in natte toestand een vergelijkbare lichtdoorlatendheid als het droge standaard glas. Naast de positieve effecten van de licht verstrooiende eigenschappen van het glas, kan het behoud van lichtdoorlatendheid in natte toestand voor een hogere productie zorgen.

## 1.3 Toepassen van diffuus licht in rozenteelt

In groentegewassen zijn goede resultaten bereikt door toepassing van diffuus glas: ca. 10% productieverhoging (Hemming *et al.* 2008A; Dueck *et al.* 2012; Janse *et al.* 2012). Wat deze productieverhoging veroorzaakt, was bij de start van dit onderzoek nog niet precies bekend; vermoed werd zoals uitgelegd onder 1.2 een efficiënter gebruik van licht door een betere lichtverdeling over bladlagen, een gunstiger bladtemperatuur en/of minder stress door minder directe straling, en het behoud van lichttransmissie in aanwezigheid van condens op het kasdek.

Roos is samen met Chrysant het meest geteelde Nederlandse siergewas. Het is een licht minnend gewas die pas bij zeer hoge lichtniveaus verzadigd raakt. Daarom wordt er in de rozenteelt gebruik gemaakt van zeer hoge belichting niveaus, wat de rozenteelt maakt tot het meest energie verbruikende teelt. Het effect van diffuus glas bij roos is onbekend.

Toepassing van diffuse kasdekmaterialen heeft mogelijk ook bij roos bij dezelfde buitenstraling een verhoging van de productie tot gevolg. Daardoor hoeven de lampen minder aan en kan energie worden bespaard. Omgekeerd echter, wanneer meer rozen geoogst kunnen worden bij gelijke energie-input, neemt de energie-efficiënte toe (meer productie per kWh).

Een rozengewas heeft een plantstructuur die afwijkend is van de eerder onderzochte groentegewassen. Daarom is het wenselijk te onderzoeken hoe lichtonderschepping bij roos onder diffuse kasdekmaterialen is. Bovendien wordt meer kennis verkregen over diffuus licht.

In de zomer wordt een rozengewas vaak beschermd tegen te hoge instraling van de zon, omdat deze leiden tot stress (als gevolg van te hoge planttemperatuur en VPD (vapor pressure deficit, of dampdrukdeficiet veroorzaakt door te hoge instraling). Deze effecten hebben een negatieve invloed op de fotosynthese (Dieleman *et al.* 2007). De bescherming tegen een overmaat aan licht bestaat in de praktijk uit krijt of zonneschermen. Nadeel van krijt is dat dit ook op relatief donkere dagen licht tegenhoudt. Nadeel van een scherm is dat het, ook volledig opgevouwen, lichtverlies oplevert, en mede door vervuiling op de langere termijn vaak meer licht tegenhoudt dan wenselijk is.

Hoofdzakelijk wordt een rozengewas geschermd om brandschade aan bladeren en bloemknoppen te voorkomen. Bladeren zijn mede bepalend voor de marktwaarde van rozen; de grootte en vorm van de bloemknop moet in evenwicht zijn met de steelgrootte en -lengte. Een kasdek met diffuse eigenschappen verlaagt mogelijk de temperatuur van het gewas en voorkomt een plotselinge grote toename van instraling door de zon op knopniveau met als gevolg minder noodzaak tot schermen. Minder schermen betekent meer licht in de kas en daardoor mogelijk een hogere productie.

## 1.4 Dit onderzoek

Het diffuus maken van licht door verstrooiende structuren aan te brengen op het glas gaat in de regel gepaard met enkele procenten verlies aan licht transmissie. Echter, door het aanbrengen van een AR coating aan beide zijden van het glas kan een toename van de lichttransmissie van 8% gerealiseerd worden (Kempkes *et al.* 2012). Binnen het project EUPHOROS werd door het Letse bedrijf GroGlass een speciale AR coating aan beide zijden van het glas ontwikkeld. Door deze aan te brengen aan een bestaande diffuus glas, Vetrasol 503, werd in het laboratorium een toename van de lichttransmissie gemeten. Daarnaast werd aangetoond dat de oppervlaktestructuur van dit kasdek materiaal ervoor zorgt dat er vrijwel geen lichtverlies optreedt bij condensvorming (Stanghellini *et al.* 2010).

Het materiaal leek zo interessant voor de rozenteelt dat er proeven voorzien werden binnen het Europees project EUPHOROS. Dit door de EU gefinancierde Europees FP7 samenwerkingsproject is gericht op het toepassen van nieuwe ontwikkelingen in de Europese tuinbouw, teneinde input en emissie van productiemiddelen te verminderen.

Echter, binnen het EUPHOROS project was niet voldoende budget beschikbaar voor een volwaardig onderzoek met een proefkas en een referentiekas, waardoor het onderzoek meer het karakter van een demonstratieproef dan van een onderzoek zou hebben gekregen.

Belangstelling vanuit het PT-EL&I onderzoeksprogramma "kas als energiebron" voor nieuwe kasdekmaterialen, en draagvlak vanuit vertegenwoordigers van de Nederlandse Rozentelers, verenigd binnen de Gewascommissie Roos van LTO Groeiservice, brachten hier verandering in. Samen zorgden ze voor aanvullend budget voor de volwaardige proef met een proefkas en een referentiekas, zoals dat in dit verslag beschreven wordt.

Toen het onderzoek op het punt van starten stond, besloot een glasproducent zijn eigen, vergelijkbare materiaal, prismatisch diffuus met AR coating aan één zijde (de buitenzijde) van het glas ook te participeren in het onderzoek. Dit resulteerde

in een derde kas met rozen (zelfde ras, gelijke leeftijd). Omdat in overeenstemming met deze opdrachtgever een ander klimaatregiem is aangehouden, kunnen de resultaten niet één op één worden vergeleken met die van de andere twee kassen (proefkas met diffuus-AR glas aan beide zijden). Interessante resultaten en observaties uit deze derde kas worden wel in dit verslag vermeld. De samenvatting van het betreffende onderzoeksrapport is weergegeven als Bijlage 8 van dit verslag.

Halverwege de uitvoering van dit onderzoek met rozen is tevens een onderzoek met tomaat onder vier verschillende kasdekmaterialen uitgevoerd bij Wageningen UR Glastuinbouw (Dueck *et al.* 2012). De gebruikte materialen waren: een referentie met normaal glas en drie diffuse glastypen die verschilden in de mate van diffusiteit. Wanneer resultaten van het tomaat onderzoek bevestigen of aanvullen resultaten uit het rozenonderzoek worden deze in het rapport vermeld. Een samenvatting van de resultaten is weergegeven als Bijlage 9 van dit verslag.

## **1.5 Doelstelling**

Het project kent twee doelstellingen, een technische en energie gerelateerde. De technische doelstelling is het bepalen van het effect van diffuus licht op de productie en kwaliteit van roos en de energiedoelstelling is een reductie van het aantal uur belichting met minstens 15% in na- en voorjaar door de hogere lichttransmissie (AR-coating) en het minder hoeven krijten / schermen (diffuus glas), bij minimaal gelijkblijvende productie en kwaliteit.



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Locatie en ligging

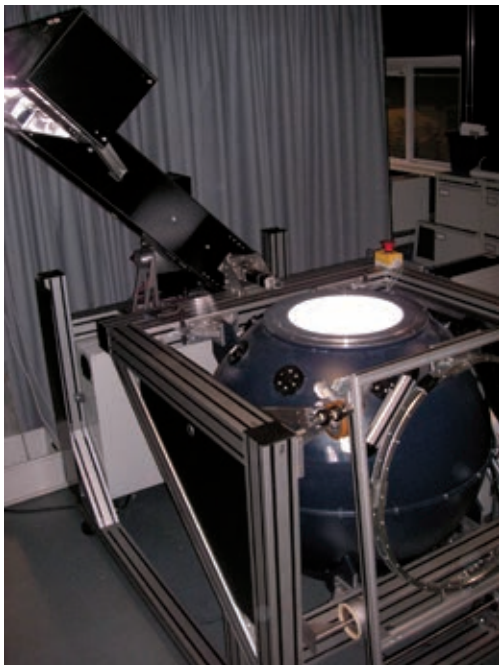
Het experiment is uitgevoerd in twee Venlo kasafdelingen van ieder 144 m<sup>2</sup> in het onderzoekscomplex van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. De kasnok ligt in Oost-West oriëntatie. Elke afdeling bestond uit twee kappen elk met een Noord-Zuid breedte van 4,8 m en een Oost-West lengte van 15 m. De goothoogte is 5,5 m en het dak hoek 22°. De bodem was bedekt met anti-worteldoek met uitzondering van een betonpad van 1,2 m bij de ingang van de afdeling. Elke kap was uitgerust met doorlopende nokbeluchting over de hele lengte met een breedte van 1,3 m.

### 2.2 Glaseigenschappen

Een afdeling was gedekt met standaard glas terwijl de andere afdeling gedekt was met Vetrasol 503 (prismatic/mat) waaraan een AR coating was aangebracht (GroGlass). De gevels van de betreffende afdelingen waren met hetzelfde materiaal gedekt als het kasdek.

De volgende eigenschappen van het glas zijn bepaald met de transmissie van Wageningen UR Glastuinbouw (Figuur 1. toont de meetopstelling): loodrechte transmissie, hemisferische transmissie en haze.

Loodrechte transmissie is de transmissie van het licht met een hoek van 90°. Omdat het hoek waarmee het licht het kasdek binnendringt, verandert gedurende de dag en het jaar, wordt de transmissie gemeten van licht dat vanuit alle hoeken de kas binnendringt, zoals diffuus licht; dit is de zogenaamde hemisferische transmissie en is een betere maat voor de prestaties van een kasdekmateriaal dan de loodrechte transmissie, ook omdat in Nederland het licht nooit loodrecht het kasdek zal binnendringen. Haze is de fractie van het directe licht dat is verstrooid: bij een Haze van 100% wordt al het licht verstrooid, bij 0% niets.



*Figuur 1. Meetopstelling voor het meten van transmissie eigenschappen van glas.*

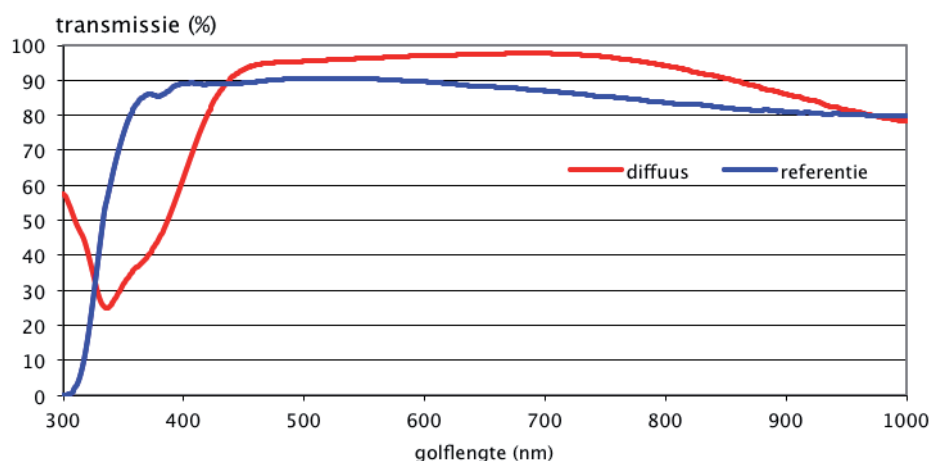
Daarnaast is de transmissie in de kas driemaal gemeten, één keer kort na de start in september 2010 (1), één keer in januari 2011 (2) en één keer bij het einde van de proef, in september 2011 (3). Tabel 1. toont de resultaten van de gemeten eigenschappen.

Tabel 1. Transmissie ( $\tau$ ) loodrecht en hemisferisch, en haze van de twee kasdekmaterialen in het laboratorium en de totale transmissie van de kasafdeling gedekt met het betreffende dek bij de start.

materiaal	laboratorium			kasafdeling		
	$\tau$ loodrecht	$\tau$ hemisferisch	Haze	$\tau$ meting 1	$\tau$ meting 2	$\tau$ meting 3
referentie	89%	82%	0%	61%	55%	61%
diffuus+2 zijdige AR coating	93%	83%	73%	60%	55%	63%

De waargenomen verschillen in kastransmissie tussen meetmomenten zijn te verklaren door de hellingshoek van het dak en de oriëntatie van de kas. Hemming *et al.* 2004, stelden vast dat het verschil in transmissie van het kasdek door oriëntatie in januari op kan lopen tot 23%.

De metingen in het laboratorium kennen voor de transmissie een nauwkeurigheid van  $\pm 0.5\%$  en voor de Haze  $\pm 5\%$ . Metingen in een kasafdeling zijn vele malen moeilijker en daarmee onnauwkeuriger, met name door de grote variatie ten gevolge van constructiedelen, de mate van eventuele condensatie en vervuiling. Hoewel de absolute niveaus tussen de verschillende kasmetingen behoorlijk variëren, blijven de onderlinge verschillen binnen de meetfout. Figuur 2. geeft de lichttransmissie van het materiaal in de golflengtes van het lichtspectrum tussen 300 en 1000 nm. De structuur van het glas geeft hem een melkachtig uiterlijk, zoals het te zien is in Figuur 3.



Figuur 2. Lichttransmissie, gemeten in het laboratorium, van het diffuse glas met AR coating (rood) vergeleken met de referentie (het standaard glas of normaal float glas, blauw).



*Figuur 3. Het diffuse glas heeft een structuur die het licht diffuus maakt en het glas een melkachtig uiterlijk geeft. De foto laat het verschil zien met het standaardglas tijdens het verdekken in augustus 2010.*

## **2.3 Plantmateriaal**

In dit onderzoek werden rozenplanten, van de cultivar 'Red Naomi!' gebruikt. De planten waren opgekweekt uit stek met behulp van de Synchronisatie Methode (Van Telgen *et al.* 2003) van Wageningen UR Glastuinbouw in steenwol pluggen (Grodan). De gewortelde stekjes werden 28 mei uitgeplant in SPU (Single Production Units) steenwolmatten (Grodan) van 24x20x7,5 cm met twee planten per blok (Figuur 4.). Na verlengde opkweek tot uitgroei en oogst van de grondscheuten na inbuigen van de primaire scheut (Figuur 5.) werden de productieve planten (Figuur 6. en 7.) op 26 augustus in de twee onderzoeksafdelingen geplaatst in oost-west georiënteerde goten met een plantdichtheid van 6,2 planten/ m<sup>2</sup>.



*Figuur 4. Planten direct na planten in Grodan SPU.*



*Figuur 5. Planten tijdens verlengde opkweek.*





Figuur 6. en 7. Productieve planten na de verlengde opkweek worden in de onderzoeksafdelingen geplaatst.

## 2.4 Teeltmethode

Vanaf het plaatsen van de planten in de proefafdelingen werden de planten zoveel mogelijk conform praktijk geteeld. Tijdens de teelt werden scheuten ingebogen die te dun, te kort of loos waren en daardoor niet geschikt voor bloemproductie. Als de planten voldoende ingebogen blad hadden, werden de loze en dunne takken geknipt en verwijderd.

### 2.4.1 Water en voeding

De planten kregen water en voeding via druppelaars, per SPU (twee planten) een 2 liter/uur druppelaar. De samenstelling van de voedingsoplossing (standaard voedingsoplossing voor roos op steenwol (De Kreij *et al.* 1997)), is weergegeven in Tabel 2 met een druppel EC van 1,6 en een PH van 5,5. Het voedingsschema werd indien nodig bijgesteld aan de hand van laboratoriumanalyses. De grootste aanpassing vond plaats bij de ammoniumconcentratie, omdat de gewasgroeifase (tijdens de snee / uit de snee) de pH van de voedingsoplossing sterk beïnvloedde.

De watergiften werden op tijd, straling en drainpercentage geregeld. In de middag werd een drainpercentage van 50% nagestreefd. Vanaf de tweede gift in de ochtend was er drain; op zonnige dagen werden één of meerdere beurten extra gegeven op buitenstraling.

Tabel 2. Samenstelling van de voedingsoplossing.

macro elementen	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
concentratie (mmol/l)	1,5	4,5	3,25	1,125	11	1,25
micro elementen	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
concentratie (µmol/l)	25	5	3,5	12	0,75	0,5

### 2.4.2 Klimaatregeling

De klimaatregeling werd in overleg met de telers in de BCO en zoveel mogelijk conform praktijk geregeld, echter er werd niet continu gebruik gemaakt van een vaste minimum buisregeling. Een minimumbuis van 35 °C werd in de wintermaanden (december, januari en februari) tussen 19:30 en 21 uur gebruikt om een scherpe temperatuurdaling bij het uitzetten van de lampen te voorkomen. Een warmtebuis werd gebruikt om te voorkomen dat de temperatuur te ver daalde (minimum toegestane nachttemperatuur was 16°C) en om te voorkomen dat de RV in de kas te hoog zou oplopen.

#### **2.4.2.1 Schermdoeken**

In het voorjaar en de zomer werd gebruik gemaakt van een zonneschermbekleding (LS XLS 13 F Ultra Firebreak) met 32% afscherming en een energiebesparingscapaciteit van 15%, zoals in de praktijk gebruikelijk is. Sluiten gebeurde bij een buitenstraling hoger dan  $600 \text{ W/m}^2$  in de referentiekas met standaard glas. In de onderzoeksafdeling met diffuus glas werd in eerste instantie geprobeerd de zonneschermen helemaal niet te sluiten. Echter, wegens schade aan de bloemknoppen (blauwverkleuring) vanaf eind maart, is in samenspraak met de BCO-leden op basis van "trial and error" een drempelschade waarde voor het sluiten van het zonneschermbekleding van  $700 \text{ W/m}^2$  vastgesteld.

#### **2.4.2.2 CO<sub>2</sub>**

CO<sub>2</sub> werd overdag en wanneer de belichting aanstond toegediend om een concentratie van 800-1000 ppm te halen. De maximale CO<sub>2</sub>-dosering was beperkt tot 350 kg/ha-uur, als in de meeste praktijkkassen. In de zomer werden de gewenste concentraties door veelvuldige ventilatie niet altijd gehaald.

#### **2.4.2.3 Temperatuur**

De gemiddelde temperatuur in de kasafdelingen was in de herfst en winter ingesteld op 19-20 °C en in het voorjaar en zomer op 21-22 °C. Gestreefd werd naar een minimum nachttemperatuur van 16 °C.

#### **2.4.2.4 Licht**

In de kas was 15000 lux (gemeten 1 m onder de lampen conform lichtplan) assimilatiebelichting (Philips SON-T 1000 W lampen, conversiefactor Lux-à μmol = 83) geïnstalleerd op 5,5 m hoogte boven de grond. Gemeten op 1,40 m boven de grond resulteerde dit een lichtniveau dat varieerde tussen 130 en 170 μmol/m<sup>2</sup>/s.

Er werd een donkerperiode aangehouden van 6 uur (van zon onder tot 6 uur na zon onder). Buiten de donkerperiode werd er belicht met volle lichtsterkte van de lampen wanneer de buitenstraling onder  $250 \text{ W/m}^2$  kwam. Maximaal werd dus 18 uur per dag belicht.

In het oorspronkelijk projectplan was voorzien minder uren te belichten in de kas met diffuus glas ten einde de energiedoelstelling te behalen. Om statistische en praktische redenen (de doelstelling moest worden gehaald met gelijkblijvende productie en kwaliteit), is er in overleg met de BCO veel ervoor gekozen om in beide afdelingen evenveel te belichten en te kijken naar de productietoename. Wanneer meer product geogst kan worden bij gelijke energie-input, neemt de energie-efficiëntie toe.

#### **2.4.2.5 RV en verneveling**

In de kasafdelingen werd verneveld wanneer de relatieve luchtvochtigheid onder 65% kwam en stopte als 75% RV bereikt was. Bij RV's hoger dan 80%, werd in de nacht een kier in het raam toegestaan.

### **2.4.3 Klimaat- en data registratie**

Gedurende de teelt werden klimaatdata iedere vijf minuten vastgelegd. Kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub>-concentratie werden geregistreerd met een meetbox die op gelijke hoogte hing met de oogstbare knoppen. Vlak boven het gewas werd PAR-licht gemeten met een quantumsensor. Buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid en windrichting werden vastgelegd door een weerstation. De gewastemperatuur werd door een infraroodcamera geregistreerd en opgeslagen.

### 2.4.3.1 Registratie van energieverbruik

Op beide verwarmingsnetten in de afdelingen waren energiemeters gemonteerd. De meterstanden zijn dagelijks genoteerd omdat deze niet aan een data-acquisitie systeem zijn gekoppeld. Daarnaast zijn de buistemperaturen (aanvoerwater) van beide verwarmingsnetten op 5-minuutbasis geregistreerd.

## 2.4.4 Gewasbescherming

Bij de kasafdelingen werd zoveel mogelijk gebruik gemaakt van geïntegreerde gewasbescherming. Dit hield in dat zoveel mogelijk biologische bestrijding is toegepast door natuurlijke bestrijders in te zetten tegen de meeste insectenplagen (spint, witte vlieg, Californische trips). Hiertoe is de kas elke twee weken op ziekten en insecten extra gescout. Hierbij werd gebruik gemaakt van vangplaten, directe gewasobservaties en bladmonsters.

De vestiging van diverse roofmijten (natuurlijke vijanden) is in de tijd gevolgd, als een apart onderzoek. Deze zorgden voor een lage plaagdruk gedurende de duur van het experiment.

Tegen bladluis, echinotrips en rupsen zijn chemische bestrijdingsmiddelen toegepast.

Meeldauw (*Sphaeroteca pannosa*) werd zo nodig chemisch bestreden, zie Figuur 8. Dit gebeurde afwisselend met twee chemische middelen, zie Bijlage 2.

Van het begin tot eind november werden, in geval van een bespuiting, alle objectenkassen gespoten. Dit is later herzien vanwege de waargenomen verschillen in meeldauw incidentie (zie 2.4.4.1). Vanaf dat moment is per kas besloten of een chemische behandeling nodig was.

Bijlage 1 geeft de gebruikte natuurlijke vijanden en het resultaat van de vestigingsproef weer. Bijlage 2 toont het logboek met toepassing van chemische gewasbescherming.

### 2.4.4.1 Meeldauw waarneming

Omdat er een verschil lijkt te zijn in de meeldauwaantasting tussen kassen, werd er vanaf november 2010 elke twee weken een waarneming uitgevoerd in iedere kas. Hiertoe werden per afdeling willekeurig 15 representatieve bloemstelen gekozen (alleen de groene bloemstelen zijn gescoord, de rode zijn niet meegenomen in de waarneming), wat neerkomt op drie stelen per bed. Van 10 samengestelde blaadjes (alléén 5-blad wordt beoordeeld) per plant krijgt de aangetaste oppervlakte een getal van 0 tot 6, waarbij ieder getal correspondeerde met een aangetaste oppervlakte volgens de onderstaande ziekte-index schaal:

0 = <2%      1 = 2-5%      3 = 5-10%      4 = 10-25%      5 = 25-50%      6 = >50%

Bijvoorbeeld 1 meeldauw vlekje op een samengesteld blad is < 2%, meerdere vlekjes is 2-5% en het halve blad bedekt is 50%.



Figuur 8. Meeldauw aantasting bij roos. Voorbeeld. Van links naar rechts index 0, bladeren met index 0 tot 1, bladeren met index 5 tot 6.



*Figuur 9. Roos 'Red Naomi' in oogstrijpstadium.*

## 2.4.5 Productie- en kwaliteitswaarnemingen

De productie werd geregistreerd vanaf de tweede snee (de grondscheuten zijn geregistreerd maar niet meegeteld met de productie), beginnend op 16 september 2010. Per afdeling is van zes velden, in totaal 324 planten op ca. 50 m<sup>2</sup>, de roosproductie geregistreerd.

De rozen zijn dagelijks geoogst volgens de, voor deze variëteit geaccepteerde, commerciële rijpheid (Figuur 9.). Iedere steel werd: geteld, gewogen, steel- en knoplengte gemeten en, indien van toepassing, werden kwaliteitskenmerken die de marktwaarde verminderden geregistreerd. Hierbij valt te denken aan blauwkleuring van de bloembladen, gedraaide harten, meeldauw en verbrande bladpunten.

## 2.4.6 Andere waarnemingen

Naast de dagelijkse oogst en kwaliteitswaarnemingen zijn diverse periodieke of incidentele metingen en waarnemingen verricht. Deze zijn bedoeld om meer te begrijpen over waarom diffuus licht al dan niet bijdraagt aan meer of betere productie bij roos.

### 2.4.6.1 Gewasverdamping

Vanaf november 2011 is in beide kassen een weeggoot geplaatst om de gewasverdamping te kunnen registreren. De weegopstelling was geplaatst in een teeltbed en bestond uit twee goten van 2 meter in lengte, waarop 10 matten = 20 planten stonden, die een ruimte-breedte van 1,50 m per weeggoot besloegen. Totale oppervlakte van de 40 planten op de twee weeggoten is dus 3 m<sup>2</sup>. Het totale gewicht van de 40 planten werd continu met vier "loadcells" gewogen en met een interval van 30 seconden opgeslagen. De drain van deze 40 planten werd separaat opgevangen en ook met een loadcell gewogen en met gelijke interval als het gewicht van de planten geregistreerd.

### 2.4.6.2 Lichtonderschepping door het gewas

Zowel in januari als in april is met een Sun-scan lichtmeter het door het gewas onderschepte licht gemeten in beide kassen. Hiertoe is het licht gemeten op verschillende hoogtes in het gewas. De lichtintensiteit gemeten op knophoogte werd op 100% gesteld; het licht gemeten op lagere hoogtes werd uitgedrukt als percentage van de lichtintensiteit op knophoogte.

### 2.4.6.3 Bladfotosynthese

In november 2010, januari en mei 2011 is met behulp van een Li-Cor Fotosynthesemeter de fotosynthese op bladniveau in beide kassen gemeten. Per kas werden aan drie planten in zowel het ingebogen blad als in het oogstbare, rechtopstaande bladpakket licht-response curves bepaald en gemiddeld.

#### **2.4.6.4 Bladmorfologie**

Om een indruk te krijgen hoe de dikte-/oppervlakte- en drooggewichtverhoudingen in het blad konden veranderen onder invloed van het kasdek is een aantal metingen regelmatig uitgevoerd. Van acht rijpe takken uit de referentie kas en acht rijpe takken uit de kas met diffuus glas is elk blad beoordeeld op: aantal sub-blaadjes, vers- en drooggewicht en oppervlakte. Dit is uitgevoerd op de volgende data: 15 november 2010, 11 januari, 7 maart, 12 april, 9 mei en 29 juni in 2011.

De gemeten takken varieerden in lengte en aantal bladeren. Om de takken te kunnen vergelijken op een bepaalde datum in een bepaalde kas zijn alle takken genormaliseerd. Dit betekent dat de takken zijn 'uitgerekt' en de bovenste bladeren zijn met elkaar vergeleken en de onderste bladeren zijn met elkaar vergeleken. Deze benadering is gebruikt om de takken per kas te kunnen middelen. Voor het verloop van de kenmerken drogestofpercentage, bladoppervlak en specifieke bladoppervlak (Specific Leaf Area, SLA in  $\text{cm}^2/\text{g}$  drooggewicht) zijn de gemiddelden per tijdstip gebruikt.

#### **2.4.6.5 Huidmondjes: dichtheid en grootte**

Eenmalig zijn in november 2010 afdrukken gemaakt van de huidmondjes van acht bladeren van gelijke ontwikkelingsleeftijd uit beide kassen. De afdrukken zijn gemaakt middels de stempelmethode aan de onderkant van het blad. De anatomische eigenschappen van de huidmondjes (dichtheid, lengte en breedte) zijn bepaald door de 1000x uitvergrote microscopische beelden met beeldverwerking software te bestuderen.

#### **2.4.6.6 Bloemknoptemperatuur**

De temperatuur van de bloemknoppen is bepaald op verschillende data in februari en maart met behulp van een hand infraroodmeter. Van 60 tot 150 bijna oogstrijpe knoppen werd per meetdag en per kasafdeling een meting gedaan onder verschillende klimatologische omstandigheden: zonnig en bewolkt weer, met en zonder het gebruik van het zonnescherm, aan de zon- en de schaduwkant van de knoppen, etc. Knoppen met zeer hoge temperatuur zijn gelabeld en gevolgd op het optreden van afwijkingen tot aan het moment van oogsten en in de naaogst.

Daarnaast is op twee verschillende momenten gedurende een hele dag de knoptemperatuur gevolgd met behulp van een thermo grafische camera, waarbij ook het effect van verschillende acties om de knop te koelen zijn vastgelegd.

#### **2.4.6.7 Bladverbranding**

Gedurende enkele dagen in maart (voordat het zonnescherm in gebruik genomen werd) is verbranding opgetreden van bladpunten; de verbranding trad met name op in de jongere bladeren (rood); om een idee te krijgen of het diffuus glas met AR coating dit effect kon verminderen, is het aantal verbrande blaadjes geteld tussen half maart en half mei. Het tellen gebeurde altijd aan het begin van de dag, zodat de verbranding van de dag(en) ervoor geteld werd. Voor de telling, telt een samengesteld blad voor één verbrand blaadje, ongeacht of bladverbranding optreedt in één blad of in alle drie of vijf in het samengestelde blad.

#### **2.4.6.8 Houdbaarheid**

Van januari tot april werd de houdbaarheid (vaasleven) van de geoogste rozen onderzocht. De houdbaarheid wordt gedefinieerd als: het aantal dagen tussen plaatsing van de bloem in de uitbloeiruimte (dag 0) tot het moment dat de consument de bloem af zou schrijven. Hiervoor werden op verschillende oogstdata willekeurig 20 rozen per afdeling gekozen, in papier gewikkeld en gedurende een nacht conform praktijk in water met Florissant 600, (10ml/l) bij een temperatuur van 2 °C voorbehandeld.

Vervolgens werden de rozen opnieuw afgesneden en in aparte vazen met kraanwater zonder transportsimulatie in de houdbaarheidsruimte geplaatst (Figuur 10.). De condities in de ruimte volgens internationale voorschriften: 20 °C, 60 % RV, 12 uur licht per dag bij 14  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  (Reid en Kofranek, 1981). De bloemen werden afgeschreven als ze zodanig slap, verwelkt of door andere oorzaak door de gemiddelde consument zouden worden afgeschreven.



Figuur 10. Onderzoek naar vaasleven in de uitbloeirimte.

## 2.4.7 Communicatie en kennisoverdracht

Gedurende het verloop van het onderzoek was er frequent overleg met de Begeleidingscommissie en de coördinatoren van het programma “Kas als Energiebron”. Het overleg vond plaats met een frequentie van een keer per 4 tot 6 weken. De telers gaven teeltkundige adviezen, en de voorlopige resultaten tot dat moment werden besproken. Buiten de reguliere bijeenkomsten werden urgente klimaat technische of teeltkundige zaken direct met de telers besproken.

In de gewasnieuwsbrieven van LTO Groeiservice werd er aandacht besteed aan het onderzoek met korte nieuwsberichten, even als in de weblog “Energiek 2020” en de website van Wageningen UR Glastuinbouw. Deze berichten werden door diverse gespecialiseerde nieuwsbrieven en informatiesites verder doorverspreid in binnen en buitenland.

De kwartaal rapportages van het energieprogramma (oktober en december 2010; maart, juli en september 2011) gaven de resultaten tot het moment van rapportage weer.

Twee keer tijdens het onderzoek (oktober 2010, maart 2011) een één keer na afloop (oktober 2011) was er overleg met de verschillende partners van het EUPHOROS-project.

De voorlopige resultaten van het onderzoek werden tevens gepresenteerd in juni 2011 op Greensys 2011 in Halkidiki, Griekenland, middels een poster (García Victoria, N. *et al.* 2012,) en een mondelinge presentatie (Kempkes, F. *et al.* 2012). In 2012 zijn deze opgenomen in de proceedings van Greensys2011(Acta Hort 952).

In December 2011 zijn onderzoekers betrokken bij dit project door een journalist van het Vakblad voor de Bloemisterij geïnterviewd. Een artikel met de meest aansprekende resultaten was hiervan het resultaat. (Vegter *et al.* 2012)

In februari 2012 is in Almería een internationale cursus gehouden waar de resultaten van het project Euphoros, waaronder die van dit onderzoek, gepresenteerd zijn. Ter gelegenheid van deze cursus is ook een publicatie gemaakt (García Victoria, N., 2012).

Tot slot is in juni 2012 middels een posterpresentatie aandacht besteed aan dit onderzoek tijdens een “Rozendag” voor telers, adviseurs en toeleveranciers. De rozendag was georganiseerd door Wageningen UR Glastuinbouw en LTO groeiservice (García Victoria, N., 2012).





## 3 Resultaten en discussie

### 3.4.1 Effecten van het diffuse kasdek op het klimaat in de kas

Onder de verschillende kasdekken werden de volgende effecten op het klimaat in de kas waargenomen:

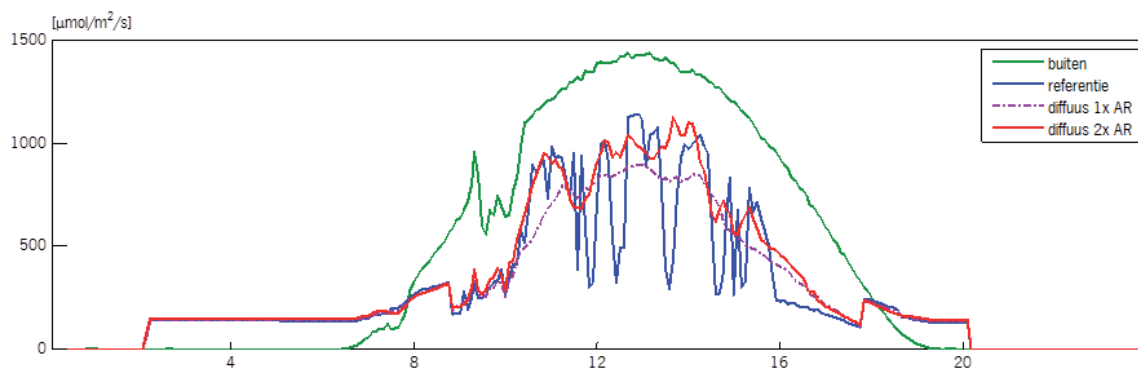
- Het licht in de kas was veel regelmatig, zonder grote pieken en dalen (Figuur 11.).
- Het diffuse kasdek had geen noemenswaardig effect op de kastemperatuur.
- Het diffuse kasdek had geen noemenswaardig effect op het energieverbruik van de kas.
- De daglichtsom was hoger in de proefkas met het diffuse glas met AR-coating dan in de referentiekas.

Het laatst genoemde effect werd veroorzaakt door verschillen in het schermregiem. Dit was een indirect effect van het diffuse kasdek materiaal.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt op deze vier effecten op het kasklimaat verder ingegaan. In Bijlage 3 worden grafieken getoond van de belangrijkste gemeten kasklimaatparameters (in weekgemiddelden).

#### 3.4.1.1 Lichtinval in de kas

Het diffuse kasdek vlakkt lichtpieken in de tijd af die wél in de referentiekas werden gemeten. Dit resulteerde in een hogere netto instraling maar met lagere pieken. Onder diffuus is er minder direct licht en daarom ook minder schaduwwerking van kasconstructiedelen op de PAR meter. Hoeveel minder direct licht er in de kas komt is afhankelijk van de “haze” factor. Mogelijk heeft daarnaast de AR-coating van het kasdek een grote invloed op dit effect. Het effect van het afvlakken van de lichtpieken (direct licht) is te zien in Figuur 11. Het kasdek met normaal glas (blauwe lijn) welke grote variatie laat zien, wordt vergeleken met de buiten straling (groen) en de diffuse afdeling met aan beide zijden AR coating (rood). Zoals in paragraaf 1.4 al gemeld was er ook nog een derde onderzoeksafdeling aanwezig met AR coating alléén aan de buitenzijde van het glas. De PAR straling in deze afdeling is in Figuur 11. als paarse lijn weergegeven. De buitenstraling geeft een stabiele, normaal verdeelde aan. In de diffuse afdelingen zijn de stralingsniveaus veel stabielier dan in de referentie. De vlakke lijn in de nacht is de assimilatiebelichting die van 02:00 tot 09:00 en van 18:00 tot 20:00 is aan geweest.



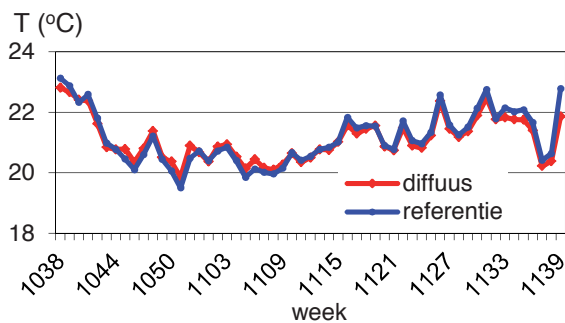
Figuur 11. PAR-straling in drie kassen met een verschillend kasdek op 28 maart 2011, een zonnige dag.

De PAR straling is met een punt meter gemeten. In een tomatenonderzoek met verschillende diffuse kasdekmaterialen (Dueck *et al.* 2012) is gemeten met een Sun-scan lichtmeter van een meter lengte die punt-verschillen middelt. Ook hier was te zien dat het verloop van het licht in de tijd in het diffuse glas met AR coating minder pieken vertoonden dan onder normaal glas. In het bovengenoemde tomaatonderzoek is tevens vastgesteld dat bij helder weer ook de horizontale verdeling van het licht in de kassen met diffuus glas veel homogener is dan in de kassen met normaal glas.

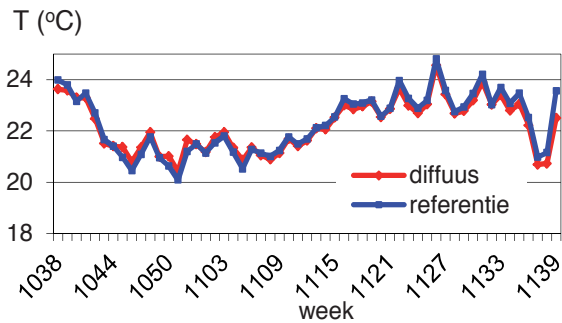
### 3.4.1.2 Temperatuur

In de kas met het diffuse glas voelde de kaslucht voor een mens koeler aan dan in de kas met normaal glas. De gemiddelde etmaaltemperatuur was in beide kassen echter gelijk, gemiddeld over de gehele proefperiode 21,2 °C (zie Figuur 12.), waarbij de gemiddelde dagtemperatuur overdag 22,4 °C was in de referentiekas en 22,3 °C in de kas met diffuus glas (Figuur 13.) en 18,1 °C in de donkerperiode voor beide afdelingen.

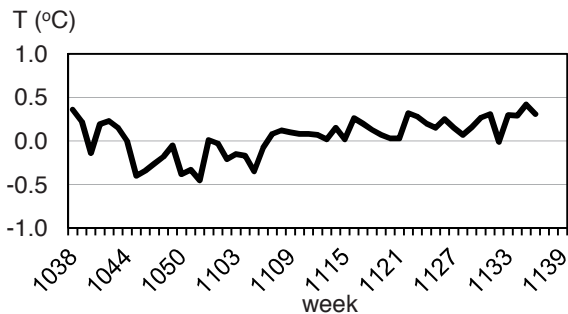
Gedurende de dag periode waren er kleine verschillen tussen kassen. Het verschil in temperatuur tussen de kas met normaal glas en de kas met het diffuse glas met AR-coating varieerde vanaf week 7 van 2011 (hogere instraling) een paar tiende graad, en bedroeg gemiddeld over de gehele periode 0,1 °C. Het verschil (Figuur 14.) is te klein om aan het kasdek toe te schrijven. Doordat de kassen op temperatuur werden gelucht, zijn bovendien eventuele verschillen ontstaan door het kasdek opgeheven door de ventilatieregeling. Verschillen werden overigens niet verwacht doordat de energietoevoer door het glas naar de kas niet anders werd door het veranderen van het directe licht in diffuus licht. Ook de gerealiseerde raamstanden (niet getoond) verschillen nagenoeg niet. Daardoor zijn ook geen verschillen in de CO<sub>2</sub>-concentraties (niet getoond) geregistreerd.



Figuur 12. Etmaalgemiddelde kasttemperatuur.



Figuur 13. Gemiddelde kasttemperatuur tijdens daglichtperiode.



Figuur 14. Verschil etmaalkasttemperatuur op weekbasis tussen beide afdelingen (referentie minus diffuus).

### 3.4.1.3 Daglichtsommen

Figuur 11. laat het stralingsverloop in de verschillende kasafdelingen zien op een zonnige dag. Toen werd buiten een maximale buitenstraling van 675 W/m<sup>2</sup> gemeten. In de praktijk gaan telers al bij lagere waarden schermen. De hoge buitenstraling resulteerde tussen 13:00 en 15:30 uur in een lichtniveau binnen boven de PAR-grens van 1000 µmol/m<sup>2</sup>s uit die door telers wordt aangehouden als grens waarboven schade aan het gewas kan optreden. Dat gewasschade optreedt bij overschrijding van de PAR-grens van 1000 µmol/m<sup>2</sup>s bleek bij de oogst de dag erna: sommige bloemblaadjes vertoonden blauwe randen. Dit gebeurde in de praktijk ook, waardoor telers gingen schermen als de buitenstraling hoger werd dan 600 W/m<sup>2</sup>.

Vanaf 20 maart werd geëxperimenteerd met verschillende schermregimes teneinde de maximaal toelaatbare lichtintensiteit in de diffuse kas door middel van “trial and error” vast te stellen. Dit is gedaan door in de referentiekas te schermen bij 600 W/m<sup>2</sup> en bij het kasdek met diffuus glas en AR-coating bij verschillende buitenstraling waardes te schermen in opeenvolgende dagen. Het effect op het aantal bloemen met blauwe randen één dag nadat een bepaalde schermdrempelwaarde was ingesteld, werd vergeleken met die in de referentiekas.

Vanaf 9 april 2011 werd er in beide kassen geschermd. De drempelwaardes die hiervoor werden aangehouden zijn:

- In de referentie kas de praktijkwaarde van 600 W/m<sup>2</sup>.
- In de kas met diffuus glas met AR-coating was dit 700 W/m<sup>2</sup>.

De hogere drempelwaarde voor schermen in de kas met diffuus kasdek, leidde tot verschillen in het aantal schermuren tussen kassen; tot 1 september was dit:

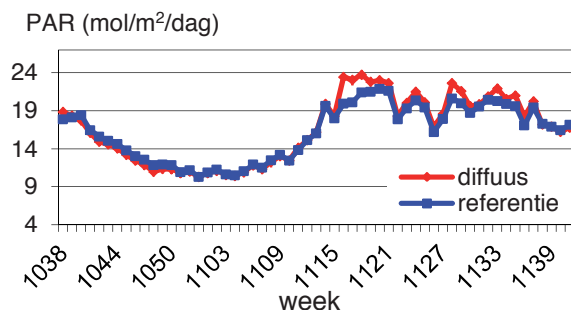
- 438 schermuren in de referentiekas.
- 285 schermuren in de kas met diffuus glas met AR-coating.

Dit zorgde voor een hogere lichtsom in de diffuse kas in vergelijking tot de referentiekas. Dit verschil varieerde tussen 0 en 3,5 Mol/m<sup>2</sup> per dag. Gedurende het hele experiment werd in totaal gemeten (inclusief belichting):

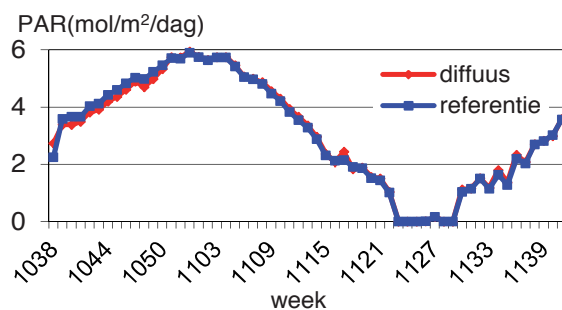
- 5361 Mol/m<sup>2</sup> in de kas met diffuus kasdek.
- 5219 Mol/m<sup>2</sup> in de referentiekas.

Het totale verschil in licht in beide kassen bedraagt 142 Mol; dit is 2,7% meer licht.

In totaal brandden de lampen in beide kassen even lang (Figuur 16.), 4560 uur. Het aandeel van de lampen aan de totale lichtsommen in de kas varieert gedurende het jaar, zoals het blijkt uit de vergelijking van de figuren 15 en 16. In de donkerste weken in december en januari is het aandeel van de assimilatiebelichting aan de totale daglichtsom op weekbasis meer dan 50%. Op dagbasis kan dit zelfs oplopen tot meer dan 80%. In de weken 20-28 in 2011 is niet belicht.



Figuur 15. Gemiddelde, wekelijkse PAR daglichtsom gedurende het jaar inclusief kunstlicht.



Figuur 16. Gemiddelde wekelijkse bijdrage van de lampen aan de PAR som.

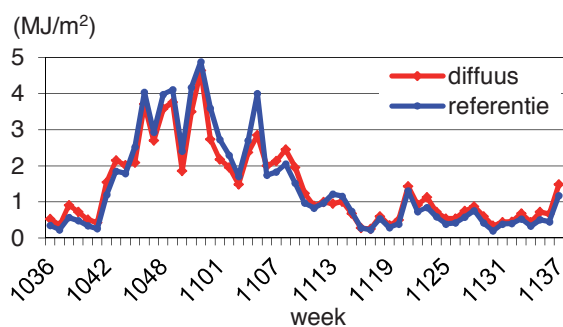
### 3.4.1.4 Energiegebruik in beide kassen

Het verwarmen van de kassen met het onder-net (buis-rail verwarming) vroeg ca. 550 MJ/m<sup>2</sup> in beide kassen waarbij het verschil tussen de referentie en de afdeling met diffuus glas ruim 1% was in het voordeel van de afdeling met diffuus glas. Deze verschillen zijn zo klein dat ze niet aan het kasdek toegeschreven kunnen worden.

Figuur 17. toont het verloop van de energievraag in beide kassen. De getoonde energiegebruiken zijn over de periode 1 oktober - 1 oktober, berekend vanuit de buistemperaturen. De meterstanden zijn pas vanaf 22 december genoteerd. Voor de periode 22 december t/m 19 augustus zijn 360 en 370 MJ/m<sup>2</sup> voor respectievelijk de afdeling met diffuus glas en de referentie. Dat is een verschil van 4% in het voordeel van het diffuse glas. Het verschil tussen de referentie en het diffuse glas is vooral in de periode januari-februari ontstaan en gebleven. Dit was een periode waarin een raam niet volledig kon sluiten, daarom is dit verschil niet aan het kasdek materiaal toe te schrijven.

De conclusie luidt derhalve, dat er geen verschillen waren in het energieverbruik voor verwarming tussen kassen die aan het kasdek konden worden toegeschreven.

Omdat in beide kassen evenveel is belicht, is er ook geen energie voordeel behaald in de vorm van elektra. De 4560 uur belichting zorgden voor een elektragebruik van ongeveer 450 KWh/m<sup>2</sup>. Als het extra toegelaten licht (142 Mol/m<sup>2</sup>) door het hogere scherm drempel (zie 3.1.1.3) gecompenseerd zou kunnen worden met minder uren belichting, zou dit tot een kleine besparing in het elektriciteitsgebruik hebben kunnen leiden van maximaal 26 KWh/m<sup>2</sup>, of 5,8% van de gebruikte elektra. Omdat in werkelijkheid een groot deel van de dagen waarin een lichtvoordeel gehaald wordt door anders te schermen (in de weken 14 tot 35) vallen binnen de weken 20-28 waarin er niet is belicht, valt een deel van dit voordeel weg. Bovendien had dit vermoedelijk de nu waargenomen effecten op de productie, zie 3.1.2., negatief beïnvloedt.



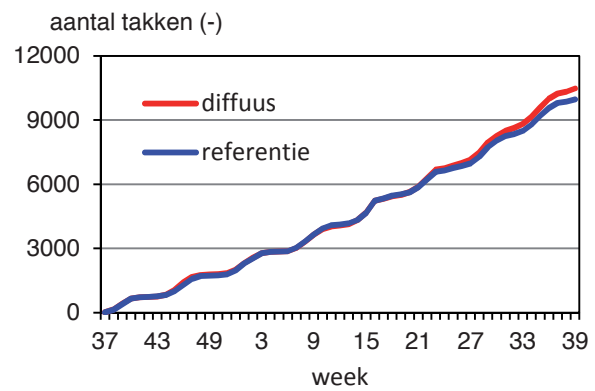
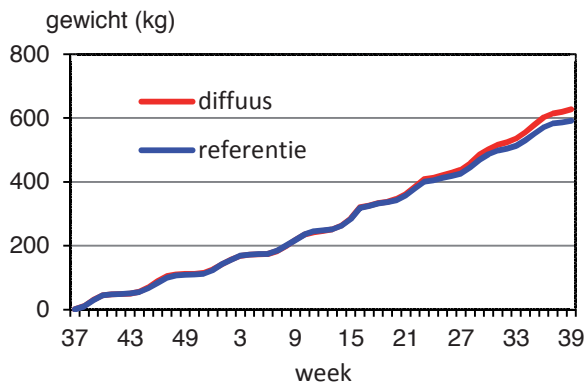
Figuur 17. Energievraag voor verwarming in beide kassen, berekend op basis van de buistemperaturen.

### 3.4.2 Effecten van het diffuse kasdek op de productie

Het geoogste gewicht van beide kasafdelingen is cumulatief weergegeven in Figuur 18. en het aantal geoogste stelen is cumulatief weergegeven in Figuur 19. De weekproductie van het aantal stelen is weergegeven in Figuur 20. Het golfpatroon in oogst in zowel de cumulatieve als in de wekelijkse productie, is ontstaan doordat het gewas sterk op snee stond. Figuur 20. laat zien hoe naarmate het gewas ouder wordt in de opeenvolgende sneden, de periodes met lage productie wat korter werden, met blijvend snee-effect. Er is niet ingegrepen om het snee-effect te verzachten, anders dan bij het oogsten “blaadjes te breken”. Dit is een in de praktijk veel toegepaste maatregel bij de geteelde soort om de uitloop van een okselknop te stimuleren.

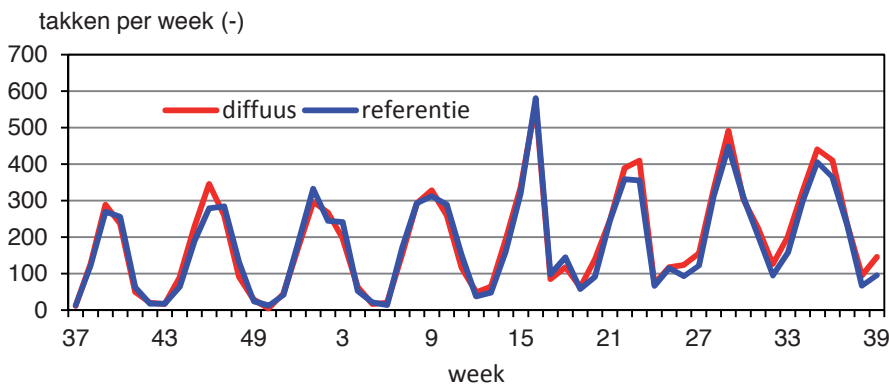
Aan het begin van de teelt (herfst) werd een 2% hoger oogstgewicht en werden 1,5% meer stelen geregistreerd in de kas met het diffuse glas met AR-coating. Dit verschil was in de winter praktisch verdwenen. In de winter in Nederland is het kasdek van weinig belang voor het gewas omdat, gezien de breedtegraad, het natuurlijke licht voor meer dan 75% diffuus is. Het weer is overwegend bewolkt en tekort aan licht wordt met kunstmatige belichting gecompenseerd. In de periode december-januari kan tot wel 80% van de lichtsom in de kas afkomstig zijn van lampen.

Vanaf mei werden de effecten van het kasdek op de productie, alsmede de gevolgen van het verschil in schermregiem tussen beide afdelingen dat in april werd ingesteld, zichtbaar in de productiecijfers. Tot en met september zijn in totaal (van de 324 meetplanten) 513 meer stelen geoogst, dat is 5,2% meer bloemen, uit de kas met het diffuse kasdek dan uit de referentiekas.



Figuur 18. Cumulatieve productie in beide kasafdelingen, Figuur 19. Cumulatief aantal geoogste stelen(rozen) in weergegeven in kg geoogste roos.

Figuur 19. Cumulatief aantal geoogste stelen(rozen) in beide kasafdelingen.



Figuur 20. Wekelijks geoogste stelen (bloemen) in beide kasafdelingen.

Door een iets hoger gemiddeld stengelgewicht, werd in de kas met het diffuse kasdek met dubbelzijdige AR-coating in totaal 6,1% meer vers gewicht geproduceerd dan in de referentiekas.

### 3.4.3 Effecten van het diffuse kasdek op de kwaliteit

#### 3.4.3.1 Tak-, bloemlengte en takgewicht

De rooskwaliteit komt tot uitdrukking in de gemiddelde lengte en het gemiddelde gewicht van de stengel en roos samen. Ook de gemiddelde knoplengte (alleen de roos knop) is een kwaliteitskenmerk. De resultaten zijn in Tabel 3 gepresenteerd.

Tabel 3. Gemiddelde steellengte, takgewicht en knoplengte van geoogste rozen. Verschillende letters geven significante verschillen aan. (Paargewijze toets (Student) met  $p=0.05$ ). De kolom geeft de LSD (least significant difference) aan.

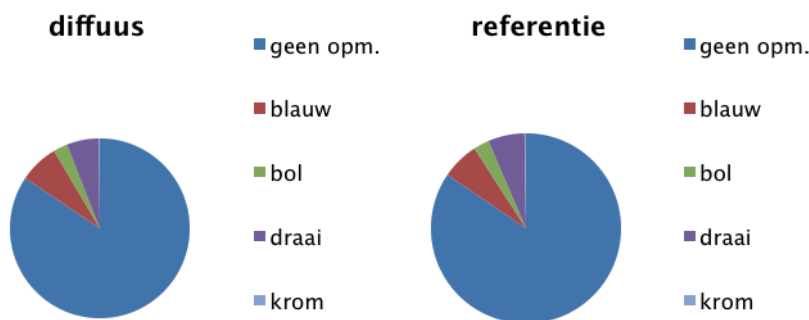
	referentie	diffuus	LSD ( $p=0.05$ )
steellengte (cm)	79,1 a	79,3 a	1.35
takgewicht (g)	60,5 a	60,9 a	1.02
knoplengte (cm)	4,5 a	4,6 a	0.03

Van beide kassen was de gemiddelde kwaliteit van de geoogste bloemen over het jaar goed vergelijkbaar. Ook als de data bekeken worden per periode (Bijlage 4), zijn de verschillen tussen periodes (het seizoen effect) groter dan de verschillen tussen kassen.

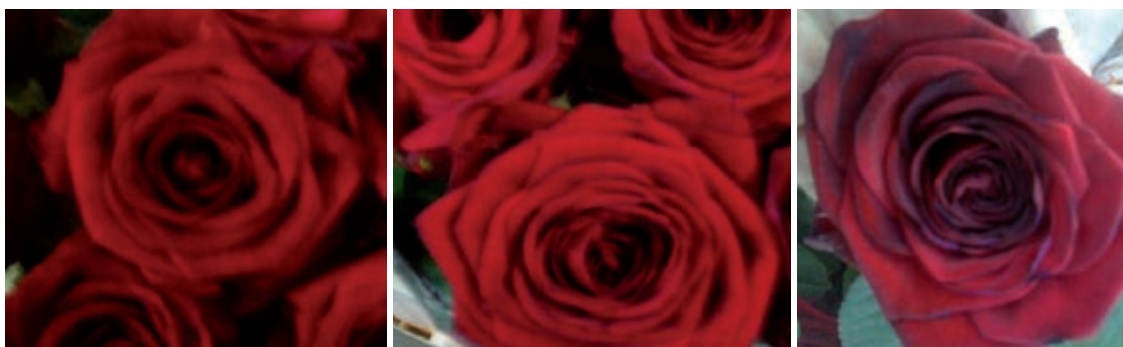
De geoogste stelen in beide kassen verschilden niet significant: gemiddeld 0,4 g en 0,2 cm, de knoplengtes verschilden gemiddeld slechts 0,1 cm, allemaal in het voordeel van het diffuse kasdek.

### 3.4.3.2 Kwaliteitsopmerkingen

De marktwaarde van rozen vermindert door fysiologische onvolmaaktheden als: bloemharten die geen mooie spiraalvorm hebben, kromme stelen en blauwe randen van de bloemblaadjes. Deze kenmerken zijn geregistreerd en in Figuur 21. weergegeven. Voor de geregistreerde kenmerken zijn de verschillen heel klein, waardoor er geconcludeerd kan worden dat het kasdek geen invloed heeft op fysiologische afwijkingen zoals bolletjes, draaiharten en kromme stelen (zie Figuur 22.). Omdat blauwverkleuring van de bloemrandjes toegeschreven wordt aan hoge instraling, werd verwacht dat het diffuse kasdek deze zou kunnen voorkomen. Dit bleek niet het geval; blauwkleuring van de bloemblaadjes is iets vaker voorgekomen in de kas met het diffuse kasdek (7,1%) dan in de kas met het referentie (normaal) glas (6,3%). Dit kleine verschil wordt toegeschreven aan de periode tussen 20 maart en 9 april, waarin er in de kas met diffuus glas werd geëxperimenteerd met verschillende scherm-drempelwaardes tot de waarde 700 Watt/m<sup>2</sup> als grens is vastgesteld. Vanaf dat moment is de schermdrempel die werd gehandhaafd in de kas met het diffuse dek hoger (700 W/m<sup>2</sup>) dan in de referentie (600 W/m<sup>2</sup>), maar het aandeel bloemen met blauwe randen bleef nagenoeg gelijk.



Figuur 21. Percentage geoogste rozen in beide kassen met kwaliteitskenmerken.

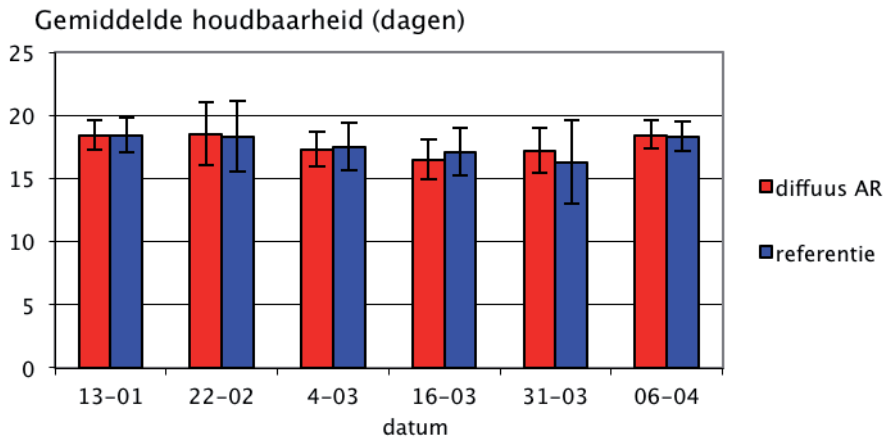


Figuur 22. Afwijkingen in kwaliteit: links bolletjes, midden draaihart; rechts blauwe bloemrand.

### 3.4.3.3 Houdbaarheid

Het gemiddelde vaasleven van de rozen uit beide kassen lag tussen de 16,5 en 18,5 dagen (Figuur 23.). In de meeste gevallen waren de rozen verwelkt aan het einde van het vaasleven. Alle rozen openden zich goed tot zeer goed: 4,5 tot 5 op een schaal van 0 (dichte knop) tot 5 (volledig open bloemen).

Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de houdbaarheid van de rozen in de periode tussen januari en april niet door het kasdek wordt beïnvloed.



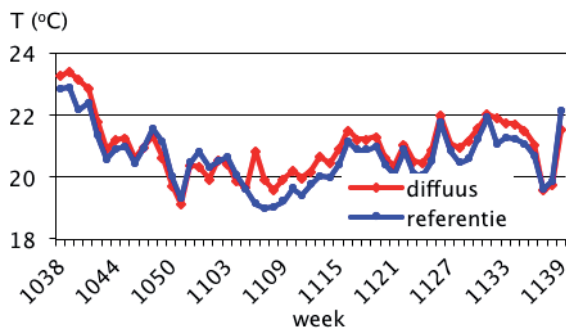
Figuur 23. Houdbaarheid van rozen gekweekt in beide kassen op verschillende tijdstippen.

### 3.4.4 Effect op gewastemperatuur

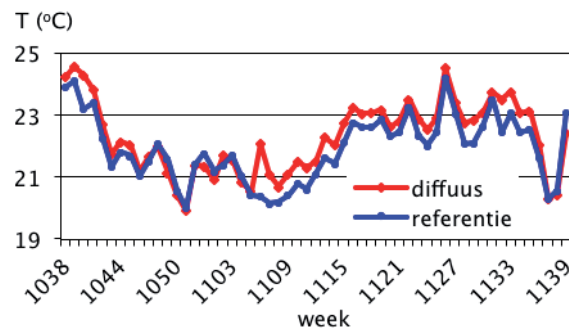
De gewastemperatuur over de hele periode bedroeg gemiddeld 20,9 °C in de afdeling met diffuus glas en 20,6 °C in de referentieafdeling.

Het etmaalverloop, het verloop in de lichtperiode en in het donker, en het etmaalverschil tussen beide kassen wordt getoond in de vier grafieken van Figuur 24. tot Figuur 27. De gewastemperatuur was in het donker in beide kassen gelijk; eventuele verschillen (met name opgetreden tot half januari) werden door kasluchttemperatuurverschillen als gevolg van verwarming en ventilatieacties veroorzaakt.

In de kas met het diffuse glas was het gewas gedurende de lichtperiode meestal iets warmer dan in de referentiekas. Dit verschil was klein, in de regel kleiner dan één graad.

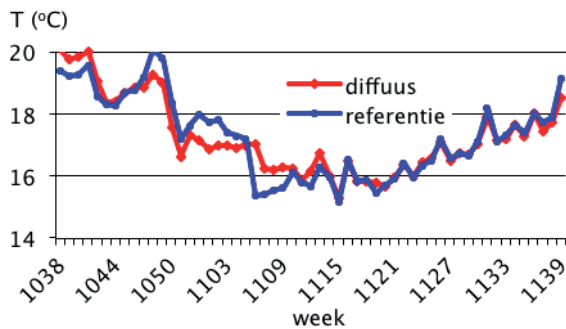


Figuur 24. Etmaalgemiddelde gewastemperatuurverloop.

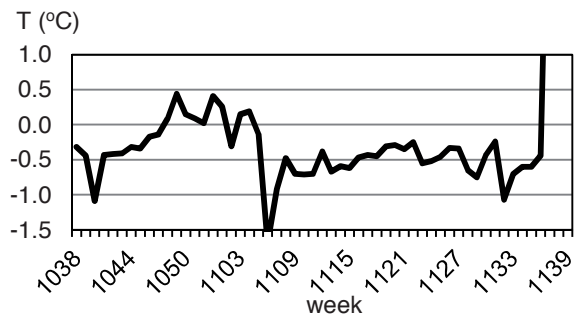


Figuur 25. Gemiddelde gewastemperatuurverloop in de lichtperiode.





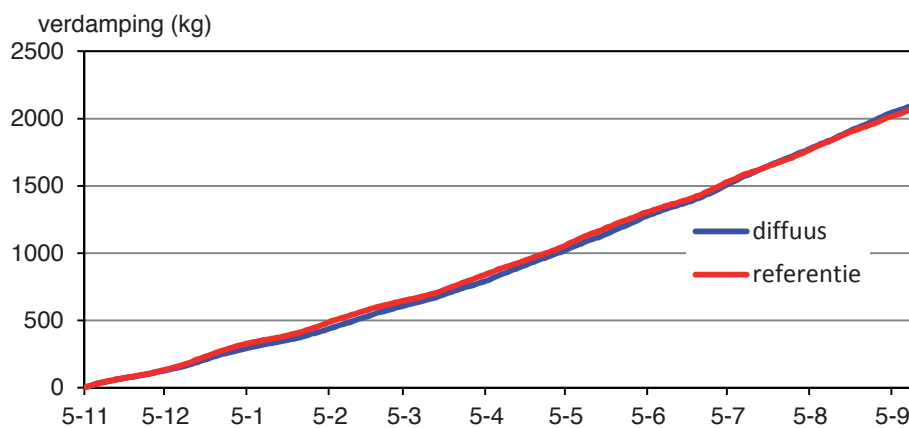
Figuur 26. Gemiddelde gewastemperatuurverloop in de donkerperiode.



Figuur 27. Gemiddeld gewastemperatuurverschil tussen kassen in de lichtperiode.

### 3.4.5 Effect op de gewasverdamping

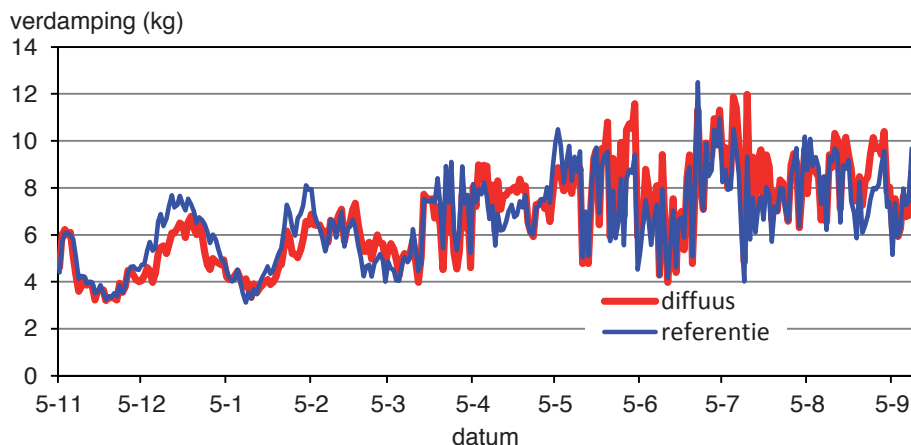
De cumulatieve verdamping was in beide kassen vrijwel gelijk (Figuur 28.). In de periode januari tot juni loopt de lijn van het gewas in de afdeling van diffuus glas iets onder die van de afdeling met standaard glas.



Figuur 28. Cumulatieve verdamping in beide kassen over de hele periode.

Op weekbasis komen er echter verschillen in verdamping tussen kassen voor. Dit wordt gedeeltelijk veroorzaakt door een kleine faseverschuiving van de snee waardoor er een LAI (Leaf Area Index) verschil tussen de weeggoten voor kan komen. Figuur 29. toont het weekverloop van de verdamping in beide kassen. Tot en met februari is het snee-effect duidelijk in het verloop van de verdamping te zien. Ook is daar te zien dat er iets meer verdamping is in de referentiekas.

Vanaf half maart komen grotere dag verschillen voor als gevolg van de hoge instraling; hierdoor lopen het snee-effect en de stralingseffecten door elkaar, waardoor grote pieken en dalen voorkomen. Vanaf april komt daar het verschil in schermregeling tussen de referentie en de afdeling met diffuus glas bij (zie Figuur 30, C). Ook het feit dat in de kas met diffuus glas met AR-coating iets meer takken geoogst werden van gelijke of iets hogere kwaliteit speelt een rol (meer bladeren per tak, zie 3.1.8), bij het voorkomen van een hogere verdampend oppervlak.



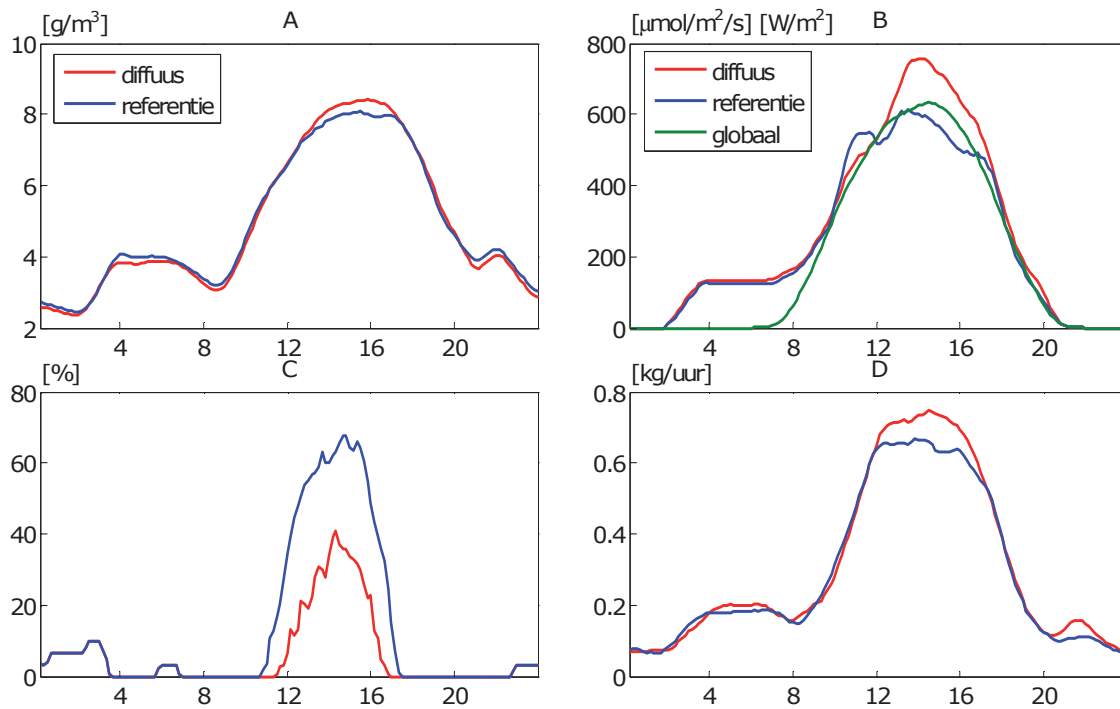
Figuur 29. Verloop verdamping op week basis in beide kassen.

Uitgaande van een homogene verdeling van productie en verdamping in de gehele kas, dan is er in de kas met diffuus glas, waar 6,1% meer kg rozen zijn geproduceerd (zie 3.1.2) per geproduceerde gewas-kg, minder verdampst; dit zou betekenen dat diffuus glas tot een hogere efficiëntie van het watergebruik leidt.

Uit modelsimulaties uitgevoerd door Plant-dynamics in een aan dit project gerelateerd onderzoek (Schapendonk en Rappoldt, 2011) blijkt het tegenovergestelde. De verdamping zou moeten toenemen bij het omzetten van direct licht in diffuus: 5,75% door de rechtopstaande takken en 1,95% door het ingebogen blad. Volgens de auteurs, zou dit te verklaren zijn door een hogere geleidbaarheid van de huidmondjes, op hun beurt verklaarbaar door lagere dampdrukdeficiet van het blad.

Bij een “gezond” gewas dat niet in een stresssituatie verkeert, is de verdamping zeer sterk gerelateerd aan de stralingsbelasting van het gewas. Ook het vochtdeficiet speelt een rol. In Figuur 30. is voor de maand april een cyclisch gemiddelde dag verloop van de verdamping, de stralingsbelasting (PAR-sensor in de kas) en het vochtdeficiet gegeven. In deze maand is er een duidelijk verschil in schermstrategie (C). In de afdeling met diffuus glas is rond 2 uur ‘s middags het scherm gemiddeld ca. 40% gesloten waar dit in de referentieafdeling ca. 70% is. Dit heeft gevolgen voor de PAR-straling in de afdeling (B) die in de middag in de referentieafdeling een duidelijk lager PAR-niveau laat zien. De momentane piek en dip in de referentieafdeling van de PAR-meting moet aan de locatie van de sensor worden toegedicht. Figuur B laat ook zien dat de belichting in de nacht vanaf 02:00 uur aangaat en tussen 21:00 en 02:00 altijd uit is. In de uiteindelijke verdamping (D) komt het verschil in straling tijdens schermen weer duidelijk naar voren. De lokale dip rond 08:00 en de piek rond 21:00 in de verdamping komen precies overeen met de dip en piek in het vochtdeficiet. Waarom de piek in de referentie rond 21:00 minder overtuigend is dan in de afdeling met diffuus glas is niet duidelijk. Ondanks de verhoogde verdamping in de afdeling met diffuus glas is het vochtdeficiet ook hoger, terwijl juist een lager deficit verwacht zou worden. Mogelijk vormt het scherm een behoorlijke barrière voor de luchtuitwisseling met buiten. Deze barrière is dankzij de grotere schermsluiting in de referentie groter dan in de afdeling met diffuus glas waardoor er minder lucht wordt uitgewisseld en dus ook minder vocht wordt afgevoerd. Er kan dan ook geconcludeerd worden dat in dit geval de schermstrategie van veel grotere invloed op de verdamping is dan het kasdek materiaal.

Bijlage 6 toont middels vergelijkbare figuren de verdamping in relatie tot de relevante klimaatparameters voor de maanden maart, juni, juli en augustus.

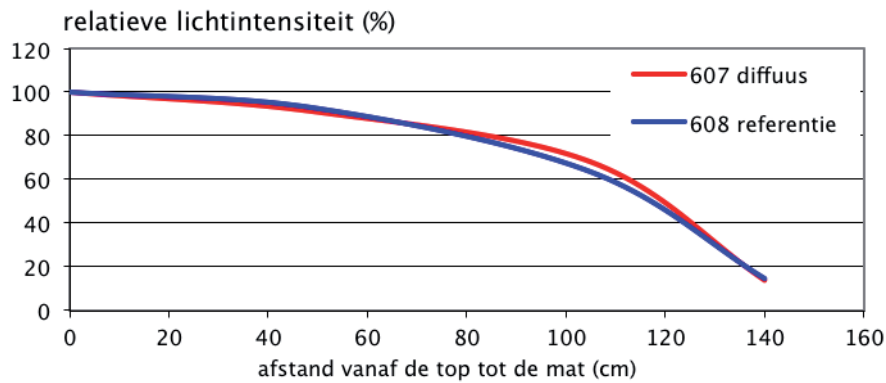


Figuur 30. Gemiddeld etmaalverloop van het vochtdeficiet (A), PAR-straling in de kas en globale straling buiten (B), schermstand zonnescerm (C) en de gemeten verdamping van de weeggoet (D) in de maand april.

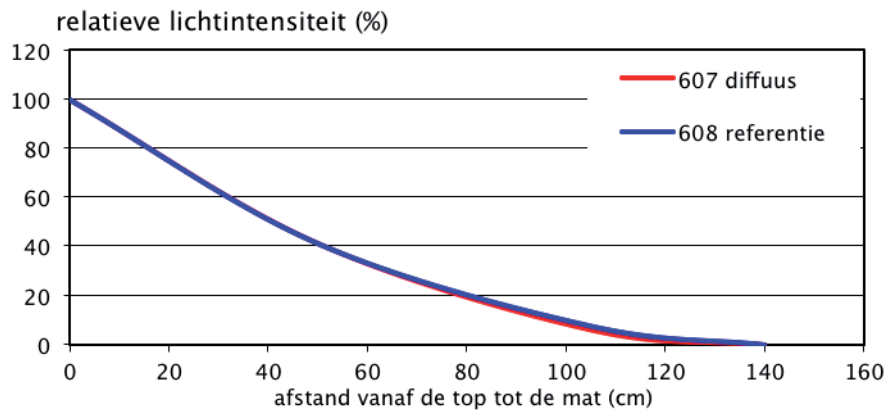
### 3.4.6 Effecten op lichtonderschepping door het gewas

Figuur 31. toont de gemeten lichtonderschepping in het gewas in januari en Figuur 32. toont het resultaat van de metingen in april. De lichtintensiteit op knopniveau is op 100% gezet. Het lichtniveau, lager gemeten dan de knop, is uitgedrukt in een percentage van de lichtintensiteit op knopniveau. De curves van gemeten lichtonderscheppingen van beide kassen zijn vrijwel gelijk, onafhankelijk van het seizoen. Het snee-effect van de rozen veroorzaakt de verschillende grafieken in beide seizoenen. In januari was het gewas aan het einde van een snee, en had een lage LAI; daardoor ontving het gewas 1 m onder de knop nog 75% licht. In april echter, was juist de snee gestart en had het gewas een hoge LAI, met als gevolg dat weinig licht aan de onderkant van het uitgebogen bladpakket kwam, nog slechts 20% licht 1 m onder de knop.

Aangezien de lijnen praktisch over elkaar heen vallen, kan geconcludeerd worden dat het kasdek de lichtonderschepping door het rozen gewas niet lijkt te beïnvloeden. Bij verticaal opgaande gewassen, zoals tomaat en komkommer (Dueck *et al.* 2012; pers. comm. Janse, J., 2012), die langer dan 2 m zijn, is de relatieve lichtonderschepping door de diepere lagen van het gewas duidelijk hoger onder diffuus glas dan onder normaal glas.



Figuur 31. Lichtonderschepping door het gewas op verschillende hoogtes in januari 2011 in beide afdelingen.

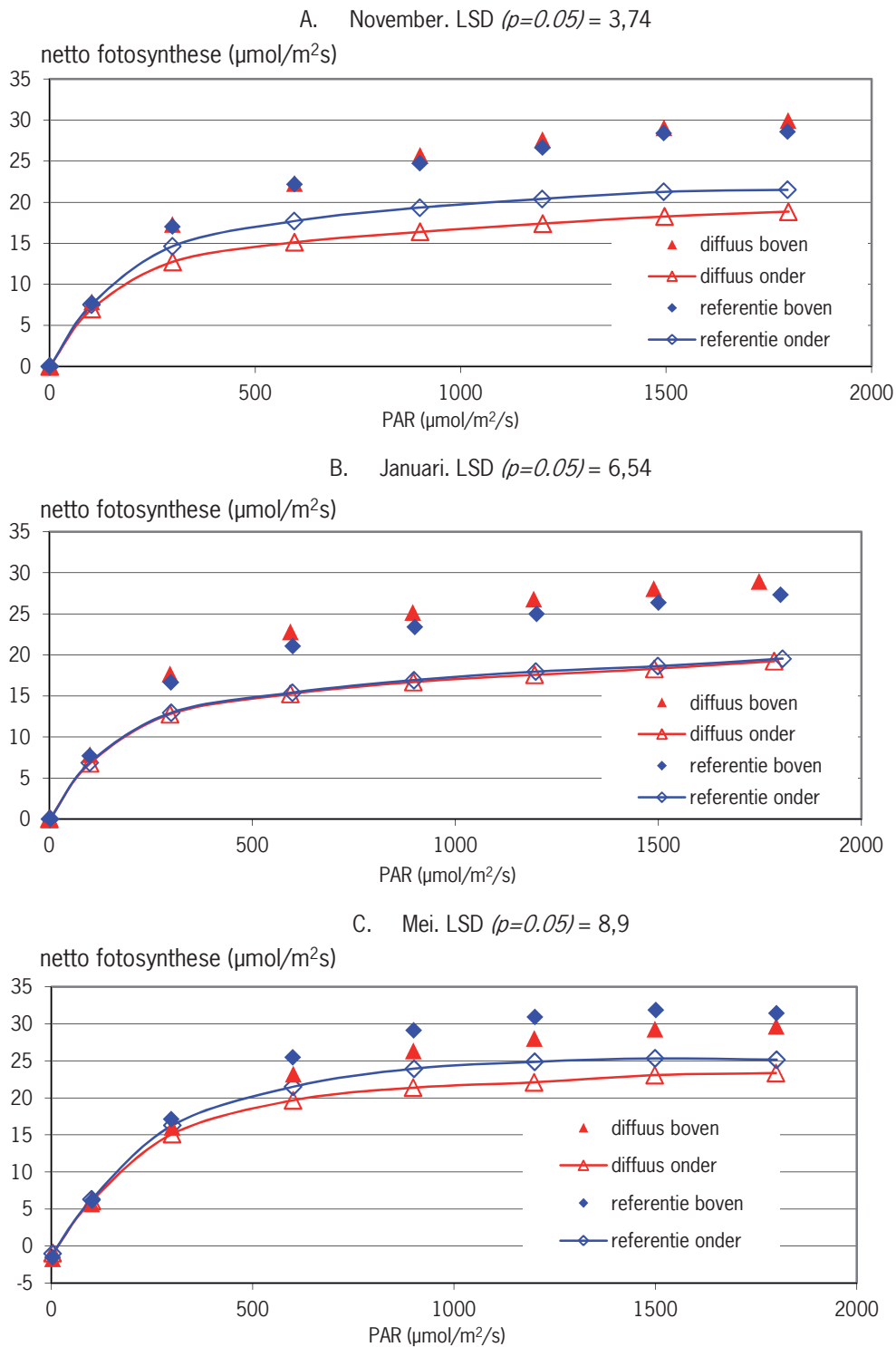


Figuur 32. Lichtonderschepping door het gewas op verschillende hoogtes in april 2011 in beide afdelingen.

### 3.4.7 Effect op fotosynthese-efficiëntie

In beide kassen was, bij alle uitgevoerde metingen, de licht response curve van netto fotosynthese van het blad niet veel verschillend. Resultaten van fotosynthesemetingen in november (A), januari (B) en mei (C) zijn in Figuur 33. gegeven. Voor ieder meetmoment wordt de gemiddelde lichtresponse curve van fotosynthese getoond van drie metingen gedaan aan horizontale bladeren zoals ingebogen takken, (ouder blad) en van verticale bladeren zoals oogstbare stelen (jonger blad). De verschillen tussen de drie gemeten bladeren per categorie (per kas en per type tak, d.w.z. verticaal of horizontaal) zijn groter dan het gemiddeld verschil tussen de bladeren van hetzelfde type uit beide kassen. Er zijn in de metingen geen verschillen in fotosynthese-efficiëntie geconstateerd tussen de bladeren op dezelfde positie (verticaal of horizontaal) in beide kassen.

Consistent voor beide kassen en alle metingen zijn de verschillen in fotosynthesecapaciteit tussen bladeren aan de verticale en de horizontale takken, waarbij de verticale takken altijd en betrouwbaar een hogere bladfotosynthese vertonen dan de horizontale of ingebogen takken. Verschillen tussen bladeren in het bladpakket kunnen verklaard worden door het feit dat ingebogen takken vaak in de schaduw van verticale stengels staan. De leeftijd van de ingebogen takken (meestal ouder dan de rechtopstaande takken) kan tevens de fotosynthesecapaciteit beïnvloeden. Schapendonk *et al.* (2009) namen vijf weken na inbuigen een daling in bladfotosynthese waar.



Figuur 33. Lichtresponse curve van netto bladfotosynthese in beide kassen op drie verschillende tijdstippen: november (A), januari (B) en mei (C). 'Onder' is blad aan het horizontale, ingebogen bladpakket, 'boven' is blad aan de rechtopstaande, oogstbare stelen. De LSD geeft de 'Least Significant Difference' per meting weer.

Deze resultaten komen niet overeen met resultaten gevonden met groentegewassen. Hemming *et al.* (2008) vonden eerder bij groentegewassen die in diffuus licht groeiden een hogere fotosynthesecapaciteit op bladniveau dan in vergelijkbare gewassen onder normaal glas. Dueck *et al.* (2012) hebben recent bij tomaat waargenomen dat diffuus glas foto-inhibitie als gevolg van hoge instraling in zeer zonnige dagen kon tegengaan. In het rozenexperiment zijn mogelijk geen Foto-inhibitieve niveaus bereikt dankzij het gebruik van de zonneschermen, wat mogelijk het uitblijven van verschillen als gevolg van de kasdekken verklaart.

Figure 31. en 32 laten immers zien dat er geen verschillen in lichtonderschepping zijn gemeten, dus de lichtomgeving waarin bladeren zich ontwikkelen (wat de fotosynthese capaciteit bepaalt) is dezelfde voor de twee kasdekkbehandelingen. De uiteindelijke fotosynthese van een gewas wordt bepaald door het beschikbare licht, de hoeveelheid blad en de fotosynthese capaciteit van het blad. Dus dat er geen verschillen zijn in fotosynthesecapaciteit hoeft niet tegenstrijdig te zijn met de waargenomen verschillen in [vers]productie. In tegendeel, het uitblijven van verschillen in fotosynthese capaciteit op bladniveau kan wel een verklaring zijn voor het feit dat het effect van diffuus glas bij rozen kleiner is dan bij tomaat. Op gewasniveau is fotosynthese niet bepaald (er is geen goede methode voor) maar een verschil in gewasfotosynthese in het voordeel van planten geteeld onder diffuus glas is denkbaar: enerzijds is er het positief effect van het diffuse glas op het voorkomen van bladverbranding van jonge blaadjes (zie ook paragraaf 3.1.10); als ze verbranden dragen ze minder bij aan de totale gewasfotosynthese; anderzijds lijkt er meer fotosynthetiserende bladoppervlak per tak te zijn in de diffuse kas (zie 3.1.8.2).

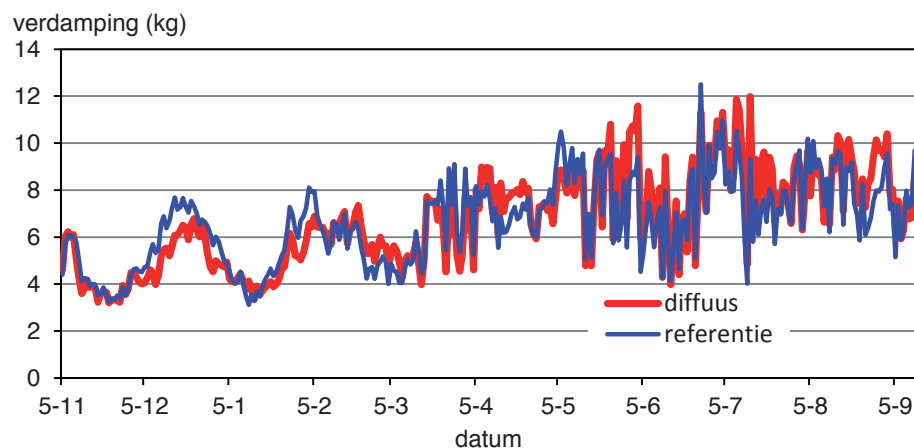
### 3.4.8 Effecten op blad morfologische parameters

De takken die gemeten zijn varieerden in lengte en aantal bladeren. Om de takken te kunnen vergelijken op een bepaalde datum in een bepaalde kas, zijn alle takken genormaliseerd. Dit betekent dat de takken zijn 'uitgerekt': de bovenste bladeren zijn met elkaar vergeleken en de onderste bladeren zijn met elkaar vergeleken. Deze benadering is gebruikt om de takken per kas te kunnen middelen. Voor het verloop van de kenmerken droogstofpercentage, bladoppervlak en specifieke bladoppervlak (SLA, specific leaf area, in  $\text{cm}^2$  per g drooggewicht) zijn de gemiddelden per tijdstip gebruikt. In Bijlage 3 zijn de meetgegevens voor de zes tijdstippen waarop er gemeten is gegeven, waarbij de gemiddelden van het droge stofpercentage en de het bladoppervlak per samengesteld blad in de tak zijn uitgezet.

#### 3.4.8.1 Percentage droge stof

In Figuur 34. is het percentage droge stof (ds.) van de bladeren in beide kassen gedurende de zes meetmomenten in de periode november 2010 tot juni 2011 uitgezet. Het ds. % is redelijk constant gedurende het jaar (in juni iets lager), en vrij hoog, variërend tussen 27 en 32%. (ter vergelijking, het % droge stof in het blad bij tomaat in het experiment van Dueck en Janse is lager dan 10%).

In 4 van de 6 metingen was het percentage droge stof van de bladeren uit takken gekweekt onder het normale glas ruim 3% hoger dan die van bladeren uit takken gekweekt onder het diffuse glas met AR coating. In het tomaatonderzoek (Dueck *et al.* 2012) werd het tegenovergestelde waargenomen: het percentage droge stof van het tomatenblad (en ook dat van de tomatenstengels en de vruchten) was hoger onder het diffuse glas met AR coating dan onder het standaard glas in alle verrichte metingen, en kon in relatie worden gebracht tot een verhoogde gewasweerbaarheid tegen Botrytis.



Figuur 34. Verloop in de tijd van het percentage droge stof in beide kassen.

### 3.4.8.2 Blad oppervlak en dikte

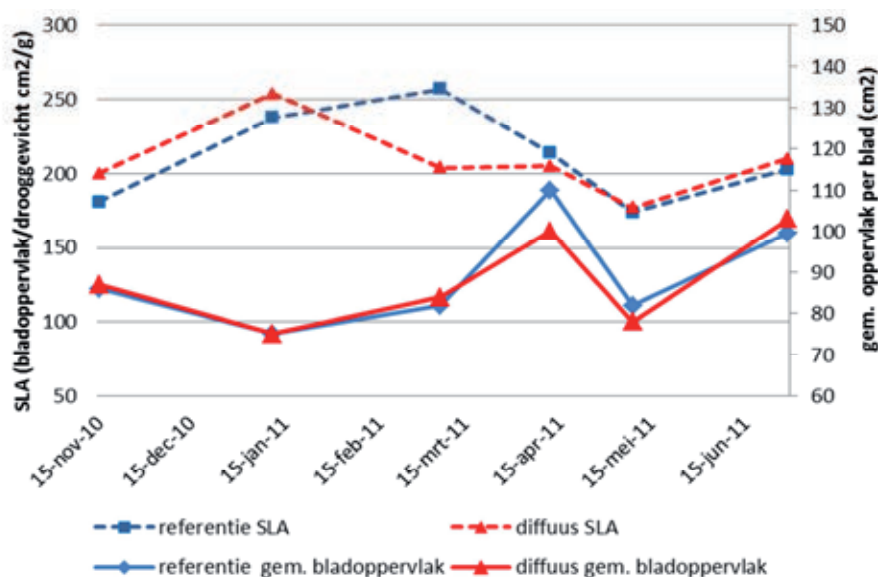
De grafieken hieronder (Figuur 35. en 36.) geven het bladoppervlak (rechter y-as) gemiddeld per blad en per tak (dus alle bladeren van één tak opgeteld) voor de 6 meetmomenten. Het gemiddelde bladoppervlak per blad (Figuur 35.) is in beide kassen bijna gelijk in al de metingen. Het gemiddelde bladoppervlak per tak echter, was op meerdere meetmomenten hoger voor de takken uit de kas met diffuus glas met AR coating (Figuur 36.) dan in de takken uit de referentiekas. Dit is te danken aan de aanwezigheid in de takken uit de kas met diffuus glas van evenveel of meer samengestelde bladeren per tak dan in de takken uit de referentiekas zoals te zien is in Tabel 4.

Tabel 4. Aantal samengestelde bladeren per tak in beide kassen op zes meetmomenten. De waarden zijn gemiddelden van acht takken per kas per meetmoment.

aantal samengestelde bladeren per tak						
	kas diffuus AR glas			kas normaal glas		
meetmoment	minimum	maximum	gemiddeld	minimum	maximum	gemiddeld
november 2010	10	15	12,4	9	12	11,3
januari 2011	11	16	14	8	16	11,6
maart 2011	11	15	12,3	8	14	10,7
april 2011	9	14	10,9	6	10	9,1
mei 2011	9	12	10,3	7	12	9,6
juni 2011	9	12	10,5	8	12	10,5

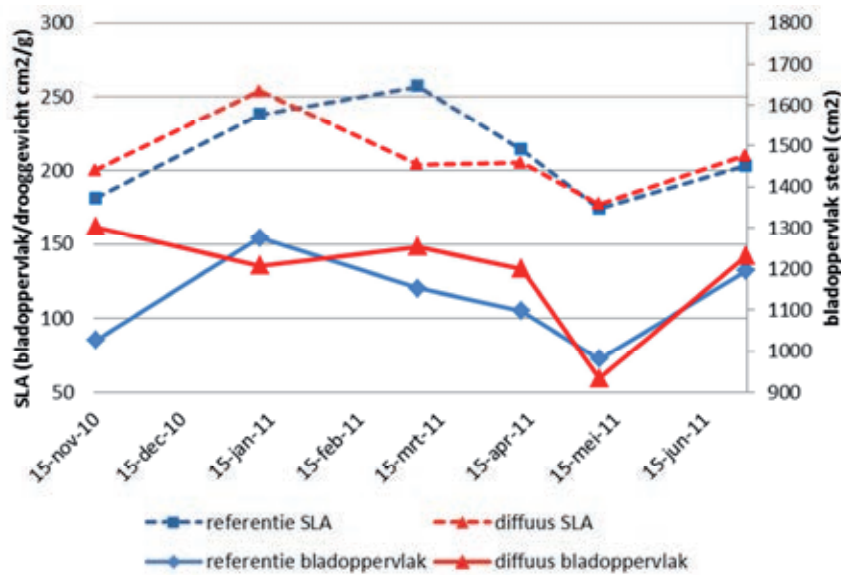
Op de linker y-as geven de grafieken uit Figuur 35. en 36. ook het SLA oftewel het bladoppervlak per eenheid drooggewicht ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ). Dit getal geeft een idee van de relatieve dikte van het blad. Hoe hoger het getal, hoe dunner het blad; dunnere bladeren hebben een hogere fotosynthese capaciteit (Reich *et al.* 1998); het is niet duidelijk waarom, maar mogelijk kan het licht in een dikker blad moeilijker alle chloroplasten bereiken; eveneens is het door diffusie beperkingen moeilijker om de  $\text{CO}_2$  naar alle interne cellen te brengen.

De verschillen in SLA tussen de bladeren uit beiden kassen zijn alléén in de maand maart groot (dunner blad in de rozen uit de referentiekas) en variëren per meetmoment; niet duidelijk is of het feit dat er belicht en geschermd is een rol heeft gespeeld in het afvlakken of vergroten van de verschillen. In het tomaatonderzoek is consequent een lagere SLA gemeten in de bladeren uit kassen met diffuus glas met AR coating dan in bladeren uit kassen met standaard glas.



Figuur 35. Het gemiddelde bladoppervlak per blad en de SLA in de zes metingen in de tijd in beide afdelingen.





Figuur 36. Het gemiddelde bladoppervlak per geoogste tak en de SLA in de zes metingen in de tijd in beide afdelingen.

### 3.4.8.3 Huidmondjes: aantal, lengte en breedte

In november zijn afdrucken gemaakt van de huidmondjes op het blad van beide soorten. De resultaten, getoond in Tabel 5, lieten zien dat het kasdek geen invloed lijkt te hebben op de hoeveelheid noch de anatomische eigenschappen van de huidmondjes.

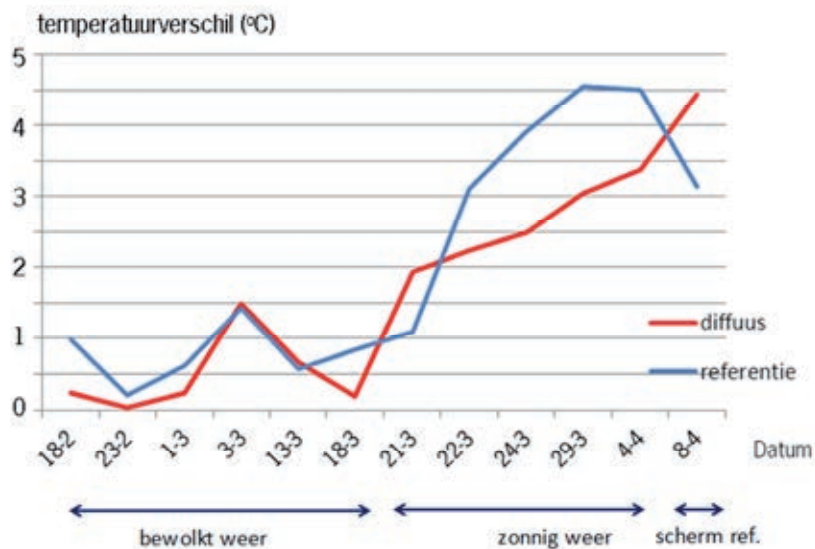
Tabel 5. Huidmondjesdichtheid en -grootte in het blad dat ontwikkeld is in beide kassen. De Tabel geeft het gemiddelde van 8 afdrucken per kas weer, met tussen haakjes de standard deviatie van het gemiddelde.

	huidmondjes dichtheid, lengte en breedte		
	dichtheid (aantal/mm <sup>2</sup> )	lengte (µm)	breedte (µm)
kas diffuus AR	49,7 (1,3)	41,7 (0,9)	25,2 (0,5)
referentie kas	49,1 (1,7)	42,6 (0,9)	26,2 (0,1)

### 3.4.9 Temperatuur van de bloemknop

De temperatuur van de bloemknop was vrij dicht op die van de lucht en varieerde weinig op bewolkte dagen (maximaal 3 graden verschil tussen de warmste en de koudste knop in de kas). Op zonnige dagen, echter, kon het verschil in temperatuur tussen de warmste en de koudste knop tot 12-13 graden oplopen. Ook was er verschil binnen een knop waarneembaar afhankelijk van de zonnestand: aan de zonnkant van de knop was de temperatuur hoger dan aan de schaduw kant. In Bijlage 5 worden enkele foto's getoond die gemaakt zijn met een thermische camera. Met behulp van een kleuren-temperatuur schaal, is de opwarming van de knoppen onder invloed van de zon zichtbaar ten opzichte van de koelere verdampemde plantdelen. Op de foto's is te zien dat in de nacht de knoptemperatuur niet verschilt van de andere plantdelen en onder invloed van de lampen 1-2 graden warmer wordt dan het blad. Onder invloed van de zon warmen zowel de knop als het jonge (rode) blad (bovenaan) door lichtabsorptie dan wel door onvoldoende koelend vermogen sterk op, tot wel meer dan 42 °C.

Als we het gemeten verschil tussen de knoptemperatuur op het moment van de meting vergelijken met de kasttemperatuur in de meetbox, dan ontstaat een interessant verschil tussen de bloemen onder de twee kasdekken (zie Figuur 37.). Op bewolkte dagen zijn de knoppen in beide kassen gemiddeld ongeveer een graad tot anderhalf warmer dan de lucht. Maar op de zonnige dagen, vanaf 21 maart, zien we het verschil in beide kassen oplopen, sterker in de referentiekas dan in de kas met diffuus glas. Ten opzichte van de lucht, warmen de knoppen onder het diffuse kasdek dus minder op dan onder het gewone kasdek. De meting van 8 april laat een omkering van deze trend zien, wat veroorzaakt wordt doordat het zonnescherm gebruikt werd in de referentiekas en niet in de diffuse kas.



Figuur 37. Verschil knop-luchttemperatuur in beide kassen afhankelijk van weersomstandigheden, metingen verricht tussen februari en april 2011.

### 3.4.9.1 Knoptemperatuur in relatie tot blauwverkleuring van de bloemblaadjes

Ondanks het positief effect op de bloemknoptemperatuur, blijkt het diffuse glas niet in staat blauwverkleuring van de bloemknoppen te voorkomen (zie 3.1.3.2). Uit ervaring weten telers dat te hoge knoptemperaturen die gepaard gaan met hoge instraling tot blauwverkleuring van de knoppen leidt. Om te achterhalen welke knoptemperatuur tot schade leidde, zijn gedurende enkele dagen knoppen gelabeld die tijdens de handmetingen een temperatuur hoger dan 32 graden hadden. Bij het oogsten is genoteerd of deze knoppen blauwe randen vertoonden, en vervolgens zijn ze in de uitbloei ruimte in schoon water gezet. Hoewel niet alle warme knoppen blauwe randen vertoonden bij de oogst, werden alle knoppen blauw tijdens het vaasleven. (Dit was een constatering, er worden geen data getoond.)

Het lijkt er dus op dat blauwverkleuring van de bloemknoppen het gevolg is van te hoge bloemknoptemperaturen. Het is niet onderzocht wat de maximaal toelaatbare knoptemperatuur is om schade te voorkomen. Er is wel gekeken naar mogelijkheden om de knop te koelen.

### 3.4.9.2 Mogelijkheden om de bloemknop te koelen

Als blauwverkleuring van de knop samenhangt met de temperatuur, en dit de reden is waarom geschermd moet worden, waardoor waardevol buitenlicht verloren gaat, zou het wenselijk zijn om over een ander middel te beschikken dan schermen om de knoptemperatuur te verlagen.

Extra luchtbeweging lijkt effectief. Met een handventilator is een luchtstroom van 1 m/s gemaakt rondom de knop. De afkoeling, afhankelijk van hoe lang de luchtstroom rondom de knop aanhield, varieerde tussen 0,5 en 5 graden. Dit is gevolgd met behulp van een hand IR meter, en met een thermische fotocamera.

Figuur 38. toont een thermisch beeld van een rozenknop voor en na het blazen met de ventilator gedurende 4 minuten. Duidelijk is te zien dat de knop sterk is afgekoeld. In dit geval is de warmste plek van meer dan 35 °C tot ongeveer 29 graden gedaald. Uiteraard waren de instraling en de kastemperatuur hetzelfde gebleven.

In de praktijk zou je deze luchtstroom kunnen bereiken met een horizontaal blazende ventilator met extreem groot debiet van 50.000 m<sup>3</sup>/uur. Daarmee zijn met succes proeven uitgevoerd bij *Matricaria* bij een debiet van 26.000 m<sup>3</sup>/uur en een worp van 120 meter.



*Figuur 38. Links, thermisch beeld van een rozenknop in de kas, en rechts, van een rozenknop na afkoelen met een ventilator gedurende 4 minuten. De kleurenschaal liep van zwart= 26 graden, via donkerpaars= 27 graden en lichtpaars= 32 graden tot geel = 38 graden.*

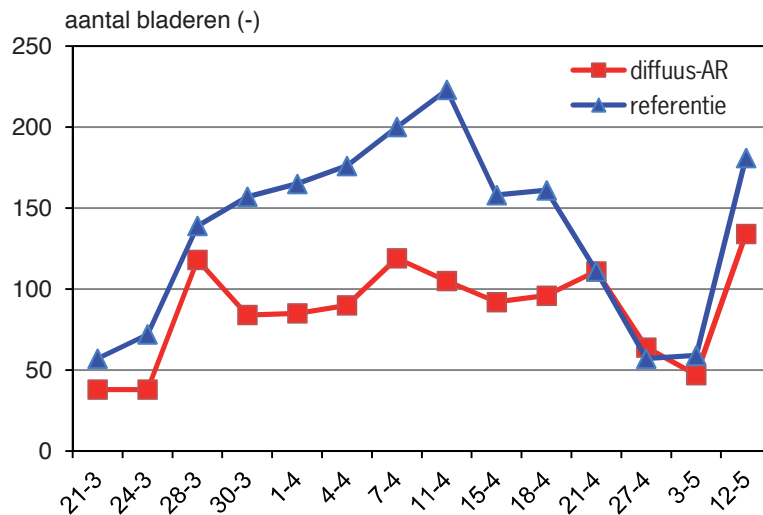
### 3.4.10 Bladverbranding

In de dagen die volgen op dagen met een sterke instraling, ontstaat bladverdroging- verbranding in het gewas (Figuur 39.). De verbranding komt het meeste voor in de jonge, rode bladeren, en meer in de punt dan bij het bladaanzet. Met behulp van de thermische camera is gezien dat dit bladeren zijn die onder invloed van de zon sterk kunnen opwarmen. De oudere, groene bladeren lijken zich beter te kunnen koelen door verdamping.



*Figuur 39. Bladverbranding als gevolg van hoge instraling.*

Omdat de indruk bestond dat onder het diffuus kasdek dit minder voorkwam dan onder de referentie, is gedurende enkele dagen het aantal verbrande blaadjes per kas geteld. De tellingen bevestigen de opgedane indruk, zoals het te zien is in Figuur 40. Bij scherp weer, treed meer bladverbranding op in de referentiekas dan in de kas met diffuus glas. De verschillen nemen af bij bewolkt weer en als het zonnenscherm gebruikt werd. Dit gebeurde vanaf begin april in de referentiekas bij een buitenstraling van  $600 \text{ W/m}^2$ , en vanaf 20 april in de kas met diffuus glas bij  $700 \text{ W/m}^2$ . In de tussenliggende periode werd met schermstanden geëxperimenteerd om grenswaardes voor schermen te bepalen.



Figuur 40. Aantal verbrande blaadjes per kas in de periode maart-mei 2011.

### 3.4.11 Meeldauw ontwikkeling

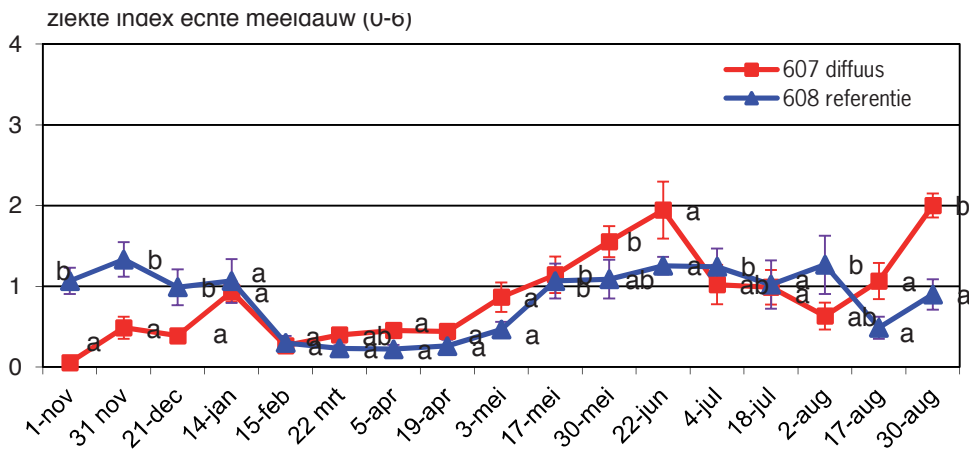
Figuur 41. toont de resultaten van de waarneming van de meeldauw aantasting in beide kassen. Aan het begin van de observaties (november en december) is er een statistisch significant hogere aantastingsniveau gemeten in de kas met standaard glas dan in de kas met diffuus glas.

Een mogelijke invloed op de ziekteontwikkeling zou verklaard kunnen worden indien de verschillende kasdek types een verschillende doorlatendheid zouden hebben voor het UV licht ( $\lambda = 200-400 \text{ nm}$ ). Hoewel de literatuur daar niet eenduidig is, is uit divers onderzoek gebleken (Ensminger, 1993) dat UV stralen, en dan met name die met de kortere golflengtes, UV-B en UV-C, (Semeniuk en Stewart, 1981; Marquenie *et al.* 2003) de ontwikkeling van schimmels en de kieming van schimmelsporen kunnen hinderen.

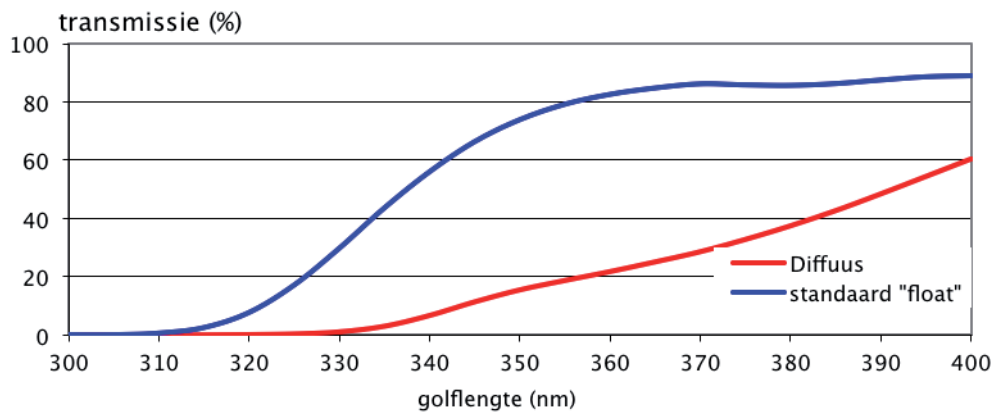
De hoopvolle observaties tussen augustus en november die tot het periodiek waarnemen in de kassen heeft geleid, leken te wijzen in de richting van een positief effect van het diffuse kasdek. Daarom zijn nieuwe monsters van de gebruikte kasdekmaterialen specifiek gemeten op hun lichtdoorlatendheid in de golflengtes in het Ultraviolet gebied.

De metingen wijzen uit (zie Figuur 42.) dat het diffuus materiaal in het UV-A gebied ( $\lambda = 320-380 \text{ nm}$ ) minder licht doorlaat dan het referentie materiaal (standaard tuinbouw glas). In licht doorlatendheid in het UV-B en C gebied, verschillen de glasmonsters niet van elkaar. Onder de 320 nm laten beide types glas geen licht meer door.

Daarnaast is het verschil in ziekte index tussen kassen niet consequent aangehouden tijdens de gehele onderzoeksperiode. Uit deze metingen kan daarom niet geconcludeerd worden dat het diffuse glasinvloed heeft op de kieming van meeldauwsporen en daardoor op de ziekteontwikkeling. Mogelijk spelen andere factoren, zoals ziektedruk bij de start, een belangrijker verklarende rol in de waargenomen verschillen dan het kasdek materiaal.



Figuur 41. Verloop van de meeldauw infectie in beide afdelingen gedurende de onderzoeksperiode.



Figuur 42. Transmissie glas uit beide kassen in het UVA en -B gebied.



## 4 Discussie: perspectief voor diffuus glas met AR-coating voor rozenteelt

Diffuus glas met AR coating heeft een positief effect op de rozenproductie. De toepassing van het diffuse kasdek gedurende een jaar voor de teelt van een jong gewas heeft geleid tot een meerproductie van 5,2% in aantal rozen (6,1% meer vers gewicht). De productietoename is echter lager dan de ongeveer 8 tot 10% welke verwacht werd. Het diffuse kasdek met AR coating vlakke de pieken en dalen van de buitenstraling af. Er werden minder extreem lage of hoge lichtniveaus gemeten. Het meer gelijkmatige licht veranderde niet de dagelijkse lichtsom, maar verminderde de noodzaak tot schermen met  $100 \text{ W/m}^2$  in vergelijking tot de referentiekas met standaard glas. Schermen is nodig om bladverbranding en blauwe bloemranden te voorkomen. In deze discussie gaan we verder op de redenen waarom we meer verwachtten, hoe de meerproductie te verklaren, waarom er niet is voldaan aan de verwachting, en of er meer in gezeten had als de omstandigheden anders waren. Ook de energetische en economische implicaties worden besproken.

### Vanwaar de hoge verwachtingen?

Deze verwachting werd gewekt door enerzijds modelberekeningen (A.) en anderzijds door resultaten uit het verleden met opgaande groentegewassen (komkommer en paprika), alsmede resultaten die tegelijkertijd met dit experiment in een parallelle proef met tomaat werden behaald (B.).

ad A.) Modelberekeningen van Schapendonk, *et al.* (2011) in een vroeg stadium van het rozenonderzoek gaven aan dat een toename van 8,5% van het vers gewicht voor de gebruikte cultivar Red Naomi! te verwachten was. Deze -verwachte- toename van het vers gewicht was enerzijds gebaseerd op veranderingen van de lichtonderschepping door het gewas door toepassing van diffuus glas en, anderzijds op de verminderde behoefte tot schermen. In het model werd voorspeld dat een  $150 \text{ W/m}^2$  hogere drempelwaarde voor schermen zou kunnen worden aangehouden in de kas met diffuus glas dan in de referentiekas. In de praktijk bleek dat er meer geschermd moest worden dan verwacht (bij een  $100 \text{ W/m}^2$  hogere drempelwaarde). Deze drempelwaarde is gaande de proef met “trial and error” vastgesteld om (zichtbare) blauwverkleuring van de bloemknop te voorkomen, (zie verder “zou het resultaat kunnen verbeteren”).

ad B.) Gelijktijdig met de rozenproef liep een experiment met tomatenplanten bij WUR Glastuinbouw in Bleiswijk (Dueck *et al.* 2012). De tomatenplanten groeiden in verschillende kasafdelingen onder een diffuus kasdek met verschillende “haze factoren” (haze percentages van 0%, 45%, 62% en 71%), allen met antireflectie coating aan één zijde van het glas. Er werd niet geschermd. De productietoename ten opzichte van de referentie (0% haze) onder het hoogste haze factor (71%, gelijk als in deze proef met rozen) was 11% gedurende de periode december 2010 - november 2011 (Dueck *et al.* 2012). In de tomatenproef is de meerproductie door diffuus glas met AR coating te verklaren uit de volgende factoren (allemaal met metingen ondersteund):

- Een hogere fotosynthese capaciteit van het blad onder het diffuse glas
- Een betere lichtonderschepping door het gewas in de onderste lagen van het bladpakket
- Een vermindering van de Foto inhibitie onder het diffuse glas
- Een iets hogere  $\text{CO}_2$  concentratie in de lucht als gevolg van iets minder ventilatie
- Een iets hoger droge stof in de plantstengels, waardoor minder uitval als gevolg van Botrytis voorkwam aan het einde van de teelt.

### Wat verklaart de meerproductie bij roos?

Het is vanzelfsprekend dat een diffunderend kasdek alleen invloed heeft op het licht dat niet al diffuus is. Door twee factoren is het aandeel niet diffuus licht in deze proef ‘veel’ kleiner dan bij de andere gewassen, zoals tomaat: belichting (geen invloed van het kasdek) en schermen (dat vanzelf al een diffunderend effect heeft). Dus, ook zou het “fysiologisch” effect van diffuus glas dezelfde zijn bij een roos als van een tomaatgewas, is het te verwachten dat in deze proefomstandigheden een kleiner totaal effect zou voorkomen dan bij tomaat.



In de rozenproef heeft de toepassing van het diffuse kasdek geleid tot een meerproductie (+ 5,2 / +6,1%) ten opzichte van de toepassing van normaal glas, terwijl bij tomaat een meerproductie van ca. 10% is waargenomen. Bovendien, zou een deel van deze productie direct kunnen worden toegeschreven aan de extra toegelaten licht. Door de lagere schermbehoefte onder het diffuse glas is 2,7% meer licht de kas binnengekomen. Het is natuurlijk niet eenvoudig te kwantificeren hoeveel het extra licht bijgedragen heeft aan de meerproductie. Een eenvoudige vuistregel uit de praktijk luidt dat 1% meer licht zorgt voor 1% meer productie. Als we die regel toepassen, zou dit grofweg de helft van de bereikte meerproductie kunnen verklaren.

Hoe verklaren we de rest van de bij roos bereikte meerproductie? Daar kunnen we eigenlijk alléén maar over speculeren, aangezien de verrichte metingen onvoldoende bewijs leveren voor de wijze waarop het diffuse glas de productie beïnvloedt heeft. Verschillen in lichtonderschepping, zijn anders dan in tomaat niet gemeten. Verschillen in fotosynthese capaciteit op bladniveau zijn ook niet gemeten; op gewasniveau zouden best verschillen kunnen zijn. Zeker op momenten waarop de bovenste bladeren door het directe licht snel verbranden, wat minder snel gebeurde in de diffuse kas, zouden de planten in de diffuse kas minder lichtinhibitie ervaren, waardoor ze in totaal tot meer fotosynthese in staat zouden kunnen zijn. Verschillen zijn ook gemeten in het aantal samengestelde bladeren per tak. Meer blad per tak, als gemeten in de kas met het diffuse glas, suggereert dat op gewasniveau meer fotosynthese per plant mogelijk is.

Verder zou de meerproductie toegeschreven kunnen worden aan een gelijkmatiger lichttoetreding in de kas met het diffuse kasdek. Omdat de lichtinval minder hoge pieken en diepe dalen vertoont, zowel horizontaal als verticaal, lijkt het gewas minder te lijden onder diffuus glas (af te leiden uit het feit dat de knop iets koeler is ten opzichte van de lucht en er minder bladverbranding optreedt). De hoogste pieken zijn tevens minder hoog, de dalen minder diep. Er zal vermoedelijk minder snel foto-inhibitie optreden; het gewas moet minder vaak aanpassen aan grote verschillen in lichtinval, waardoor vermoedelijk alle plantprocessen constanter kunnen verlopen. Al deze factoren tezamen kunnen het deel van de waargenomen meerproductie verklaren dat niet aan het extra licht is toe te schrijven.

Tot slot is nog het fenomeen “condens”, als mogelijke verklaring voor het positief effect van diffuus glas met AR coating bij roos, zoals bij andere gewassen. In natte toestand verliest standaard glas tot 9% transmissie; diffuus glas met een structuur (zoals de in deze proef gebruikte prisma structuur) verliest geen transmissie door condens (Stanghellini *et al.* 2010). Dit soort verschillen zijn niet als zodanig op de PAR meter waargenomen in de rozenproef. Echter, in een komkommer proef dat is uitgevoerd tussen 28 december 2011 en 30 april 2012 (Janse, J., *et al.* 2012) is gezien dat op het prismatic diffuus glas 30 tot 330% meer gecondenseerd vocht wordt vastgehouden dan op het standaard glas. Handmatige metingen lieten zien dat in aanwezigheid van condens, het diffuse glas 3-5% meer licht doorliet dan het normale glas.

Waarom heeft het teeltkundig resultaat niet volledig aan de verwachting voldaan? Een meerproductie van 5,2 (6,1%) is een goed resultaat. Desondanks heeft het, zoals eerder in deze discussie vermeldt, niet voldaan aan de hoge verwachtingen van 8-10%. Waarom het bij roos niet mogelijk is gebleken om aan de verwachting te voldoen, kan toegeschreven worden aan de volgende factoren:

- Het gewas vertoonde een sterk ‘snee’-effect in de teelt. Het snee effect is goed te zien in Figuur 20. Door dit effect worden 3 weken per snee weinig bloemen geoogst; in de periode van veel naar weinig productie is er weinig blad, een gemiste “source” capaciteit (bron van assimilaten). Dit zijn periodes waarin niet het maximale uit het gewas is gehaald, en waarin de positieve effecten van het glasdek niet volledig door het gewas zijn benut. De productie van een gewas “op snee” is lager dan van een gewas met continue productie (Kool, 1996). De mate waarin een gewas op snee staat is maar deels te beïnvloeden met gewasmanagement. In beginsel is het een genotypische eigenschap die gekoppeld is aan apicale dominantie, en productiebepalend is. Bij variëteiten met een hoge apicale dominantie (zoals het geval is bij de gebruikte soort Red Naomi!) is het “snee”-effect sterker en de productie lager (Trouwborst, 2010).
- Het gebruik van schermen, dat noodzakelijk bleek om blauwkleuring van de bloembladen te voorkomen. Het scherm maakt het licht ook diffuus. Hierdoor werden enkele uren per dag de verschillen tussen kassen verkleind, en de eigenschappen van het kasdek werden niet benut.
- Kunstmatige belichting werd relatief veel toegepast in verhouding tot de totale hoeveelheid licht in de kas. Dit verkleinde tevens de verschillen tussen kassen gedurende de uren waarop er belicht werd.
- De architectuur van het gewas. Tomaat is een hoog opgaand gewas waarbij de onderste bladeren altijd in de schaduw staan van de bovenste bladeren. Roos heeft een plantstructuur op twee niveaus die een combinatie is van ingebogen takken (laag niveau) en rechtopstaande takken (hoog niveau). Het ingebogen blad of lage niveau staat soms in de schaduw van de verticale takken met bladeren (hoog niveau), en krijgen juist relatief veel licht als rechtopstaande takken worden geoogst. Hierdoor is de benutting van het diffuse licht bij roos mogelijk minder sterk dan bij tomaat het geval kan zijn.

- Het 'geheugen-effect' van het rozengewas. Aanpassingen in de teelt bij roos kunnen tot vertraagde veranderingen in de productie leiden. Als de proef zou zijn verlengd met bij voorbeeld een jaar, zouden de effecten hierdoor mogelijk groter zijn geweest dan nu het geval was. Ook omdat het gewas in het tweede jaar waarschijnlijk zou kunnen profiteren van de extra knippunten (uit het eerste jaar) voor uitloop van nieuwe scheuten.

### **Zou het resultaat kunnen verbeteren?**

Bovenstaande verklaringen veronderstellen dat een grotere productieverhoging bereikt had kunnen worden onder het diffuse glas met AR coating als de eigenschappen van het toegepaste kasdek beter tot hun recht zouden zijn gekomen. Dit had mogelijk bereikt kunnen worden indien:

- Er minder overdag was belicht
- Er minder was geschermd
- Er een andere roossoort gebruikt was met
  - o een lagere gevoeligheid voor verbrande bladpunten en blauwkleuring van de bloembladen
  - o een lagere apicale dominantie een daardoor een minder sterke "snee-effect"

Ook met deze soort zouden de toepassingsmogelijkheden van diffuus glas vergroot kunnen worden als er minder geschermd hoefde te worden ter voorkoming van blauwverkleuring. Gedacht wordt dat hoge knoptemperatuur veroorzaakt mogelijk een pH-verandering in het bloembladweefsel waardoor anthocyanen (de kleurpigmenten) van rood naar blauw verkleuren. Rozenknoppen en jonge, rode bladeren warmen op omdat ze geen mechanisme hebben om af te koelen, dit in tegenstelling tot uitgegroeide bladeren die gaan transpireren. Uit een klein onderzoek met een infrarood temperatuurmeter en een ventilator bleek dat de knoptemperatuur 2-5 °C daalde door de luchtbeweging langs de knop. Een ander effect welke een rol kan spelen is dat de bloem en het rode blad een andere reflectie voor PAR en of NIR straling hebben waardoor er meer energie geabsorbeerd wordt dan in "ouder" donker groen blad. In een proef met een NIR reflecterend scherm, zijn echter geen duidelijke verschillen in blauwverkleuring geconstateerd (Kempkes *et al.*, 2009) hoewel daar door veelvuldig schermen ook de schadegrens mogelijk niet is overschreden.

Duidelijk is dat er onvoldoende bekend is over blauwverkleuring van de bloemknop en hoe deze te voorkomen anders dan door te schermen, maar dat dit fenomeen sterk beïnvloedt de mate waarin het diffuse glas de gelegenheid krijgt om zijn voordelen tot uiting te laten komen. Aandacht voor de mechanismes achter dit proces is daarom vereist, waarbij de volgende vragen nog beantwoord moeten worden:

1. Wat is het -fysiologische- mechanisme achter de blauwverkleuring?
2. Is de bloemknoptemperatuur als gevolg van straling de werkelijke veroorzaker van de verkleuring?
3. Zo ja, bij welke knoptemperatuur ligt de schadegrens nu precies (cultivar afhankelijk) en hoe kun je die nauwkeuriger bepalen dan in dit project gedaan is (temperatuur niveau en tijdsduur tot schade);
4. Hoe wordt de knoptemperatuur / energiebalans beïnvloed: stralingswarmte, voelbare warmte, latente warmte?
5. Wat zijn de mogelijkheden om de knoptemperatuur te beheersen behalve schermen en luchtbeweging, en, indien dit laatste wel een oplossing biedt, hoe kan dit het beste worden toegepast?

### **Energetische en economische implicaties**

In deze opzet heeft diffuus glas met AR coating niet geleid tot de beoogde vermindering van de energie-input in de vorm van elektriciteit voor de assimilatiebelichting. De gemeten lichtwinst ten gevolge van het mindere schermen kan uitgedrukt worden als een potentiële-besparing van 5,8% van de gebruikte elektriciteit. In de praktijk valt deze besparing nog veel kleiner uit, want de lichtwinst concentreert zich grotendeels in de periode dat er niet of vrijwel niet belicht wordt. Men kan wel spreken van een verbetering van de energie-efficiëntie aangezien er met dezelfde input, 5,2% meer takken zijn geproduceerd. Interessant zijn de resultaten uit modelberekeningen door Plant-dynamics (Schapendonk en Rappoldt, 2011), waarbij er simulaties zijn uitgevoerd met een halvering van de assimilatiebelichting. In dat geval, zou het positief effect van het diffuse kasdek 20% hoger zijn. Omdat een halvering van de belichting jaarrond echter tot een productiederving van 40-60% in de wintermaanden leid (volgens deze modelberekeningen), is het geen haalbare optie, maar illustreert het verstoring effect van de belichting op de effecten van het diffuus kasdek.

Het gebruik van diffuus glas met AR coating is in deze proef ingezet zonder aanpassingen aan de normale teelt strategieën en instellingen, ten behoeve van een goede vergelijking met de referentie. Het is denkbaar dat de effecten beter tot hun recht komen als er meer verandert. In de parallelle proef waarvan de resultaten in Bijlage 8 zijn samengevat is er gewerkt met een aangepast klimaat: er werd minder gelucht overdag waardoor er een hogere CO<sub>2</sub> concentratie gerealiseerd werd, en 's nachts minder gestookt. In de zomer werd daar door middel van bevochtiging de kaslucht gekoeld. Tussen eind december en augustus werd daar met 91% van de energie (warmte) uit de referentiekas geteeld. In de huidige situatie in Nederland is besparen op warmte niet relevant vanwege de WKK met de daarbij behorende warmteoverschotten. Maar het geeft aan dat er ruimte is voor andere strategieën.

Economisch is met deze productietoename diffuus glas rendabel voor nieuwbouw (Ruijs *et al.* 2010, zie Bijlage 7). Zo werd er berekend dat met een 1,5% productieverhoging de extra investeringskosten van dit type glas uitgehaald konden worden met een terugverdientijd van 4 jaar. Er is wel gerekend met een ander referentiegewas dan de onderzochte Red Naomi!: gebruikt is de roos variëteit Passion, referentiejaar 2007. De aanname is gemaakt dat de productietoename in procenten als gevolg van het diffuse glas gelijk zou zijn voor elk ras. De berekeningen zijn gebaseerd op de door de leverancier opgegeven verwachte commerciële prijs van het glas. In de tussentijd zijn de verwachte handelsprijzen van het glas naar beneden bijgesteld.

In deze Bijlage (7), is een indicatieve prijsopgave weergegeven voor de verschillende materiaal opties. Uit deze opgave blijkt dat het dubbelzijdig AR coaten van diffuus glas het materiaal 5 tot 6 Euro per m<sup>2</sup> duurder maakt dan diffuus zonder AR coating. Een AR coating is vrijwel altijd noodzakelijk omdat het diffuus maken van het glas ten koste gaat van de hemisferische transmissie waardoor ten opzicht van standaard float glas een licht- en dus productieverlies zou ontstaan. Anti Reflectie (AR) coating op float glas verhoogt de lichttransmissie van het glas, maar mist de diffunderende werking waardoor nog eerder geschermd zal moeten worden om blauwverkleuring te voorkomen. In de winterdag als licht altijd de beperkende factor is zou dit nog wel een positieve bijdrage kunnen leveren. Bij diffuus lijkt het percentage haze belangrijk voor de productie (hoe hoger de haze factor, hoe hoger de productie, zie ook Bijlage 9). Echter, de manier waarop de haze bereikt wordt, m.a.w., hoe het glas diffuus is gemaakt (met een gedrukte structuur of d.m.v. abrasie) kan ook de resultaten in belangrijke mate beïnvloeden (mogelijk in relatie tot de effecten bij condensatie).

## 5 Conclusies

Het onderzoek met de roos Red Naomi, geteeld onder respectievelijk standaard glas (referentie) en onder een diffuus kasdek met dubbelzijdige AR coating leverde de volgende conclusies op:

- Het diffuse kasdek met aan beide zijdes van het glas Anti Reflectie coating heeft een positieve invloed op de productie van de roos cultivar Red Naomi!. Vergeleken met de referentiekas, heeft de kas met het diffuse kasdek met AR coating 5,2% meer bloemen geproduceerd.
- De gemiddelde tak- en knoplengte waren niet significant beïnvloed door de toegepaste kasdekken. Er was wel een iets hoger takgewicht van de rozen geogst uit de kas met het diffuus glas met AR coating, waardoor in totaal 6,1% meer vers gewicht is geogst dan in de referentiekas met normaal glas.
- De houdbaarheid van de rozen uit beide afdelingen in de periode december tot mei was vergelijkbaar, waardoor het niet aannemelijk is dat de houdbaarheid in andere periodes beïnvloed wordt door een kasdek met diffuus glas met AR coating.
- Tussen de referentie kas en de kas met het diffuse kasdek, traden in de periode augustus tot maart geen noemenswaardige verschillen op in gewastemperatuur of dagelijkse lichtsom. Het diffuse glas met Anti Reflectie coating maakte de lichtinval in de kas echter veel gelijkmatiger waardoor er minder extreem hoge of lage lichtpieken gemeten werden.
- In de kas met het diffuse kasdek was de opwarming van de bloemknop ten opzichte van de lucht in het voorjaar iets minder hoog dan in de referentie kas. Ook kwamen minder door overmatige opwarming verdroogde/ verbrande bladjes voor. Deze effecten waren onvoldoende om schade aan de bloemknop in de vorm van blauwe bloemranden, en aan het blad in de vorm van verbrande bladpunten te voorkomen. Hierdoor werd schermen noodzakelijk in beide kassen.
- Schermen was nodig om verbranding van bladpunten en blauwkleuring van de bloemranden te voorkomen in beide kassen. In de kas met het diffuse kasdek hoefde er vanaf april echter minder geschermd te worden, mogelijk als gevolg van het vereffenend effect op de lichtinval en het feit dat er minder lichtpieken in voorkwamen. In vergelijking tot de referentie kas werd er bij een  $100 \text{ W/m}^2$  hogere buitenstraling geschermd. Dit leverde in totaal 142 Mol licht extra, dat vertegenwoordigt 2,7% meer licht.
- Uitgaande van de praktijk vuistregel dat 1% meer licht = 1% meer productie, kan de verkregen meerproductie van 6,1% niet volledig worden toegeschreven aan het extra licht (2,7%) in de diffuse kas als gevolg van de afwijkende schermregiem.
- Er zijn bij roos geen verschillen in lichtonderschepping door de verschillende lagen van het gewas waargenomen. Dit in tegenstelling tot de ervaringen bij hoog opgaande gewassen, waar een verbetering van de lichtonderschepping door de lagere gewaslagen is gemeten onder het diffuse AR glas.
- Toepassing van een diffuus kasdek met AR coating aan beide zijden bij roos heeft niet geleid tot een verhoging van de bladfotosynthese. (Meer fotosynthese is wel waargenomen in proeven met tomaat onder het diffuse AR glas.)
- Onder het diffuus kasdek met AR coating aan beide zijden van het glas hadden de rozen gemiddeld meer samengestelde bladeren per tak (beperkte waarnemingen); de overige blad morfologische eigenschappen kunnen geen consequente verklaring bieden voor de meerproductie in de kas met diffuus glas, aangezien ze per meetmoment verschillen. Meer droge stof en een grotere bladoppervlakte is in de diffuse kas waargenomen in maart en april, de periode waarin door minder belichting en nog niet veel schermen, de kaseigenschappen het meest tot hun recht konden komen.
- Het deel meerproductie onder diffuus glas bij roos dat niet is veroorzaakt door het extra licht, kan op basis van de verrichte metingen niet worden verklaard. Mogelijk spelen andere factoren een rol. Op basis van aanwijzingen kan gedacht worden aan een toename van de fotosynthese op gewasniveau onder diffuus AR glas (dankzij minder bladverbranding, meer bladoppervlakte, meer samengestelde bladeren per tak) en aan een toename van de lichttransmissie van het diffuse glas in aanwezigheid van condens.
- Het aantal huidmondjes per bladoppervlakte eenheid lijkt niet door de eigenschappen van de onderzochte kasdekmaterialen te worden beïnvloed.
- In de kas met het diffuse kasdek was de cumulatieve gewasverdamping niet verschillend van de kas met normaal glas. Bekeken in relatie tot de productie, heeft het gewas onder het diffuse kasdek per geproduceerde kilogram vers gewicht minder verdampt.

- Onder het diffuse kasdek was de efficiëntie van het water gebruik door het gewas hoger dan in de kas met standaard glas.
- De eigenschappen van het glas in het kasdek hebben de ziekte ontwikkeling in beide kassen niet beïnvloed.
- Er waren geen verschillen waren in het energieverbruik voor verwarming tussen kassen die aan het kasdek konden worden toegeschreven.
- Door de gekozen proefopzet, waren er ook geen verschillen waargenomen in het energieverbruik voor belichting tussen kassen. Omdat schermen veelal plaatsvindt in de periode dat niet belicht wordt, kan het extra licht als gevolg van minder schermen, maar deels worden gecompenseerd met minder uren belichting.
- Met de bereikte productietoename is diffuus glas rendabel voor nieuwbouw met een terugverdientijd van 4 jaar. De berekening is uitgevoerd met Passion als referentiegewas, en gebaseerd op de door de leverancier opgegeven verwachte commerciële prijs van het glas.

## 6 Aanbevelingen

Gebaseerd op de resultaten van dit onderzoek kan het gebruik van diffuus glas bij roos worden aanbevolen omdat het geleid heeft tot een toename van de productie in zowel aantal stuks als in kilogram productie. Ervan uitgaande dat evenveel meerproductie bereikt kan worden bij alle rassen, dan maakt de meerproductie diffuus glas met AR coating ook economisch interessant.

Het is niet ondenkbaar dat bij andere soorten hogere meerproducties bereikt kunnen worden. Vooral soorten die minder gevoelig zijn voor bloemknopschade zouden meer kunnen profiteren van de eventuele voordelen van een diffuus kasdek. Soorten met een lagere apicale dominantie (kleiner snee-effect) zouden tevens een groter effect kunnen laten zien. Een screening van het assortiment zou daarom aan te bevelen zijn.

Blauwverkleuring en bladverbranding van jonge blaadjes blijft ook bij diffuus glas (hoewel op een hoger lichtniveau) nog een probleem. Daar dit fenomeen sterk beïnvloedt de mate waarin het diffuse glas de gelegenheid krijgt om zijn voordelen tot uiting te laten komen, wordt het sterk aanbevolen de mechanismes achter blauwverkleuring van de bloemknoppen te ontrafelen. Een goede meetmethode dient te worden ontwikkeld voor het vaststellen van de invloed van temperatuur en voor het nauwkeurig bepalen van de bijbehorende schadegrenzen.

Beheersing van de knoptemperatuur is een uitdaging voor soorten waarbij de knop door overmatige opwarming beschadigd wordt, als deze hypothese blijkt te kloppen. Wat zijn de mogelijkheden hiertoe, behalve schermen en luchtbeweging, en, indien dit laatste wel een oplossing biedt, hoe kan dit het beste worden toegepast?

Diffuse kasdekmaterialen zijn een relatief nieuwe ontwikkeling en er is nog veel te onbekend. Zo is Anti Reflectie coating, ons inziens, een wezenlijk onderdeel van diffuse kasdekmaterialen om de hemisferische transmissie op pijl te houden. Anti Reflectie aan beide zijden van het glas draagt daar sterker aan bij dan aan alléén één zijde. NIR reflectieve coatings zouden kunnen bijdragen aan een vermindering van de warmte inbreng in de kas via het kasdek, waardoor opwarming van de knop effectiever kan worden tegengegaan dan door het huidig veelvuldig schermen. Tot slot, mocht de doorlatendheid van het glas in het UV gebied te beïnvloeden zijn door coatings, dan is aan te bevelen ontwikkeling en onderzoek in relatie tot de effecten op ziekteontwikkeling in de kas op te pakken.





## 7 Literatuur

- DeLucia, E.H., Nelson, K., Vogelmann, T.C. and Smith, W.K., 1996.  
Contribution of intercellular reflectance to photosynthesis in shade leaves. *Plant, Cell and Environment* 19: 159-170.
- Dieleman, A., Meinen, E., Warmenhoven, M., Steenhuizen, J., Uenk, D., Chizhmak, S., Visser, P. de. 2007.  
Efficiëntie van groeilicht gedurende het etmaal. Nota 490, Wageningen UR Glastuinbouw.
- Dueck, T., Janse, J., Kempkes, F., Tao, L., Elings, A. and Hemming, S., 2012.  
Diffuus licht bij tomaat. Rapport GTB-1158, Wageningen UR Glastuinbouw
- Ensminger, P.A., 1993.  
Control of development in plants and fungi by far UV radiation. *Physiol. Plant.* 88, 501-508.
- Farquhar, G.D. and Roderick, M.L., 2003.  
Pinatubo, diffuse light and the carbon cycle. *Science* 299: 1997-1998.
- García Victoria, N. (2012).  
Euphoros developments applicable for rose cultivation (The Netherlands). In: Efficient use of inputs in protected horticulture. - Fundación Cajamar, ISBN 978-84-938787-1-9.
- García Victoria, N., Dueck, T., Bruins, M., Van Weel, P., Kempkes, F. and Stanghellini, C. (2012).  
Effect on rose production and quality of a diffuse glass greenhouse cover. *Acta Hort* 952: 255-262. In: proceedings of the international Symposium on High Technology for Greenhouse Systems: GreenSys2011, Halkidiki.
- García Victoria, N., Kempkes F.L.K., Van Weel, P., Stanghellini, C., Dueck, T.A. and Bruins, M. (2012).  
Effect of a diffuse glass greenhouse cover on rose production and quality. *Acta Hort* 952: 241-248.
- García Victoria, N. (2012).  
Volop onderzoek aan roos. Wageningen UR Glastuinbouw, website nieuwsbericht.
- Gu, L., Baldocchi, D.D., Wofsy, S.C., Munger, J.W., Michalsky, J.J., Urbanski, S.P. and Boden, T.A., 2003.  
Response of a Deciduous Forest to the Mount Pinatubo Eruption: Enhanced Photosynthesis. *Science* 299: 2035-2038.
- Hemming, S.; Waaijenberg, D.; Bot, G.; Sonneveld, P.; De Zwart, F.; Dueck, T.; van Dijk, C.; Dieleman, A.; Marissen, N.; van Rijssel, E.; *et al.* 2004. Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de tuinbouw. Wageningen UR rapport
- Hemming, S., Dueck, T., Marissen, N., Jongschaap, R., Kempkes, F. and van de Braak, N., 2005A.  
Diffuus licht - Het effect van lichtverstrooiende kasdekmaterialen op kasklimaat, lichtdoordringing en gewasgroei. Wageningen UR report 557.
- Hemming, S., van de Braak, N., Dueck, T., Elings, A. and Marissen, N., 2005B.  
Filtering natural light by the greenhouse covering - More production and better plant quality by diffuse light? *Acta Hort.* 711: 105-110.
- Hemming, S., Dueck, T., Janse, J. en van Noort, F., 2008A.  
The Effect of Diffuse Light on Crops. *Acta Hort.* 801: 1293-1300.
- Hemming, S., Mohammadkhani, V. and Dueck, T., 2008B.  
Diffuse Greenhouse Covering Materials -Material Technology, Measurements and Evaluation of Optical Properties. *Acta Hort.* 797: 469-476.
- Hovi, T., Nakkila, J. and Tahvonen, R., 2004.  
Interlighting improves production of year-round cucumber. *Scientia Horticulturae* 102 (3): 283-294.
- Janse, J., T. Dueck, F. Kempkes en S. Moerenhout, 2012.  
Vroege komkommerteelt onder diffuus glas. Wageningen UR Glastuinbouw (in voorbereiding)
- De Kreij, C., Voogt, W. van den Bos, A.L. and Baas, R., 1997.  
Voedingsoplossingen voor de teelt van roos in gesloten teeltsystemen. Brochure 4, PGB.
- Kempkes, F.L.K., Stanghellini, C., Hemming, S. en Jianfeng, D., 2009.  
NIR-selectief scherm; Energie- vochtthuishouding en gewasrespons. Nota 610 Wageningen UR Glastuinbouw.

- Kempkes, F.L.K., Stanghellini, C., García Victoria, N., Bruins, M., 2012.  
Effect of diffuse glass on climate and plant environment: first results from an experiment on roses. *Acta Hort* 952: 255-262.
- Lakso, A.N. and Musselman, R.C., 1976.  
Effects of Cloudiness on Interior Diffuse Light in Apple Trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101 (6): 642-644.
- Marquenie, D.; Geeraerd, A.H., Lammertyn, J., Soontjens, C., Van Impe, J.F., Michiels, C.W., Nicolai, B.M., 2003.  
Combinations of pulsed white light and UV-C or mild heat treatment to inactivate conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilia fructigena*. *International Journal of Food Microbiology* 85, 185-196.
- Reich, P.B., Ellsworth, D.S. en Walters, M.B., 1998.  
Leaf structure (specific leaf area) modulates photosynthesis-nitrogen relations: evidence from within and across species and functional groups. *Functional Ecology* 12, 948-958.
- Reid, M.S. and Kofranek, A.M., 1981.  
Recommendations for standardized vase life evaluations. *Acta Hort. (ISHS)* 113:171-174
- Ruijs, M.N.A. and Montero J.I., 2011.  
Euphoros 3rd year report WP1, internal report.
- Schapendonk, A.H.C.M., Pot, C.S. and Rappoldt, C., 2009.  
Plantenpaspoort roos, Sleutel voor optimale productie. *Plantdynamics rapport*.
- Schapendonk, A.H.C.M., Rappoldt, C., Pot, C.S. and Trouwborst, G., 2011.  
Diffuus Licht Roos, Tussentijds verslag. *Plantdynamics report*
- Schapendonk, A.H.C.M., Rappoldt, C., Pot, C.S. and Trouwborst, G., 2011.  
Diffuus Licht Roos. *Plantdynamics report*
- Semeniuk, P. and Stewart, R.N., 1981.  
Effects of Ultraviolet (UV-B) irradiation on infection of roses by *Diplocarpon Rosae*, Wolf. *Environmental & Experimental Botany*, 21, 45-50.
- Sheehy, J.E. and Chapas, L.C., 1976.  
The Measurement and Distribution of Irradiance in Clear and Overcast Conditions in Four Temperature Forage Grass Canopies. *J. Appl. Ecol.* 13(3): 831-840.
- Stanghellini, C., Mohammadkhani, V., Bruins, M.A., Hemming, S., Sonneveld, P., Swinkels, G.J., 2010.  
Condensatie tegen het kasdek. Licht en energie-effecten van condensatie op acht kasdekmaterialen. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1025
- Trouwborst, G., Pot, C.S., Schapendonk, A.H.C.M., 2010.  
Haalbaarheid van LED-tussenbelichting bij roos: praktijkonderzoek op Marjoland. *Plantdynamics report*.
- Van Telgen, H.J., 2003.  
Naar een planmatige teelt van rozen. PPO intern verslag nr. GT 13 3006
- Vegter, B.; Petter, M.; Slegers, J.; Dueck, T.A.; Garcia Victoria, N.; Ruijs, M.N.A. (2012)  
Lichtverstrooiing: vooral voordelen (interview met Tom Dueck en Nieves García)  
*Vakblad voor de Bloemisterij* 67 (4). - p. 26 - 27.
- Vogelmann, T.C., Bornman, J.F. and Yates, D.J., 1996.  
*Physiologia Plantarum* 98, 43-56.

# Bijlage I Biologische gewasbescherming



## Vestiging van vier roofmijtsoorten in een rozengewas *A. cucumeris*, *T. limonicus*, *T. montdorensis* en *A. swirskii* Juliette Pijnakker en Ada Leman



### Onderzoek

In twee rozenkassen is een diffuus glas met AR (antireflectie) coating getest in vergelijking met normaal glas. De ontwikkeling van populatie van 5 roofmijtsoorten werd tevens in alle kassen gevolgd.

### Kassen

- 3 Kassen van 144 m<sup>2</sup>
- Per kas zeven rijen rozen (cv. Red Naomi, 2 jaar oud)
- Temperatuur 20°C, luchtvochtigheid 80%

### Behandelingen

- Sluipwesp *Encarsia formosa* (in alle 3 kassen): 3/m<sup>2</sup> in week 5, 21/m<sup>2</sup> in week 8 en 21/m<sup>2</sup> in week 10
- Roofmijten *Phytoseiulus persimilis*: 9/ m<sup>2</sup> in weken 8, 9 en 10 + 14/m<sup>2</sup> in weken 12, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 29 en 30
- Zie Tabel 1 voor andere roofmijtsoorten (T.I: *Typhlodromalus limonicus*, T. m: *Typhlodromips montdorensis*, A. cu: *Amblyseius cucumeris* en A. s: *Amblyseius swirskii*)
- Zie Tabel 2 voor de besputingen

### Resultaten

**Week 19** : 0,30-0,55 roofmijten/blad:

111 *T. limonicus*, 1 *T. montdorensis*, 2 *A. swirskii* en 2 *A. cucumeris*

**Week 32**: 0,14/blad: 100% *T. limonicus* in alle 3 kassen

Tabel 1: Introductie roofmijten

Weeknr.	Kas 6.05	Kas 6.07	Kas 6.08
5	900 T.J	500 T.m	500 T.m
13	20 zakjes A.cu + 800 T.J	70 zakjes A. cu + 5 zakjes A. s	70 zakjes A. cu + 5 zakjes T.m
14	800 T.J		
15	800 T.J		
16	600 T.J		
17	600 T.J		
18	700 T.J		
21	700 T.J	44 zakjes A.s + 38 zakjes A. cu	88 zakjes T.m + 50 zakjes A. cu
22	140 zakjes A.ca + 700 T.J	140 zakjes A.ca	140 zakjes A.ca
24	700 T.J		

Tabel 2: Besputingen

Weeknr.	Kasnr.	Behandelingen	Werkzame stof
1		Melaton	dodencorf
2		Melaton	dodencorf
3		Colic	baculovirus/verruin/waflif
4		Colic	baculovirus/verruin/waflif
7		Colic	baculovirus/verruin/waflif
8		Melaton/Plasun	dodencorf/pinetraçine
9		Melaton/Plasun	dodencorf/pinetraçine
10		Melaton/Teppeli	dodencorf/ flocinonid
12		Melaton	dodencorf
13		Melaton/Floracine	dodencorf/bifentozat
15		Melaton	dodencorf
16	605	Plasun	pinetraçine
17		Melaton	dodencorf
17	605	Plasun	pinetraçine
18		Melaton	dodencorf
18	605	Plasun	pinetraçine
20	607	Melaton	dodencorf
20	608	Melaton	dodencorf
21	605	Teppeli	flocinonid
21	607	Melaton	dodencorf
22	605+608	Melaton	dodencorf
23	607+608	Colic	baculovirus/verruin/waflif
24	607+608	Plasun	pinetraçine
24		Colic	baculovirus/verruin/waflif
27	607	Plasun	pinetraçine
28		Teppeli	flocinonid
29	607+608	Teppeli	flocinonid
30		Melaton	dodencorf

De Bloemen- en plantensector investeert in dit project via het:

Wageningen UR Glasuinbouw  
Vollerenweg 1  
Postbus 20, 2605 ZG BLEISWIJK  
Tel.: 0317-483000  
Fax: 010-5225193  
Email: glazuinbouw@wur.nl  
Internet: www.glazuinbouw.wur.nl

Productschap  Tuintbouw  
Voor een bloeiende toekomst



## Bijlage II Chemische gewasbescherming

Datum	Plaag/ziekte	Middel	Dosering	In bak	gewas	kas
26-aug	pythium	previcur	23	33	roos	607
26-aug	pythium	previcur	23	33	roos	608
7-sep	meeldauw	meltatox	50	23	roos	607
7-sep	meeldauw	meltatox	50	23	roos	608
10-sep	meeldauw	meltatox	50	23	roos	607
10-sep	meeldauw	meltatox	50	23	roos	608
15-sep	meeldauw	meltatox	83	33.3	roos	607
15-sep	meeldauw	meltatox	83	33.3	roos	608
22-sep	meeldauw	meltatox	100	40	roos	607
22-sep	meeldauw	meltatox	100	40	roos	608
30-sep	meeldauw	meltatox	67	27	roos	607
30-sep	meeldauw	meltatox	67	27	roos	608
15-okt	meeldauw	meltatox	66.6	26.6	roos	607
15-okt	rupsen	turex	13.3	26.6	roos	607
15-okt	meeldauw	meltatox	66.6	26.6	roos	608
15-okt	rupsen	turex	13.3	26.6	roos	608
25-okt	meeldauw	meltatox	66.6	26.6	roos	607
25-okt	rupsen	turex	13.3	26.6	roos	607
25-okt	meeldauw	meltatox	66.6	26.6	roos	608
25-okt	rupsen	turex	13.3	26.6	roos	608
1-nov	meeldauw	collis	50	35	roos	608
1-nov	rupsen	turex	16	35	roos	608
8-nov	rupsen	nomolt	15	30	roos	608
18-nov	meeldauw	collis	27	27	roos	607
18-nov	meeldauw	collis	27	27	roos	608
8-dec	trips	match	37.5	25	roos	607
8-dec	trips	match	37.5	25	roos	608
13-dec	meeldauw	meltatox	50	35	roos	607
13-dec	meeldauw	meltatox	50	35	roos	608
16-dec	trips	match	30	20	roos	607
16-dec	trips	match	30	20	roos	608
22-dec	meeldauw	meltatox	50	35	roos	607
22-dec	meeldauw	meltatox	50	35	roos	608
5-jan	meeldauw	melthatox	65	40	roos	607
5-jan	meeldauw	melthatox	65	40	roos	608
15-jan	meeldauw	melthatox	50	35	roos	607
15-jan	meeldauw	melthatox	50	35	roos	608
19-jan	meeldauw	collis	33	33	roos	607
19-jan	meeldauw	collis	33	33	roos	608
28-jan	meeldauw	collis	50	33	roos	607
28-jan	meeldauw	collis	50	33	roos	608
14-feb	meeldauw	collis	37	37	roos	607
14-feb	meeldauw	collis	37	37	roos	608
22-feb	meeldauw	melthatox	80	50	roos	607

Datum	Plaaq/ziekte	Middel	Dosering	In bak	gewas	kas
22-feb	luis	plenum	10		roos	607
22-feb	meeldauw	melthatox	80	50	roos	608
22-feb	luis	plenum	10		roos	608
1-mrt	meeldauw	melthatox	65	33	roos	607
1-mrt	luis	plenum	7	33	roos	607
1-mrt	meeldauw	melthatox	65	33	roos	608
1-mrt	luis	plenum	7	33	roos	608
9-mrt	meeldauw	melthatox	80	33	roos	607
9-mrt	luis	plenum	10	33	roos	607
9-mrt	meeldauw	melthatox	80	33	roos	608
9-mrt	luis	plenum	10	33	roos	608
23-mrt	meeldauw	melthatox	50	40	roos	607
23-mrt	meeldauw	melthatox	50	40	roos	608
31-mrt	meeldauw	melthatox	50	40	roos	607
31-mrt	spint	floramite	17	40	roos	607
31-mrt	meeldauw	melthatox	50	40	roos	608
31-mrt	spint	floramite	17	40	roos	608
15-apr	meeldauw	melthatox	50	33.3	roos	607
15-apr	meeldauw	melthatox	50	33.3	roos	608
16-apr	meeldauw	melthatox	50	20	roos	607
28-apr	meeldauw	melthatox	66	76	roos	607
28-apr	meeldauw	melthatox	66	76	roos	608
8-mei	meeldauw	melthatox	75	30	roos	607
8-mei	meeldauw	melthatox	75	30	roos	608
18-mei	meeldauw	melthatox	75	30	roos	608
20-mei	meeldauw	fungaflor	40	40	roos	607
20-mei	meeldauw	fungaflor	40	40	roos	608
27-mei	meeldauw	melthatox	75	30	roos	607
1-jun	meeldauw	melthatox	75	30	roos	608
7-jun	meeldauw	collis	30	30	roos	607
7-jun	meeldauw	collis	30	30	roos	608
16-jun	meeldauw	collis	30	30	roos	607
16-jun	meeldauw	collis	30	30	roos	608
28-jun	luis	plenum	18	30	roos	607
28-jun	meeldauw	collis	30	30	roos	607
28-jun	luis	plenum	18	30	roos	608
28-jun	meeldauw	collis	30	30	roos	608
6-jul	luis	plenum	7	35	roos	607
8-jul	rups	turex	15	30	roos	607
8-jul	rups	turex	15	30	roos	608
18-jul	luis	tepeki	6	40	roos	607
18-jul	luis	tepeki	6	40	roos	608
28-jul	meeldauw	melthatox	75	30	roos	607
28-jul	meeldauw	melthatox	75	30	roos	608
10-aug	meeldauw	melthatox	75	30	roos	607
10-aug	meeldauw	melthatox	75	30	roos	608
11-aug	rups	nomolt	2	2	roos	608

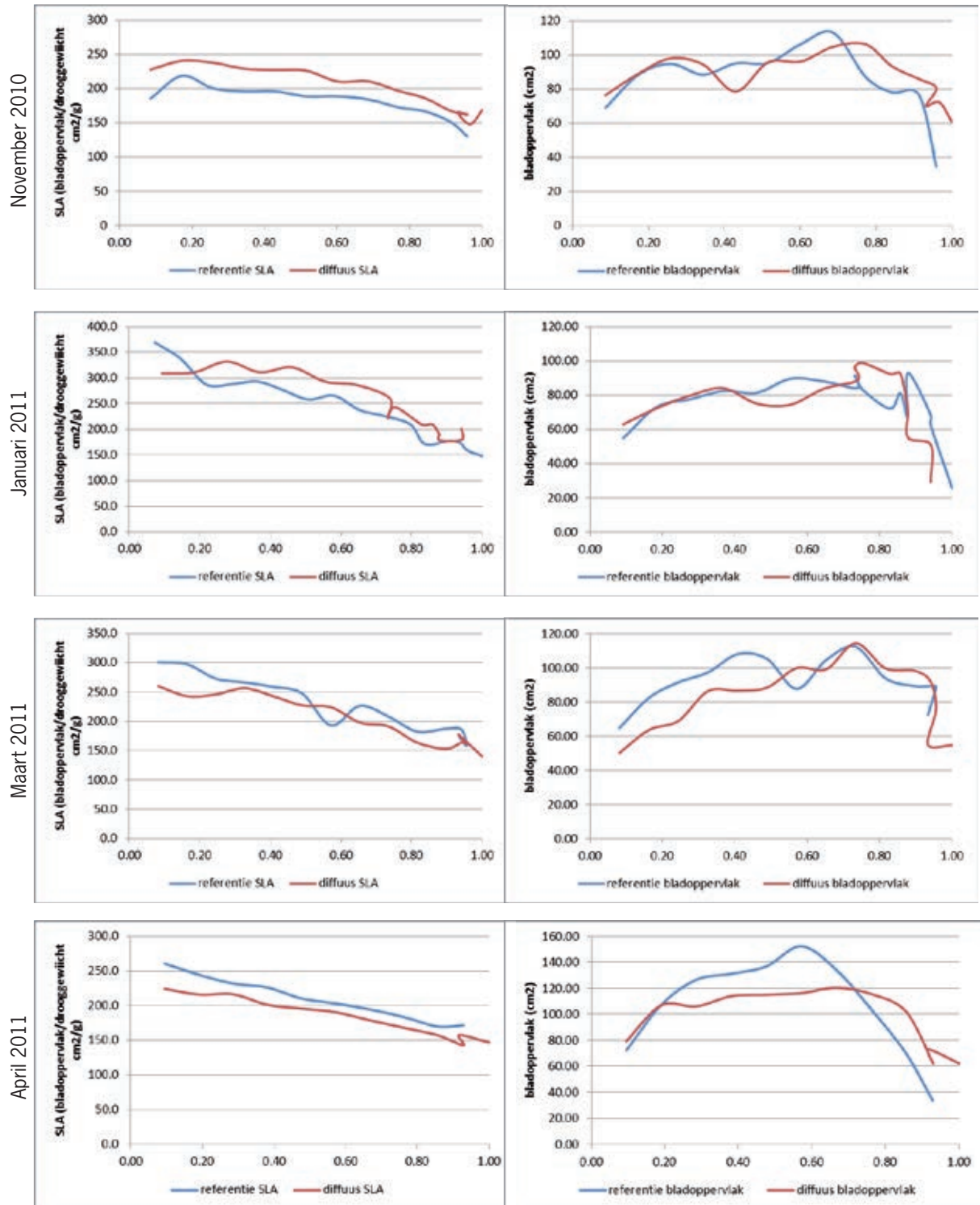
<b>Datum</b>	<b>Plaag/ziekte</b>	<b>Middel</b>	<b>Dosering</b>	<b>In bak</b>	<b>gewas</b>	<b>kas</b>
19-aug	meeldauw	melthatox	75	30	roos	608
19-aug	rups	turex	15	30	roos	608
31-aug	meeldauw	melthatox	75	30	roos	607
31-aug	meeldauw	melthatox	75	30	roos	608
31-aug	rups	nomolt	30	30	roos	608



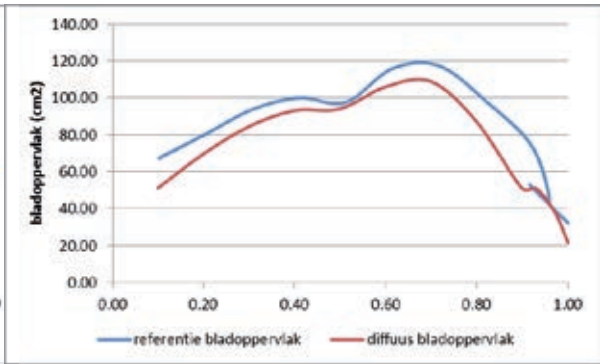
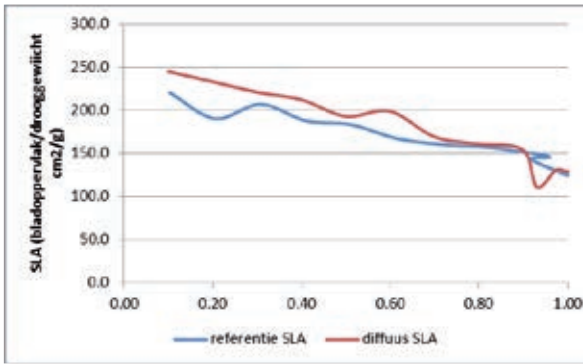


## Bijlage III SLA en bladoppervlak

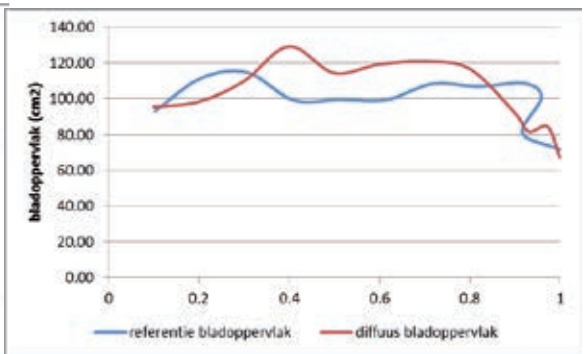
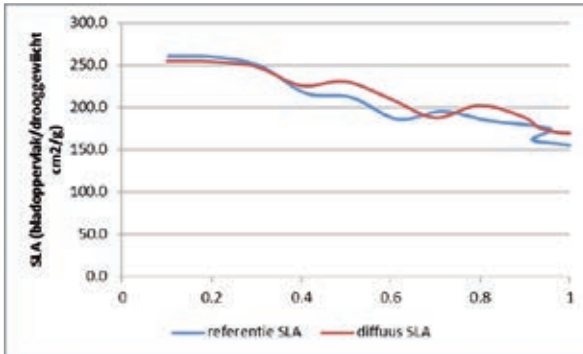
Gemiddelde specifieke bladoppervlak (links) en bladoppervlak (rechts) van 10-15 rozentakken onder diffuus glas en de referentie. De positie van de bladeren zijn genormaliseerd, met aan de x-as de onderste blad (0) tot de bovenste blad (1).



Mei 2011

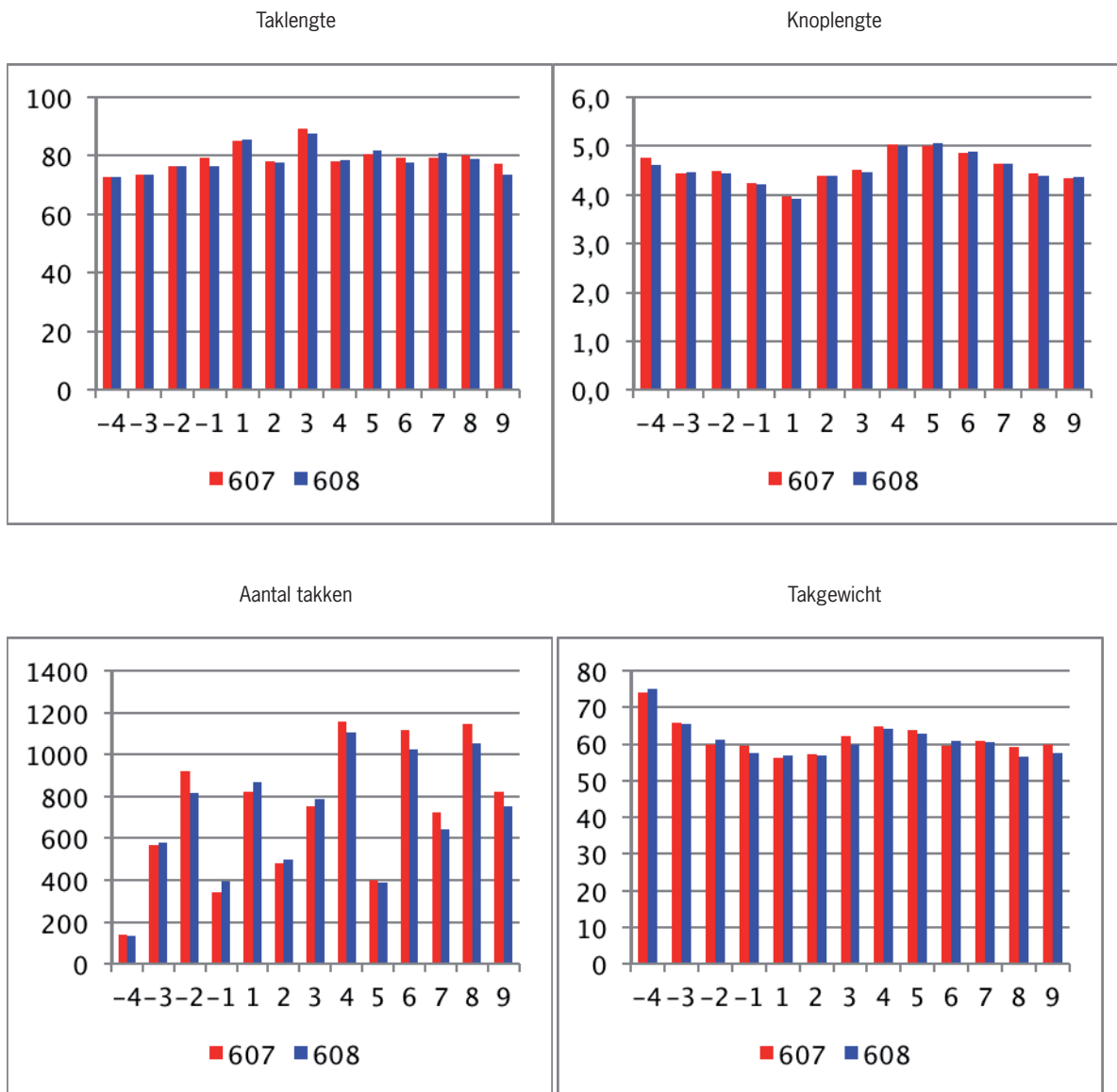


Juni 2011



## Bijlage IV Productiegegevens per periode (4 wk)

De figuren hieronder tonen de productie en kwaliteitsgegevens per periode voor beide kassen. In de figuren zijn de kassen met hun nummer in het kascomplex aangeduid; hierin is de kas met het diffuse glas nummer 607 (rood), en de referentiekas is nummer 608 (blauw). De periodes (x-as) beginnen op 1 januari 2011; negatieve periodes hebben betrekking op 2010 en beginnen terug te tellen vanaf 31 december.

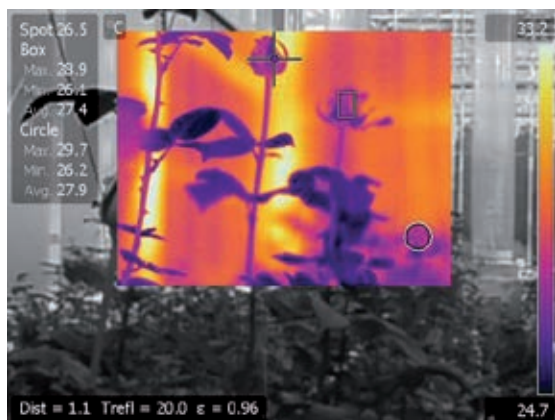




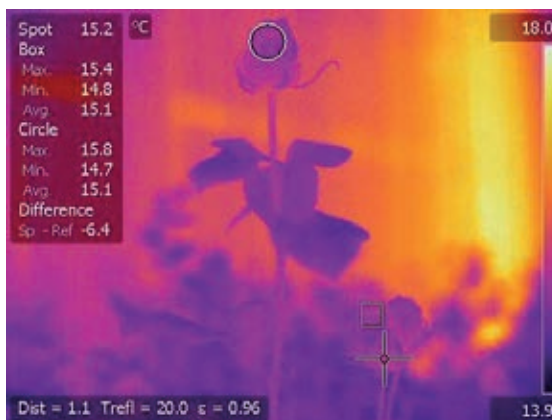
## Bijlage V Thermische beelden bloemknop in kas

De beelden hieronder tonen de temperatuur van de verschillende plantendelen (blad, steel, bloemknop) en van de constructies in de kas als gevolg van de klimaatomstandigheden in de kas. De beelden tonen een selectie van opnames die gemaakt zijn in de referentiekas (normaal tuinbouwglas) gedurende 24 uur op 22 maart. Aan de rechter rand van elke Foto is de temperatuurschaal weergegeven. De temperatuur in de cirkel, in het vierkantje, en in de + teken zijn in de tekst kader links weergegeven. In de foto's is te zien dat in de nacht de knoptemperatuur niet verschilt van de andere plantendelen en onder invloed van de lampen 1-2 graden warmer wordt dan het blad. Onder invloed van de zon warmen zowel de knop als het jonge (rode) blad (bovenaans) door lichtabsorptie dan wel door onvoldoende koelendvermogen sterk op, tot wel ruim 42 °C!

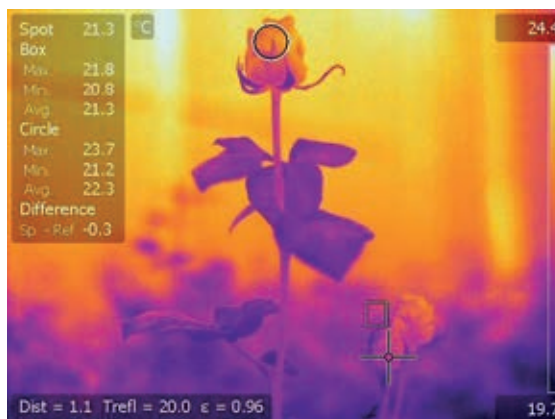
Positie in de kas van de geselecteerde bloemen



Situatie in de nacht bij lampen uit (22:45)



Situatie in de nacht bij lamp aan (04:45)



Situatie 's middags bij zon van één kant (13:00)



Situatie 's middags, blad in de zon (14:52)



Situatie 's middags, blad in de schaduw (15:00)

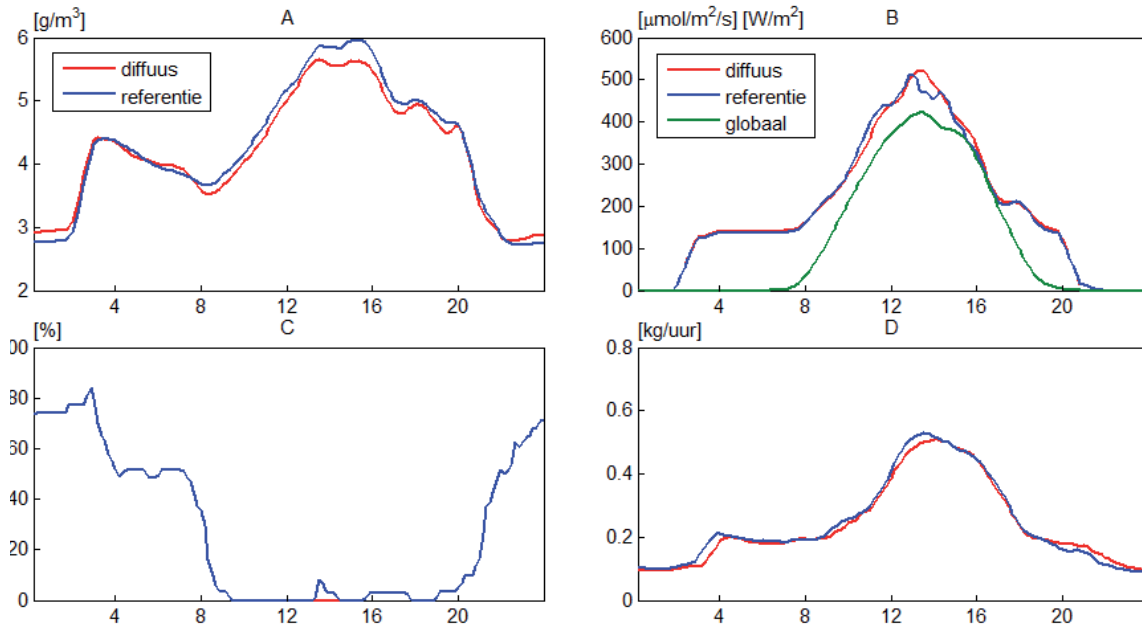




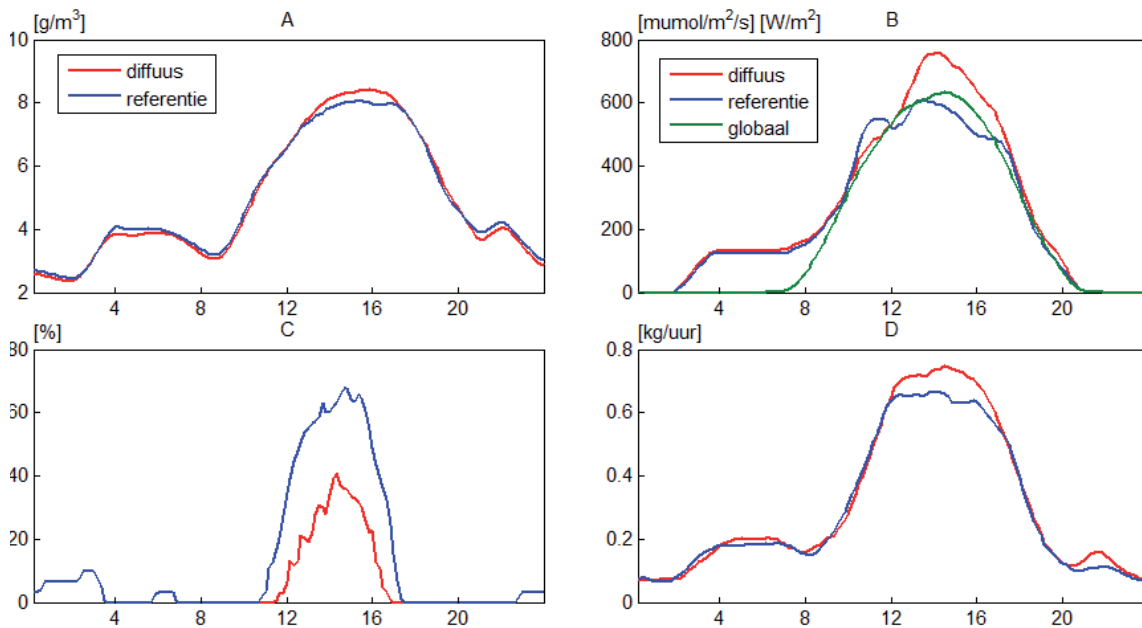
## Bijlage VI Verdamping in relatie tot het klimaat

De figuren hieronder geven voor beide afdelingen (diffuus en referentie) voor de maanden maart, april, juli en augustus de maand cyclische gemiddelden van A: de verdamping; B: het PAR licht binnen en de globale straling buiten (andere eenheden); C: de schermsluiting (in %) en D: de gewas verdamping. Voor een uitgebreide toelichting zie 3.1.5.

Maart 2011

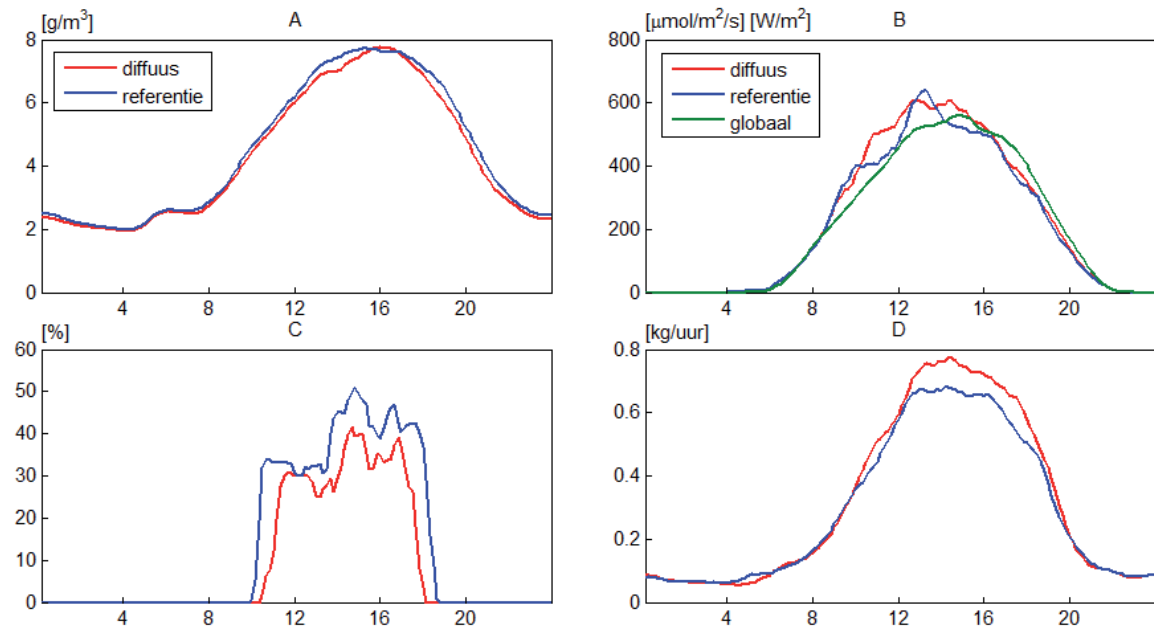


April 2011

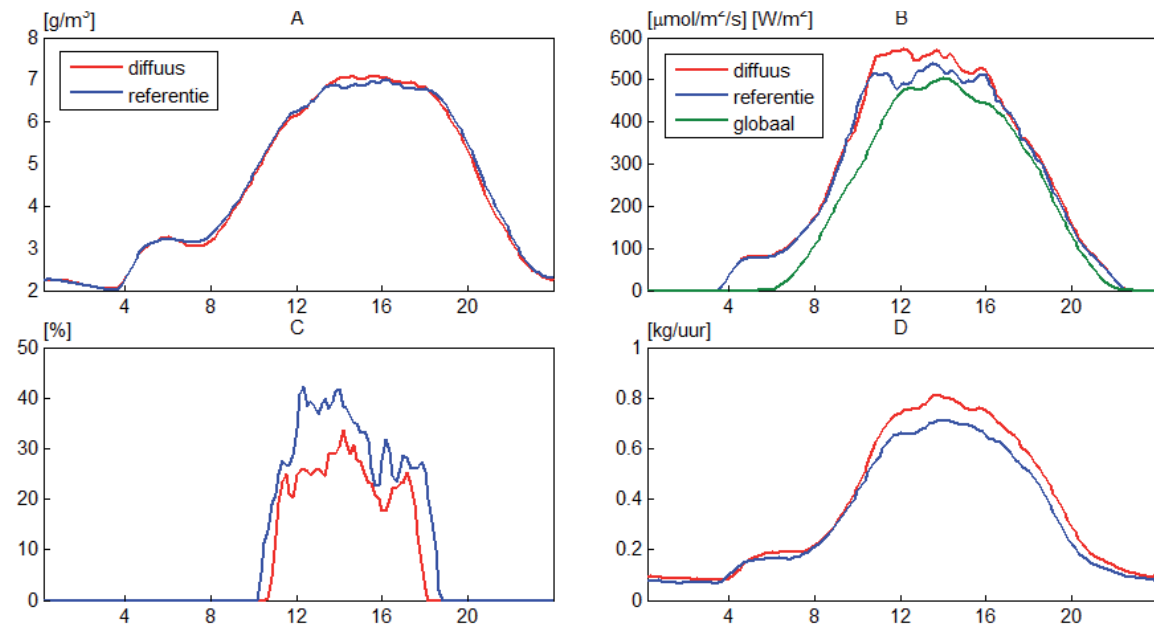




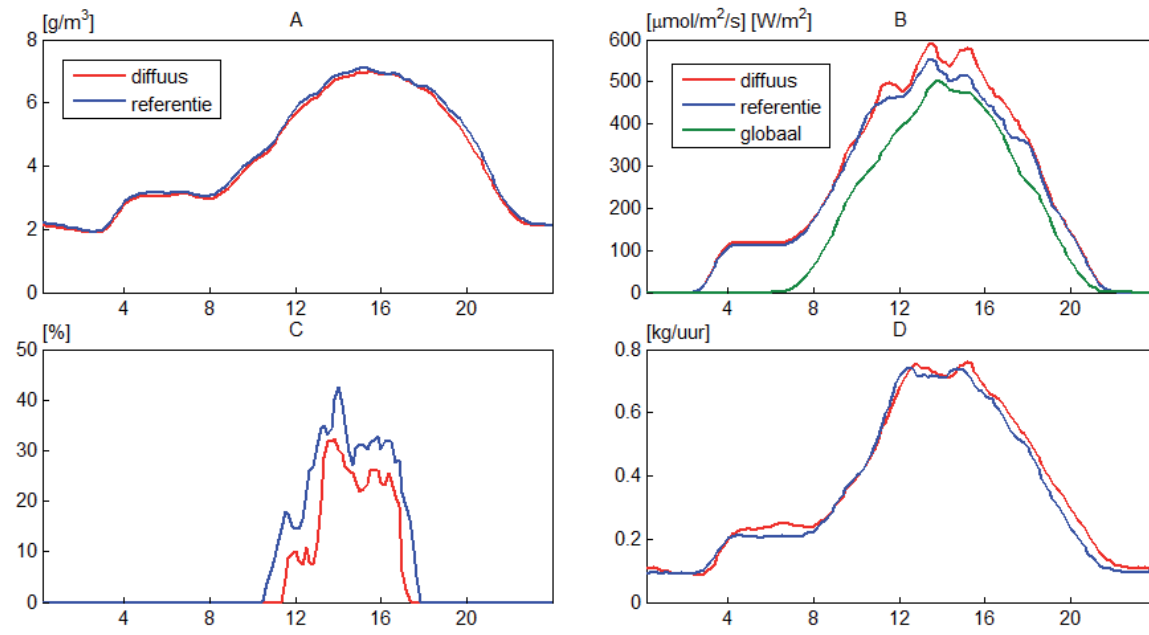
Juni 2011



Juli 2011



Augustus 2011





## Bijlage VII Economische evaluatie

(passage uit intern Euphoros rapport, Deliverable 1, Ruijs and Montero).

At the research station of WUR Greenhouse Horticulture in Bleiswijk, The Netherlands, an experiment has been started in 2010 with diffuse and AR coated glass in a greenhouse with a rose crop. The diffuse and AR coated glass panes (from Europhoros partner GroGlass) were placed in the side walls and in the greenhouse cover (see Figure 1.). Diffuse glass improves the light distribution inside the greenhouse but decreases total light transmission. An AR (anti reflecting) coating can compensate this loss of light transmission. Due to the better light distribution higher production is to be expected.



*Figure 1. Rose trial with diffuse and AR glass in cover (WUR Greenhouse Horticulture, Bleiswijk, The Netherlands).*

In the experiment different diffuse and AR coated glass materials are studied. Furthermore the production of the glass panes for this experiment was more complicated than it would be for commercial purposes. For that reason a more realistic situation has been chosen for the economic evaluation. It is assumed that the diffuse, tempered and AR coated glass panes are produced in an on-going process.

In the reference situation tempered horticultural glass has the following light specifications:

- light transmission of tempered glass is 83%.
- light transmission at crop level is 62%.

The diffuse, tempered and AR coated glass has the same specifications. Diffuse glass itself results in a lower total light transmission due to the haze factor, but the AR coating compensates this light loss completely. Overall the light transmission of the diffuse, tempered and AR coated glass is similar to that of the standard tempered horticultural glass/

In consultation with an international trading organisation (Hogla, The Netherlands) a rough estimation has been made of the investments in diffuse and AR coated glass. Starting point for the assessment is a commercial greenhouse of ca. 4 ha. The investment in diffuse, tempered and AR coated glass is compared to other glass options (see Table 1).

Table 1. Estimated investment in different glass type for greenhouse production (€/m<sup>2</sup>)<sup>1)</sup>.

Glass type	Investment (€/m <sup>2</sup> )
Horticultural glass, not tempered	3,5
Horticultural glass, tempered <sup>2)</sup>	6,5-7
Diffuse and tempered glass <sup>3)</sup>	11-12
Diffuse, tempered and AR coated glass <sup>3)</sup>	16-18

<sup>1)</sup> Source Hogla. The Netherlands. <sup>2)</sup> Glass type in reference production system. <sup>3)</sup> Diffuse glass type Vetrasol 503.

The installation of the diffuse and AR coated glass panes on the greenhouse structure seems not to be so much different from that of horticultural tempered glass. In that case no other extra costs are taken into account. According to the information of several manufacturers the life span and the maintenance costs of diffuse and AR coated glass types won't differ from that of the standard horticultural glass.

The extra yearly costs of diffuse and AR coated glass compared to the reference situation (horticultural glass, tempered) are mentioned in Table 1.2.

Table 2. Investment and yearly costs of diffuse and AR coated glass and extra yearly costs in comparison to the reference glass type (€/m<sup>2</sup>)<sup>1)</sup>.

Glass type	Investment	Investment	yearly costs	yearly costs	extra	extra
	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	yearly costs	yearly costs
	min	max	min	max	min	max
Horticultural glass, tempered	6.50	7.00	0.65	0.70	-	-
Diffuse and tempered glass and AR coated	16,00	18,00	1.60	1,80	0,95	1,10

<sup>1)</sup> Yearly costs based on 7% depreciation, 0,5% maintenance and 2,5% average interest (total 10%).

Table 2. shows that the application of diffuse and AR coated glass results in an increase of the costs with 0,95-1,10 €/m<sup>2</sup>. This is an increase of the yearly costs of the greenhouse structure with 27,5-32%. The total costs of the greenhouse production system will increase with 0,8-1% (see Deliverable 5 Euphoros project, Montero *et al.* 2011).

# Bijlage VIII Samenvatting proefopzet en resultaten onderzoek roos onder Guardian Agro P 85 High



(Samenvatting proefopzet en resultaten, extractie uit vertrouwelijk rapport)

## Glass type and trial set up

The “Centre Luxembourgeois de Recherche pour le Verre et la Céramique S.A.” from Guardian has developed a glass (Guardian Agro P 85 High) with diffusion and anti-reflection on one side of the glass. This material was supplied in august 2010 to cover a greenhouse compartment at the research station of Wageningen UR Greenhouse Horticulture in Bleiswijk for a rose experiment. The experiment runned parallel with the one described in the report ‘Effect van diffuus kasdek met anti reflectie coating bij roos’. The crop, of the same age and variety, (cv Red Naomi!) has been cultivated in a compartment covered with the diffuse glass with on the outer side an anti-reflection coating. The growth of the plants in this greenhouse compartment, was compared to that of the greenhouse covered with standard float glass of the parallel experiment, who served as reference for the greenhouse covered with the by Guardian supplied glass.

## Climate control

In agreement with the client, instead, control of climate was not the same in this greenhouse (6.05) as in the reference greenhouse (6.08) and in the other greenhouse with diffuse glass (6.07). Instead, adjustments were made that would have theoretically fitted better with the properties of the glass: as the glass would allow more light, the crop should benefit better from the extra light when a slightly higher temperature and CO<sub>2</sub> sum would be allowed. To achieve this slightly higher temperature and CO<sub>2</sub>, it was decided to ventilate during daytime at a higher temperature threshold (24 °C, increased to 27 °C above 500 W/m<sup>2</sup> outside radiation). Minimum night temperature was set at 15 °C.

In spring and summer fogging and roof sprinklers were the preferred method to control the greenhouse above ventilation. As outside radiation reached a level of 300 W/m<sup>2</sup>, fogging started for 10 seconds, followed by an interval period of 180 seconds. In 10 seconds, 1.4 grams of water per m<sup>2</sup> was distributed. Every 100 W/m<sup>2</sup> extra shortened the interval period with 30 seconds to a minimum of 30 seconds. In this way the amount of water sprayed into the greenhouse increased from 26 g/m<sup>2</sup>/hour to 126 g/m<sup>2</sup>/hour. Above 500 W/m<sup>2</sup> outside radiation, the ventilation windows were allowed to open if temperature reached 27 °C. Roof sprinklers sprayed a thin water film over the roof during 12 seconds from April on whenever the greenhouse temperature surpassed 26 °C.

Screening to protect the flower buds from blueing was necessary above 650 W/m<sup>2</sup>.

## Results:

### Effects of glass in combination with climate adjustments on flower production

Compared to those in the reference compartment, the plants grown in the compartment with the diffuse anti reflection coated glass cover produced 9,8% more stems, and 4,7% more fresh weight. The production advantage was partly to be attributed to the fact that part of the light was made diffuse, and partly to the fact that less screening hours were necessary to protect the buds from excessive light intensity resulting in quality losses.

### Effects of the adapted climate control on CO<sub>2</sub> levels and energy use

The strategy to reduce ventilation window opening by maintaining a higher humidity increased the CO<sub>2</sub> level in the greenhouse during periods of high radiation. The lower ventilation resulted in a slightly higher greenhouse air temperature which could not be compensated by the roof sprinklers. Part of the temperature effect is caused by the difference in shade screen control. Altogether, more light and more CO<sub>2</sub> have resulted in more production. The extra dry matter produced by the plants was invested in more stems of similar quality; different temperature and crop management methods could help to redistribute the extra production towards less but heavier and longer stems if desired.

The adapted climate control lead to a small reduction in the required energy demand for heating the greenhouse. During the period 22th of December till the 19th of August, the reference greenhouse consumed 370 MJ/m<sup>2</sup>, while the greenhouse with the diffuse glass and the adapted climate consumed 340 MJ/m<sup>2</sup>, 91% of that of the reference greenhouse.

### **Economic implications**

With the obtained production increase of the examined glass (Guardian Agro P 85 High), investment is economically profitable as it has been calculated that 1,3% more production is sufficient to finance the extra investment costs necessary for this type of glass with a payback period of 4 years (calculations based on a high price estimate by the supplier).

# Bijlage IX Samenvatting proefopzet en resultaten onderzoek tomaat onder diffuus glas.

(Samenvatting proefopzet en resultaten, extractie uit rapport Dueck et al. 2012).

## Inleiding

Onderzoek naar de effecten van diffuus licht op glastuinbouwgewassen wijst uit dat het de groei en vooral de productie bevordert. Tegenwoordig is diffuus glas beschikbaar dat voorzien is van een anti-reflectie (AR) coating, met dezelfde of zelfs hogere lichttransmissie dan helder glas. Deze diffuse glazen zijn nu verkrijgbaar met verschillende lichtverstrooiingsgraden en tegen verschillende kosten, maar ook met verschillende te verwachten productiewinsten. Het is dus belangrijk om het juiste glas te kiezen, zodat het lichtverlies in de wintermaanden zo klein mogelijk is, maar dat in de voorjaars-, zomer en herfstmaanden maximale voordelen voor het gewas gehaald kunnen worden.

## Doel van het onderzoek en proefopzet

Daartoe is een experiment gestart om glasdekken die verschillen in de mate van lichttransmissie en lichtverstrooiing te onderzoeken bij een jaarronde teelt met tomaat. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het programma Kas als Energiebron in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van EL&I en het Productschap Tuinbouw. Additioneel is er ook ondersteuning gekomen van een leverancier van diffuus glas, Guardian BV, en het project Samenwerken aan Vaardigheden.

In het onderzoek zijn de effecten van drie typen diffuus glas onderzocht en vergeleken met die van standaard tuinbouw glas (0% haze en 83% hemisferische lichttransmissie), alsmede standaard tuinbouwglas dat in de zomermaanden voorzien was van een coating van ReduFuse (50% haze en 78% lichttransmissie). Twee van de drie gebruikte diffuus glastypen hadden dezelfde lichttransmissie (83%) maar met een verschillende haze factor, 45% en 71%, terwijl het derde type met 62% haze een hogere mate van lichttransmissie had, namelijk 85%. In het onderzoek zijn veel kasklimaatparameters geregistreerd en metingen verricht aan ondermeer lichttransmissie, lichtonderschepping, fotosynthese en -inhibitie, groei, productie en vruchtkwaliteit. Er is ook een schatting gemaakt van de kosten-baten van het gebruik van diffuus glas voor de tomatenteelt.

## Resultaten

Vanaf het begin van de oogst was de kiloproductie onder diffuus glas hoger. Deze meerproductie is gerealiseerd vanaf de eerste oogst, als gevolg van de ontwikkeling van de eerste trossen vroeg in het seizoen. Hiermee is het voordeel van een diffuus kasdek in de winter aangetoond.

De meerproductie was vooral het gevolg van zwaardere vruchten (gemiddeld 5-8 g zwaarder). Daarnaast vormden zich iets meer trossen (0.5 tros meer) bij diffuus licht en verliep de uitgroei duur van de trossen vooral in het zonnige voorjaar wat sneller. Daarna heeft de zomer minder zonuren opgeleverd, en ondanks deze natte zomer werd een meerproductie van 8, 9 en 11% gerealiseerd in respectievelijk de Diff45, Diff62 en Diff71 behandelingen. Ook is er bij de ReduFuse coating, die in mei is opgebracht, uiteindelijk een meerproductie onder de coating gerealiseerd van bijna 5%. Dit biedt perspectieven voor tuinders met een bestaand bedrijf om een meerproductie onder invloed van diffuus licht te verkrijgen. De hogere productie valt dan echter niet samen met de vroege periode met hogere productprijzen. Diffuus licht, of het nu het gewas bereikt via diffuus glas of een coating op het dek, heeft geen invloed op de smaak, refractie of houdbaarheid van tomaat. Een aantal processen in de teelt hebben deze meerproductie mede-veroorzaakt.

De horizontale lichtverdeling onder een diffuus kasdek laat meer gelijkheid in lichtintensiteit zien en het licht dringt dieper door in het gewas. Mogelijk gaan bladeren die zich onder diffuus licht ontwikkelen, zich anders gaan oriënteren, met een betere lichtabsorptie als gevolg. Dit biedt mogelijkheden om de lichtonderschepping te vergroten door de stengeldichtheid en daardoor de LAI te verhogen. Onder een diffuus kasdek vindt dieper in het gewas meer fotosynthese plaats als gevolg van meer licht en een hoger droge stofgehalte in de onderste bladeren. Doordat diffuus licht gelijkmatiger het gewas bereikt (minder extremen in intensiteit) vindt er niet of nauwelijks fotoinhibitie plaats tijdens perioden met veel zonlicht. Ook dit draagt bij aan de lichtbenuttingsefficiëntie.



Vooral tegen het einde van de teelt is er minder Botrytis aantasting waargenomen en vielen er in deze periode daardoor minder tomatenstengels uit onder diffuus glas. Dit heeft waarschijnlijk vooral te maken met de meer generatieve groei van het gewas, het ondervinden van minder stress (fotoinhibitie) gedurende de teelt en het hogere gehalte aan drogestof van de stengels onder diffuus glas.

Er wordt tijdens de teelt voor de verwarming niet meer energie verbruikt onder een diffuus kasdek. Ondanks geluiden uit de praktijk dat het energiegebruik onder diffuus glas stijgt omdat er in de ochtenduren meer gestookt zou moeten worden, is er tijdens dit onderzoek niet meer energie verbruikt onder een diffuus kasdek. Als de lichttransmissie van diffuus glas gelijk of hoger is dan van standaard tuinbouwglas, mag ook niet verwacht worden dat het energiegebruik onder diffuus glas stijgt.

Uitgaande van de meerproductie die gerealiseerd is in dit onderzoek, de langjarige middenprijzen van tomatomaat per vierwekelijkse periode en een geschatte meerprijs van het glas, wordt de terugverdientijd van diffuus glas berekend op 4.2 tot 6.3 jaar. Naarmate de meerprijs lager of de meerproductie hoger wordt, zal de terugverdientijd korter worden. De haze van het glas mag dan niet te laag zijn, en de lichttransmissie zal vergelijkbaar of hoger moeten zijn dan bij standaard tuinbouwglas.





Productschap  Tuinbouw



 GLASCOM  
TUINBOUW



 G5  
groglass



 Ministerie van Economische Zaken,  
Landbouw en Innovatie

 grodan®



Projectnummer: 3242095311 | PT nummer: 14091

