



Gerbera: maximale isolatie en lichtonderschepping

De invloed van een spouwscherm, lichtsom, daglengte in winter, balans licht-temperatuur, en bladsnoei in winter op productie, kwaliteit en energiegebruik

Nieves García Victoria¹, Arie de Gelder¹, Frank Kempkes¹, Kees Weerheim¹, Peter Lagas¹,
Bram van Haaster¹ en Eugenie Dings²

Rapport WPR-698

¹ Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw, ² Flori Consult Group

Referaat

Met als doel het energiegebruik in de gerberateelt verder te verlagen is met financiering van 'Kas als Energiebron' en de Gewascoöperatie Gerbera een teeltonderzoek uitgevoerd van juli 2016 tot juli 2017 bij WUR Glastuinbouw in Bleiswijk. In de proef is de isolatie van de kas vergroot door een 5 cm spouw aan te brengen tussen de bestaande 2-laags verduisteringsdoek. Hiermee verbeterde de stralingshuishouding van het scherm, met als gevolg hele lage netto stralingsverliezen door het gewas. De gehanteerde lichtafhankelijke temperatuurstrategie blijkt technisch en fysiologisch geschikt tussen november en mei. De dag werd in de winter geleidelijk verlengd tot 13 of 15 uur, met een evenredige verhoging van de etmaaltemperatuur (minimaal 16°C) conform de lichtafhankelijke temperatuurstrategie. Dit bespaarde wat energie op warmte, maar gebruikte meer elektriciteit zonder de productie of de kwaliteit te verbeteren; in tegendeel, er was meer vegetatieve groei. Al het blad dat licht onderschept lijkt een positieve bijdrage te leveren aan de fotosynthese. Hierdoor blijkt bladsnoei in de winter, ongeacht de leeftijd van het verwijderd blad, tot een verlaging van de bloemproductie te leiden.

Abstract

With the objective of further reducing energy consumption in gerbera cultivation and financed by the program "Greenhouse as Source of Energy" and the Knowledge Cooperation Gerbera, research was conducted from July 2016 to July 2017 at WUR Greenhouse Horticulture in Bleiswijk. In the test, the insulation of the greenhouse was increased by separating the existing 2-layers of the light tight screen, creating an air layer of 5 cm in between them. This improved the temperature layering between the greenhouse and the greenhouse cover, resulting in very low net radiation losses by the crop. The applied light-dependent temperature strategy proved technically and physiologically suitable between November and May. The day length in winter was gradually extended to 13 or 15 hours, with a proportional increase of the average day temperature (at least 16°C) according to the light dependent temperature strategy. This saved some energy on heat, but required more electricity without improving production or quality; on the contrary, the crop showed an increased vegetative growth. All the leaves that intercept light seem to contribute actively to the photosynthesis. As a result, leaf pruning in winter, regardless of the age of the leaf removed, led to a reduced flower production.

Rapportgegevens

Rapport WPR-698

Projectnummer: 3742231200

DOI nummer: 10.18174/425827

Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
1.1	Eerder onderzoek: energiebesparing in de gerberateelt	9
1.1.1	Seizoen 2014-2015: meerproductie door daglengte van 13 uur in de winter in combinatie met Koel Telen	9
1.1.2	Seizoen 2015-2016: Etmaaltemperatuur lichtsom afhankelijk maken levert productiewinst in het najaar, en gaat in het voorjaar ten koste van de bloemkwaliteit	10
1.2	Dit onderzoek: oplossen knelpunten en kennishiaten	10
1.3	Doelstelling	11
1.3.1	Technische doelstellingen	11
1.3.2	Energiedoelstellingen	12
1.3.3	Nevendoelstellingen	12
1.4	Aanvullend onderzoek: invloed verduisteringsdoek met spouw op kaasklimaat in de zomer	12
1.5	Samenwerking en overlegstructuur	13
2	Materiaal en methodes	15
2.1	Klimaat installaties	15
2.1.1	VentilationJets	15
2.1.2	Scherminstallaties	16
2.1.2.1	Verduisteringsdoek met spouw	16
2.2	Plantmateriaal	18
2.3	Voeding en watergift	19
2.4	Klimaatbehandelingen	20
2.4.1	Daglengte	20
2.4.2	Temperatuur strategieën	21
2.4.2.1	Praktijk, (referentie) kas 802	21
2.4.2.2	Lichtafhankelijk telen, kassen 801 en 803	22
2.5	Gewasbehandelingen t.b.v. verbeteren lichtonderschepping	23
2.5.1	Ervaringen LAI-onderhoud bij verschillende gewassen	23
2.5.2	Ervaringen LAI-onderhoud bij gerbera	24
2.5.3	Toegepaste behandelingen in deze proef	24
2.6	Meetnet	25
2.7	Waarnemingen aan het gewas	26
2.7.1	Productie en kwaliteit	26
2.7.2	Uitgroeiduur en plantbelasting	26
2.7.3	Destructieve gewaswaarnemingen	27
2.7.4	Houdbaarheid	27
2.7.5	Fotosynthese	28
2.7.6	Donker ademhaling (gedurende de nacht)	28
2.7.7	Monitoring gewasgezondheid	29

3	Resultaten	31
3.1	Klimaat	31
3.1.1	Buitencondities	31
3.1.2	Gerealiseerde etmaal temperatuur	32
3.1.2.1	Etmaaltemperatuursturing op basis van gerealiseerde lichtsom	32
3.1.3	Vocht in de kas	34
3.1.4	De CO ₂ dosering	35
3.1.5	Energie gebruik	36
3.2	Metingen aan het spouwdoek gedurende de proef	39
3.2.1	Lichtdoorlatendheid verduisteringsdoek	39
3.2.2	Spectrum onder verduisteringsdoek	39
3.2.3	Doektemperatuur	40
3.2.4	Doek temperatuur met de VentilationJet uit	41
3.2.5	Netto straling gewas onder gesloten doek	42
3.2.6	Invloed spouwdoek op energiegebruik	43
3.3	Productie en kwaliteit	43
3.3.1	Productie	43
3.3.2	Bloemlengte	45
3.3.3	Takgewicht	46
3.3.4	Bloemdiameter	46
3.3.5	Onverkoopbare bloemen	47
3.3.6	Gemeten plantbelasting	48
3.3.7	Uitgroeiduur	49
3.3.8	Uitgroeiduur in graaddagen	50
3.3.9	Bladontwikkeling en afsterving	51
3.4	Invloed gewasbehandelingen op productie	52
3.5	Fotosynthese	53
3.6	Nacht respiratie	56
3.7	Houdbaarheid	58
3.8	Destructieve waarnemingen	60
3.8.1	Gewas omvang	60
3.8.2	Percentage droge stof	62
4	Discussie en conclusies	65
4.1	Technische doelstelling 1	65
4.2	Technische doelstelling 2	65
4.3	Technische doelstelling 3	66
4.4	Technische doelstelling 4	67
4.5	Energiedoelstelling	68
4.6	Nevendoelstellingen	68
4.6.1	Teeltzekerheid vergroten door een betere vochtbeheersing	68
4.6.2	Het Nieuwe Telen beter kunnen toepassen met eenvoudige regelingen door een groter verschil in temperatuur tussen binnen en buiten	69
4.6.3	Meer leren over sturingsinstrumenten voor plantbalans	69
5	Opsomming conclusies en leerpunten	71

6	Aanvullend onderzoek: Invloed verduisteringsdoek met spouw op kasklimaat in de zomer	73
6.1	Inleiding	73
6.2	Doelstelling	73
6.3	Materiaal en methode	73
6.4	Resultaten	74
6.5	Discussie en leerpunten	78
	Literatuur	81
	Bijlage 1 Meetrapport verduisteringsdoek	83
	Bijlage 2 Indeling planten in de kas	85
	Bijlage 3 Tabel Flori Consult	87
	Bijlage 4 Huidmondjes geleidbaarheid per bladleeftijd (overdag)	89
	Bijlage 5 Donker ademhaling gedurende de nacht	91
	Bijlage 6 Houdbaarheid	93
	Bijlage 7 Destructieve waarnemingen	95
	Bijlage 8 Ontwikkeling blad en bloem per ras in beeld	103

Samenvatting

Gefinancierd vanuit het programma 'Kas als Energiebron' van het Ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht, en door de Gewascoöperatie Gerbera is bij Wageningen University & Research Glastuinbouw onderzoek uitgevoerd met als doel het energiegebruik in de gerberateelt verder te verlagen door: 1- de kas nog beter te isoleren met spouwschermen; 2- de bestaande lichtinstallaties in de winter beter te benutten (langere dag), en 3- de lichtonderschepping van het gewas te verbeteren.

Door het spouwscherm, verkregen door het uit elkaar trekken van de doeken, verandert niet de verduisteringscapaciteit van het doek. Wel is de stralingshuishouding door een grotere temperatuurgelaagdheid rondom het scherm gunstiger (warmer) voor de plant, gebleken uit de zeer lage gemeten netto stralingsverliezen.

Als temperatuurstrategie is een lichtafhankelijke benadering gekozen, waarbij bij een hogere lichtsom hoort een hogere etmaaltemperatuur. De realisatie van de gewenste verhouding lichtsom/etmaaltemperatuur is ondersteund door software ontwikkeld door Hoogendoorn B.V. voor de klimaatcomputer bij WUR. Technisch blijkt dit goed te functioneren tussen 1 november en eind april-half mei. Na half mei vertoonde de software wat tekortkomingen. Mede hierdoor werd er wat onnodige energie gebruikt. Als deze worden opgelost, kan de regeling ook buiten deze periodes dienst bewezen, hoewel het voor de kwaliteit en de houdbaarheid van de bloemen, en bij koudere nachten ook voor het energiegebruik mogelijk gunstiger is om in mei en juni niet vast te houden aan hoge streeftemperaturen. Waar de drempelwaarde voor temperatuur ligt is niet onderzocht, maar als we de periode voor week 44 en de periode na week 16 bekijken, dan zou het voorzichtig gezegd kunnen worden dat het nastreven van etmaal temperatuur ruim boven 20°C niet bevorderlijk is voor de kwaliteit bij gerbera.

Hoewel uit eerder onderzoek gebleken was dat langere dagen tot 13 uur mogelijk waren bij lage teelttemperatuur (15°C) zonder negatieve effecten voor het gewas, heeft in dit onderzoek het geleidelijk verlengen van de dag in de winter naar 13 of 15 uur, met een evenredige verhoging van de etmaaltemperatuur (minimaal 16°C) niet geleidt tot de beoogde verkorting van de uitgroeiduur, productieverhoging of grotere bloemdiameters. De extra licht-uren hebben wel geresulteerd in een ongewenste vegetatieve groei: een groter LAI, langere bladeren en langere bloemstelen, die makkelijk omvielen of kromgroeiden vooral bij het ras Suri. Het verlengen van de dag in de winter bespaart wat energie op warmte, maar kost meer energie voor elektriciteit.

Om de vraag te beantwoorden of de lichtonderschepping door gerichte gewas snoei is te verbeteren, zijn zowel behandelingen als metingen gedaan om meer te begrijpen over het samenspel tussen aanmaak en gebruik van assimilaten, de afsplitsing van nieuwe bladeren en de afsterving van oud blad. Gebleken is dat een zeer jong blad al binnen 4 weken volgroeid kan zijn. De levensduur van een blad dat met afnemend licht is ontwikkeld is ongeveer 3 maanden, en langer als het ontwikkelt met toenemend licht. De plant laat oud blad sterven in de lichtarme maanden van het jaar. Binnen drie maanden is er in droge stof bijna evenveel dood blad onder aan de pot als levend aan de plant. In het gewas zijn de volgroeide en jonge bladeren het efficiëntst voor de fotosynthese; de bijdrage van het zeer jonge blad is aanzienlijk, terwijl het oude blad is het minst efficiënt. Oud blad wat gedurende langere tijd onder laag licht komt te liggen wordt fotosynthetisch inactief en sterft af. 's Nachts sluiten de huidmondjes bijna volledig, en openen weer langzaam anticiperend op het natuurlijke licht. De gemiddelde nachtrespiratie neemt met de temperatuur toe, en vertegenwoordigt ongeveer 5% van de dag fotosynthese. In overeenstemming met deze bevindingen, dat al het blad dat licht onderschept een positieve bijdrage levert aan de fotosynthese, blijken alle toegepaste bladsnoeibehandelingen, of het nu was jong blad of oud blad verwijderen, tot een verlaging van de bloemproductie te leiden.

1 Inleiding

Dit verslag beschrijft het onderzoek "Gerbera: Maximale isolatie en lichtonderschepping" wat tussen juli 2016 en juli 2017 bij WUR Glastuinbouw is uitgevoerd met medewerking van de Gerbera teeltadviseurs van de Flori Consult Group, en gefinancierd vanuit het programma "Kas als Energiebron" van het Ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht, en door de Gewascoöperatie Gerbera.

1.1 Eerder onderzoek: energiebesparing in de gerberateelt

De Gerberateelt heeft de laatste jaren forse stappen gemaakt in energiebesparing, mede door nieuwe inzichten uit onderzoek en praktijk. De ontwikkeling van Het Nieuwe Telen (HNT) gaat gestaag door in dit gewas. Naast toepassing van luchtbehandeling kasten (LBK's) en slurven onder en/of boven het gewas wordt er doorontwikkeld aan de VentilationJet die droge lucht van boven het gesloten doek gebruiken om uit te wisselen met vochtige kaslucht. Daarnaast beschikken telers voor teeltsturing en energiebesparing over verduisteringsdoeken voor daglengte regeling, die ook ingezet worden tegen afkoeling door uitstraling. Naarmate het gebruik van PAR meters in de praktijk toeneemt, groeit de kennis en het bewustzijn van de werkelijk in de kas ontvangen hoeveelheid groeilicht, en daarmee is ook de noodzaak van en de bereidheid tot het uitvoeren van een goede gewasregistratie toegenomen. De begrippen "plantbelasting" en "uitgroeiduur" hebben hierdoor meer betekenis gekregen in de praktijk, en telers hebben een platform opgezet om deze registraties te delen om ervan te leren.

1.1.1 Seizoen 2014-2015: meerproductie door daglengte van 13 uur in de winter in combinatie met Koel Telen

In onderzoek door Dueck *et al.* 2015, werd de warmte uit de lampen in een behandeling verminderd door (deels) gebruik te maken van LED. Uit het onderzoek bleek dat ook met normale SON-T lampen veel energie bespaard kon worden door een daglengte verlenging, van 11.5 naar 13 uur, te combineren met een lagere intensiteit van de belichting (SON-T, 90 μmol) en met een systeem voor vochtbeheersing onder het scherm (VentilationJet). In combinatie met een lage etmaaltemperatuur (soms daalde deze tot een etmaal temperatuur onder de 15 graden, met zeer lage nachttemperaturen tot onder de 13 graden), bleek deze strategie in het najaar en winter tot een goede productie en kwaliteit te leiden. In deze proef was de kas met SON-T lampen altijd de droogste kas, zonder inzet van minimumbuis en met een ongekend laag energiegebruik voor met name warmte.

Door de lage etmaaltemperatuur zijn er meer bloemknoppen aangelegd en meer bloemen geoogst dan in de andere behandelingen. Er was hier echter juist NIET met de natuur meegeteld, maar er is gestreefd naar een zo laag mogelijke etmaaltemperatuur. Dit leverde op een eenvoudige wijze energiebesparing op, waarbij terecht opgemerkt kan worden dat dit soms tegen toepassingsgrenzen aan loopt in de praktijk, gelet op de vochtbeheersing die bij lagere temperaturen lastig kan zijn, vooral als het buiten ook vochtig is.

Uit dit onderzoek leek dat de lange dag aanhouden voorbij half februari en niet met de natuur mee te telen, op den duur productie heeft gekost.

1.1.2 Seizoen 2015-2016: Etmaaltemperatuur lichtsom afhankelijk maken levert productiewinst in het najaar, en gaat in het voorjaar ten koste van de bloemkwaliteit

In het seizoen 2015-2016 is de hypothese onderzocht (García Victoria *et al.* 2017) dat vanaf half februari meer met de natuur mee moet worden geteeld met een korte daglengte om voldoende knoppen aan te leggen. Hiertoe moet de temperatuur met het licht mee worden gevarieerd. De door de Flori Consult Groep ontwikkelde strategie voor Lichtafhankelijk telen bleek voor de productie van grootbloemige rassen en wat betreft energievraag, ook in lichtrijke dagen, niet verkeerd. Wel moet ervoor gewaakt worden dat door de helling van de lijn bij de hoge daglichtsommen de temperatuur niet al te hoog oploopt en de uitgroeiduur te kort wordt. De behandelingen "Lichtafhankelijk" en "sterk lichtafhankelijk" waren in het najaar het snelst in productie en met de hoogste productie van voldoende kwaliteit. Het voordeel van deze strategie in het najaar is dat dan juist in deze kritische periode voor de vochtbeheersing de ruimtetemperatuur hoog gehouden kan worden en daarmee de luchtvochtigheid in de kas beter te sturen bleek. In het voorjaar en zomer bij hoge instraling was er toch warmtevraag, daardoor energetisch nadelig, en was de sterk lichtafhankelijke strategie beslist niet de juiste aanpak voor een goede kwaliteit product.

Geconcludeerd is dat er voor dit gewas blijkbaar een bovengrens is aan het nastreven van een hoge verhouding tussen etmaaltemperatuur en lichtsom. Er zijn in dit onderzoek nieuwe knelpunten en kennishiaten aangeduid.

1.2 Dit onderzoek: oplossen knelpunten en kennishiaten

In het bovengenoemde onderzoek zijn de volgende knelpuntenesignaleerd:

- Bij lage instraling kan behoorlijk koud worden geteeld en door natuurlijke hoge instraling kan gratis warmte in de kas benut worden voor meer groei. Echter, in het voorjaar doen zich zeer lichte, doch koude dagen voor. Op lichte, koude dagen is er juist veel energie nodig om bij hoge gerealiseerde PAR sommen de gewenste etmaaltemperatuur te halen. Een groot deel van de energie in het onderzoek 2015-2016 is nodig geweest om de kas met de steilste licht/temperatuur verhouding te verwarmen tot de gewenste temperatuur in het voorjaar.
- Met de lichtafname in het najaar is er sprake van een sterke reductie van de plantbelasting. Om de verhouding lichtsom/etmaaltemperatuur in evenwicht te houden, dwingen de lage lichtniveaus tot hele lage teelttemperaturen in de winter. Dat zorgt voor een trage uitgroei van bloemen, waardoor de plantbelasting weer toeneemt. Het resultaat van deze drie factoren (hoge plantbelasting+lage etmaaltemperatuur+lage lichtniveaus) is een toename in het aantal graaddagen dat nodig is om een bloem te ontwikkelen. Gedacht wordt dat zowel het licht als de temperatuur limiterend zijn voor de fotosynthese (source limiting).
- De lage etmaaltemperaturen die bij zeer lage lichtniveaus horen zijn in de praktijk moeilijk te bereiken, zeker als er sprake is van warme nachten. Bij te weinig verschil in AV tussen binnen en buitenlucht, dat is als de temperatuurverschillen binnen-buiten klein zijn of buiten is het warmer dan binnen, dan wordt het lastig tot onmogelijk om vocht af te voeren uit de kas.
- Zeer koud telen in de winter bij lage lichtniveaus heeft in de onderzoeken van de afgelopen twee winters tot hoge producties en goede kwaliteit geleid. Na februari is echter de productievoorsprong afgenomen, de kwaliteit is Te Zwaar (bloemstelen Té kort en te hard), en er is door de planten een overschot aan droge stof in blad geproduceerd (sink limiting).
- Gerbera is een korte dag plant. Bij lange dag worden minder bloemen geproduceerd; daarom wordt er bij gerbera een groot deel van het jaar de kas verduisterd, en in de winter door belichting een daglengte van 11.5 uur aangehouden. Uit onderzoek in de winter 2014-2015 bleek echter dat langere dagen tot 13 uur mogelijk waren mits de teelttemperatuur laag werd gehouden. Uit onderzoek in de winter 2015-2016 bleek wederom bij gelijke daglichtsom in de winter geen verschil te zijn in productie tussen een korte dag (11.5 uur) en een langere dag (13 uur) tussen oktober en februari, zelfs als de teelttemperatuur niet zo laag was als nodig geacht. Vermoedelijk is het lichtniveau in de winter dusdanig limiterend, dat de plant minder gevoelig is voor daglengte.

- Verhogen van de lichtintensiteit lijkt een voor de hand liggende oplossing voor de source-gelimiteerde gerbera teelt. Uit onderzoek in de winter van 2013-2014 bleek echter dat 20% meer lichtintensiteit bij een daglengte van 11.5 uur tot maar 4% meer productie leidt. Bovendien zou dit betekenen dat telers de bestaande installaties zouden moeten vervangen; en aangezien de meeste dit onlangs hebben gedaan, voelen telers hier weinig voor. Zij gebruiken liever dezelfde intensiteit gedurende een langere dag.
- Bij voldoende licht en passende temperatuur kan veel van het beschikbare blad licht onderscheppen en is het blad een bron van assimilaten. Bij laag licht echter, kan het blad onderaan de plant maar zeer beperkt licht onderscheppen en wordt het een "sink". De gedachte is dat het licht limiterend is in relatie tot gewasomvang. Bij een lagere LAI dringt het aanwezige licht beter de plant in en kan het minder limiterend werken. Uit onderzoek bleek dat het beperken van het blad in het najaar en winter een positief effect kan hebben op de productie bij meerdere gewassen, waaronder tomaat, en ook gerbera. Nu er langere (>11.5 uur) daglengtes gebruikt worden in winter, neemt de grootte van het blad weer toe en daarmee de behoefte meer te weten over de bijdrage van het blad aan de verdamping en aan het samenspel tussen licht, temperatuur en aanmaak en verbruik van assimilaten op de plantbalans.
- Naast de kennis vragen gebaseerd op eerdere onderzoeken is er een ontwikkeling naar beter isolerende doeken. Bij verduistering kan het verduisteringsscherm, dat standaard al uit 2 op elkaar liggende doeken bestaat, gebruikt worden voor energiebesparing door een spouw te creëren tussen de beide doeken. Dit hoeft niet ten koste te gaan van de verduisteringswaarde van het doek en kan bijdragen aan een hogere isolatie en daarmee aan energiebesparing. De vraag is of dit ook zo werkt en of dit niet tot problemen met vochtophoging leidt. De spouw tussen twee doeken moet ook leiden tot een doektemperatuur aan de onderzijde die heel dicht bij de kastemperatuur komt en waarbij dan de netto- straling voor het gewas nihil is.

1.3 Doelstelling

Het energieverbruik bij gerbera verder verlagen en de productie verhogen door de resterende knelpunten en kennishiaten op te lossen, in het kort:

- Verbeterde isolatie bij lichtafhankelijke teeltstrategieën.
- Betere benutting van de bestaande lichtinstallaties door langere dag belichting in de winter.
- Verbeterde sturing van de lichtafhankelijke teeltstrategie.
- Gerichte gewashandelingen in het najaar en winter (verbeteren lichtonderschepping).

1.3.1 Technische doelstellingen

- Door het gebruik van betere isolatie met de nieuwe generatie schermen met een kleine spouw kan de energie input beperkt worden op de zeer lichte, koude dagen. In deze omstandigheden is 's nachts energie nodig om, ondanks twee dichte doeken, bij hoge PAR sommen de gewenste etmaaltemperatuur te halen. Is het goed mogelijk om gerbera's te telen met de nieuwe schermen?
- De source limitering bij gerbera in de winter opheffen of verminderen, door geleidelijk een extra lange dag in te voeren met de bestaande intensiteiten tussen oktober en februari (dus niet door hogere lichtintensiteiten op te hangen). Dit verhoogt de dagelijkse lightsom met $1.5 \text{ Mol.m}^{-2} \text{ PAR}$.
- Bij een hogere lightsom hoort een hogere etmaaltemperatuur. Dat geeft 's nachts weer de mogelijkheid om hoger in temperatuur te blijven zodat er dankzij een verschil in AV binnen - buiten vocht afgevoerd kan worden. Een hoger etmaal zal de afrijping van knoppen vermoedelijk stimuleren, wat weer tot het opheffen van de sink-limitering leidt die we nu zien bij de koude strategie.
- Meer kennis opdoen over de bijdrage van het blad (jong blad/ oud blad) aan lichtonderschepping, verdamping en aan het samenspel tussen licht, temperatuur en aanmaak en verbruik van assimilaten op de plantbalans.

1.3.2 Energiedoelstellingen

Het onderzoek levert een directe bijdrage aan de energiedoelstellingen

Daarnaast is het onderzoek faciliterend aan de energiedoelstellingen omdat het beoogt bestaande knelpunten en kennishiaten op te lossen. Dit moet meer besparing mogelijk maken.

- Reductie primair energieverbruik voor warmte.
- Verhoging van productie.
- Een betere benutting van de bestaande belichtingsinstallaties (90 tot $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) en de behoefte voor hogere lichtintensiteit afremmen.

Dit onderzoek is relevant voor alle Gerbera telers, en in het bijzonder voor de telers van grootbloemige rassen. Deze zijn minder prijselastisch waardoor ze het moeten hebben van de winterproductie. Dat betekent dat zowel op relatief korte als middellange termijn alle Gerbera telers baat bij de uitkomsten van dit onderzoek kunnen hebben. Het onderzoek kan zelfs ook een leidraad zijn voor de verhoudingen lichtsom/etmaaltemperatuur bij andere teelten.

Bij een geslaagd resultaat ten aanzien van verbeterde isolatie, is het niet te verwachten dat een jaar later alle telers tot deze aanpassing in hun schermen overgaan, maar dit zal een geleidelijk proces worden naarmate de huidige doeken aan vervanging toe zijn.

1.3.3 Nevendoelstellingen

- Teeltzekerheid vergroten door een betere vochtbeheersing.
- Het Nieuwe Telen beter kunnen toepassen.
- Meer leren over sturingsinstrumenten voor plantbalans.

1.4 Aanvullend onderzoek: invloed verduisteringsdoek met spouw op kaasklimaat in de zomer

In het hierboven ingeleid onderzoek "Maximale isolatie en lichtonderschepping" is het gangbare dubbellaags verduisteringsdoek uit elkaar getrokken zodat er een spouw tussen beide doeklagen is ontstaan. Het doek ligt er vanaf september 2016, en vanaf eind november 2016 wordt de doektemperatuur en netto straling voor het gewas gemeten. Op basis van de metingen is de voorlopige conclusie aan het einde van dit onderzoek dat het doek heel goed isoleert zonder in te boeten op verduisteringsvermogen, en dat het tot zeer lage netto stralingsverliezen door het gewas leidt.

Het doek was echter in alle kassen op dezelfde manier met spouw uitgerust. Een direct vergelijk tussen effecten op het klimaat bij normaal verduisteren en met spouw verduisteren was in deze opzet niet mogelijk. In de proefopzet die tot 30 juni heeft gelopen, was het klimaat onder het doek lichtafhankelijk ingesteld (nagestreefde etmaaltemperatuur afhankelijk van de ontvangen PAR-som dag). Hierdoor is het soms nodig om met het doek te kieren, of onder het doek te verwarmen. De effecten op isolatie zijn hierdoor beïnvloed.

Daarom is in overleg met financiers en BCO een kort, aanvullend onderzoek uitgevoerd na de looptijd van het teeltonderzoek in 2 van de drie afdelingen. Hiertoe is één afdeling het doek in de oorspronkelijke staat (zonder spouw) teruggebracht, zodat met aangepaste schermstrategieën de effecten van het spouwdoek op temperatuursverloop in de zomer te volgen is en te vergelijken is met de effecten op het klimaat onder een normaal, dubbel laags verduisteringsdoek zonder spouw.

De methode en de resultaten van dit aanvullende onderzoek zijn weergegeven als hoofdstuk 6, na de conclusies van het hoofdonderzoek uit dit verslag.

1.5 Samenwerking en overlegstructuur

De projectleiding en uitvoering van dit onderzoek ligt bij WUR Glastuinbouw te Bleiswijk.

Een van de Flori Consult adviseurs bezoekt minimaal eens per twee weken de proef, geeft teeltbegeleiding en zorgt voor vergelijking van de proefgegevens met gegevens uit praktijkbedrijven. De deelname van Flori Consult Group adviseurs waarborgt tevens de doorstroming van kennis naar de praktijk.

Jan Voogt van Hoogendoorn faciliteert de software technische mogelijkheden om te sturen naar gewenste verhoudingen van bijvoorbeeld lichtsom en temperatuursom.

LTO Glaskracht organiseert de BCO en voert een deel van de communicatie uit voor haar achterban van Gerberatelers.

Een afvaardiging van kwekers is als adviseur betrokken via de Landelijke Gewascommissie Gerbera en de achterban van LTO Glaskracht: een kleine intensieve begeleidingsgroep van twee kwekers en een voorlichter van Flori Consult Group die één keer per 2 weken op het proefbedrijf bijeen komt (Figuur 1). Een Begeleiding Commissie van het Onderzoek (BCO) komt eens per zes weken bij elkaar voor discussie over de tussentijdse resultaten en advies.

Aansluiting met de praktijk verloopt verder via het uitgebreide netwerk van Flori Consult Group en LTO Glaskracht en de Gewas Coöperatie.

De auteurs bedanken hierbij alle genoemde partijen voor de betrokkenheid en ieders nuttige en soms bijdrage aan het onderzoek en aan de goede sfeer tijdens de bijeenkomsten van zowel de intensieve als de extensieve begeleiding.



Figuur 1 Telers van de begeleiding Commissie bezoeken om de week de proef en geven advies.

2 Materiaal en methodes

De proef is uitgevoerd in 3 aan elkaar grenzende proefkassen van ieder 144 m² van het kassencomplex bij WUR Glastuinbouw in Bleiswijk, afdelingen 801, 802 en 803.

Het zijn Venlo-type kassen met doorlopende nokluchting aan beide zijdes.

De kassen laten gemiddeld 60% van het buitenlicht door, gemeten op 50 cm hoogte vanaf het bladpakket bij diffuus licht in de maand juli.

2.1 Klimaat installaties

Het kasklimaat in de afdelingen wordt gestuurd door middel van een ISII, de klimaatcomputer van Hoogendoorn.

In alle kassen worden de planten belicht met 1000W SON-T lampen, zodat de intensiteit op gewas hoogte 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \text{ s})$ bedraagt.

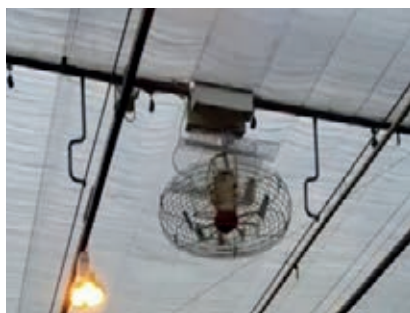
De kassen beschikken over een hogedruk nevel installatie die gebruikt kan worden om de luchtvochtigheid te verhogen. Deze is gebruikt als het vochtdeficiet boven de 10 g/m³ kwam.

CO₂ wordt gedoseerd als zuivere CO₂ afkomstig van OCAP met een maximum doseercapaciteit van 125 kg/ha uur tot 23 april en vanaf 23 april tot 1 juli 100 kg/ha uur. Gedoseerd werd op volle capaciteit als de CO₂ concentratie in de kas 500 ppm of lager was. Tot 750 ppm werd er met een lagere capaciteit gedoseerd; boven 750 ppm wordt er geen CO₂ meer gedoseerd.

Als OCAP niet levert wordt overgeschakeld op zuivere CO₂ uit een tank met vloeibaar CO₂.

Verwarmd wordt door middel van buisrail verwarming 51 mm.

Voor het maximaal isoleren zijn de kassen uitgerust met spouw schermen en voor de vochtbeheersing met VentilationJets om het ontvochtigen onder de zoveel mogelijk gesloten doeken te vergemakkelijken.



Figuur 2 VentilationJet met daaronder een Nivolator.

2.1.1 VentilationJets

In iedere afdeling is er een "VentilationJet" gemonteerd (Figuur 2). Dit is een ventilatiesysteem voor vochtbeheersing in de kas. Het systeem bestaat uit een koker die door de twee schermstoffen steekt met daarin een regelbare ventilator en daaronder een mengplaat en een Nivolator die de kaslucht mengt met de koude lucht van boven het scherm. De ventilator van de VentilationJet kan maximaal 3200 m³/m²/uur koude droge lucht toevoeren. De Nivolator is op een vaste stand van 50% gezet. Daarbij wordt 1700 m³/uur aan lucht verplaatst. De aanzuiging van lucht boven het doek gaat aan als het scherm voor 99% gesloten is en regelt in het traject voor vochtdeficiet van de kaslucht van 1.8 g/m³ naar 1 g/m³ tussen uit en volvermogen.

2.1.2 Scherminstallaties

De kassen zijn uitgerust met 3 schermdoeken op twee dradenbedden.

2 schermen op het bovenste draden bed:

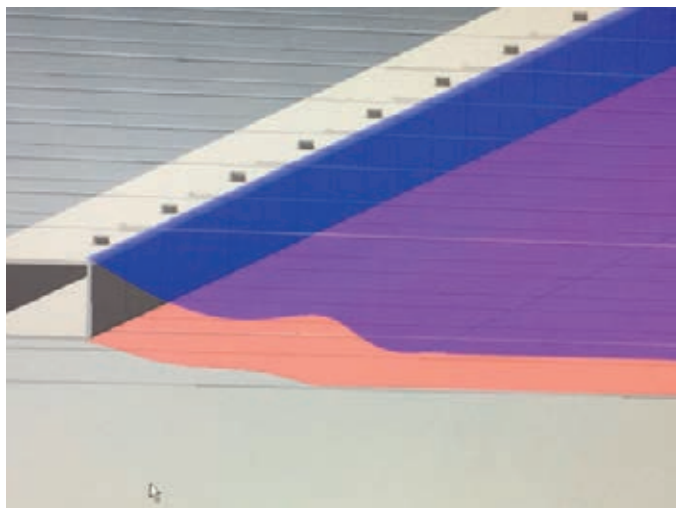
- Een energiescherm, Luxous 1347 FR - energie besparing 47%, lichttransmissie 87% voor loodrecht invallend licht en 80% voor diffuus licht.
- Een diffuus zonnescherm, Harmony 3315 O FR – energiebesparing 15%, lichttransmissie 60% voor loodrecht invallend licht en 54% voor diffuus licht.

1 scherm op het onderste draden bed:

- Een verduistering scherm, Obscura 10070 FR WB+BW – energiebesparing 70%, lichttransmissie <0,1%.

2.1.2.1 Verduisteringsdoek met spouw

Het verduisteringsdoek bestaat uit twee doeken op elkaar (WB + BW); door de firma Peter Dekker Installaties (PDI) zijn beide doeken uit elkaar getrokken waarna een doek met een luchtspouw in alle drie de kassen is ontstaan, (zie Figuur 3) teneinde een groter isolatievermogen van de kastemperatuur te realiseren met één reeds bestaande dubbel doek.



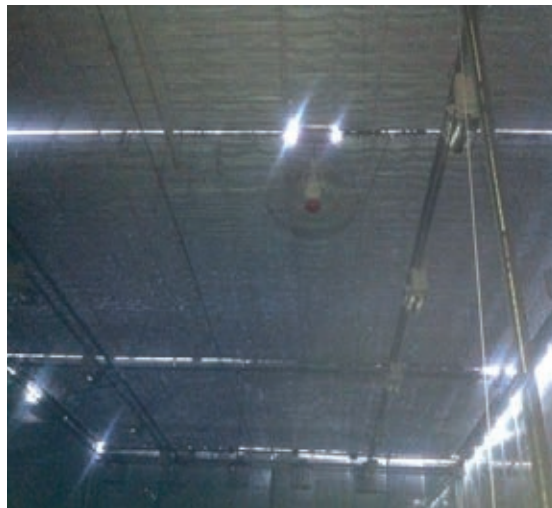
Figuur 3 Uitvoering verduisteringsdoek als spouw doek.

Uitgangspunt is dat 's nachts het doek dicht ligt, tenzij de temperatuur onder de doeken zodanig oploopt, dat het zonder koeling het realiseren van de gewenste nachttemperatuur /etmaaltemperatuur onmogelijk wordt. Op dat moment wordt een kier toegestaan van 1-3% in het verduisteringsdoek met spouw.

Dit is het eerste keer dat in onderzoek of praktijk een doek met een dergelijke spouw is uitgevoerd (NB.: in de loop van dit project zijn al twee andere gevolgd, één in een proef met paprika en één op een praktijkbedrijf met Chrysant).

2.1.2.1.1 Lichtdoorlatendheid verduisteringsdoek

Om er zeker van te zijn dat de verduisteringscapaciteit van het doek niet aangetast wordt door het uit elkaar trekken van beide doeken, zijn er op verzoek van verschillende telersgroepen door de leverancier van de schermdoeken (Ludvig Svenson) transmissiemetingen uitgevoerd, zie Figuur 4.



Figuur 4 Uitvoering transmissiemetingen onder verduisteringsdoeken. Linksboven, een PAR meter wordt boven het spouwscherm geplaatst; rechtsboven, een PAR meter wordt in de kas onder de doeken geplaatst; onder, het scherm wordt gesloten, waarna gedurende enkele minuten het licht gemeten wordt en berekend kan worden hoeveel licht er in de kas komt onder de doeken.

2.1.2.1.2 Spectrum van door het doek doorgelaten licht

Ondanks de lage lichtdoorlatendheid, bestond er nog enige ongerustheid onder telers. Er kon immers buiten het PAR-gebied van het lightspectrum, toch nog mogelijk wat straling door het doek komen.

Op verzoek van de BCO is daarom op 21 maart overdag onder het gesloten schermdoek het spectrum van het doorkomend licht gemeten met een Jetti Spectroradiometer (Specbos 1211UV) (Figuur 5) met een golflengte bereik van 230-1000 nm. Er zijn een aantal metingen gedaan onder gesloten doek in de drie compartimenten waar de proef is ondergebracht. Ten tijde van de metingen was het half bewolkt, en tijdens de metingen was er directe straling op de compartimenten. Vlak na de metingen binnen zijn ook metingen buiten gedaan. Er is geen referentie (vergelijkbaar verduisteringsdoek die niet uit elkaar is getrokken t.b.v. een spouw), en er is ook niet gelijktijdig boven en onder het doek gemeten, dus er is geen absolute transmissie gemeten.



Figuur 5 Installatie Jeti Spectroradiometer voor het bepalen van het spectrum onder het gesloten spouwdoek.

2.2 Plantmateriaal

Gerbera planten van vier rassen (twee grootbloemige rassen, Pre Semmy, Rich; twee germini's t.w. Whisper en Suri, zie Figuur 6) uit het voorgaand onderzoek en dus een jaar oud, zijn herverdeeld over de drie kassen en hergebruikt, om met een volgroeid gewas te kunnen telen voor dit onderzoek. Om aan te vullen voor ontbrekende planten is een tweejarig gewas Bison uit de praktijk gehaald (Figuur 7). Deze vulplanten zijn door de telers steeds visueel beoordeeld tijdens de BCO bezoeken, maar werden niet waargenomen voor productie of kwaliteitsbeoordelingen.

De planten zijn op een gerbera pottenteeltsysteem geplaatst. Een rek met gaten waar de potten precies in passen houdt de potten op teeltgoten zonder dat de potten de bodem raken zodat ze vrijuit kunnen draineren (Figuur 8). De potten zijn gevuld met kokos substraat en geplaatst op een dichtheid van 6 planten/m².



Figuur 6 De vier hoofdassen uit het onderzoek. Boven: de twee kleinbloemige rassen of germini's, links Suri, rechts Whisper. Onder: de twee grootbloemige rassen, links Pre Semmy; rechts Rich.



Figuur 7 Planten Bison uit een praktijkbedrijf direct na het plaatsen in de kas.

2.3 Voeding en watergift

De planten krijgen water en nutriënten via een druppel systeem (per plant één druppelaar). Voor alle rassen en de drie kassen wordt hetzelfde basis voedingsschema gehanteerd (Tabel 1). Elke 2 weken wordt een monster van de drain genomen. Op basis van de uitslagen van deze monsters wordt de voedingsoplossing indien nodig bijgesteld.

Tabel 1

Voedingsschema.

pH	EC	hoofdelementen	NH ₄	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	P
5.7	2.5	(mmol/l)	0.20	6.9	5.6	2.2	16.7	3.0	2.1	1.7
		Spore-elementen	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo		
		(μmol/l)	35	5	8.0	20	2	1.3		

De planten krijgen dagelijks minimaal 4 beurten van 100 cc per plant, tussen 7:30 en 11 uur. Met toenemende natuurlijke straling konden er een aantal beurten op instraling worden gegeven tot maximaal 17 uur 's middags. Het overtollige water (drain) bedraagt minimaal 50 en maximaal 70% van de gift.



Figuur 8 Gebruikte gerbera teeltsysteem van potdragers op teeltgoot.

2.4 Klimaatbehandelingen

De planten waren in het voorjaar van 2015 verlengd opgekweekt en waren een jaar in drie afdelingen geteeld t.b.v. een eerdere proef. Daarbij was in iedere afdeling een andere klimaatbehandeling toegepast. Door herschikking van de planten over de drie afdelingen en door de eerste weken gelijk te telen is de historie van de planten afgevlakt.

Daarna is per kas een andere behandeling toegepast voor daglengte en temperatuurstrategie. Deze behandelingen zijn in Tabel 2 weergegeven, en worden hieronder uitgebreid toegelicht.

2.4.1 Daglengte

In de periode van de start van de proef op 1 juli tot 29 september is een daglengte van 11.5 uur aangehouden. Van 5 september tot 12 september is er een langere daglengte geweest door een verkeerde instelling van de doeken.

In afdeling 802 – referentie- is de daglengte niet gewijzigd gedurende de hele winter, 11.5 uur blijft gehandhaafd.

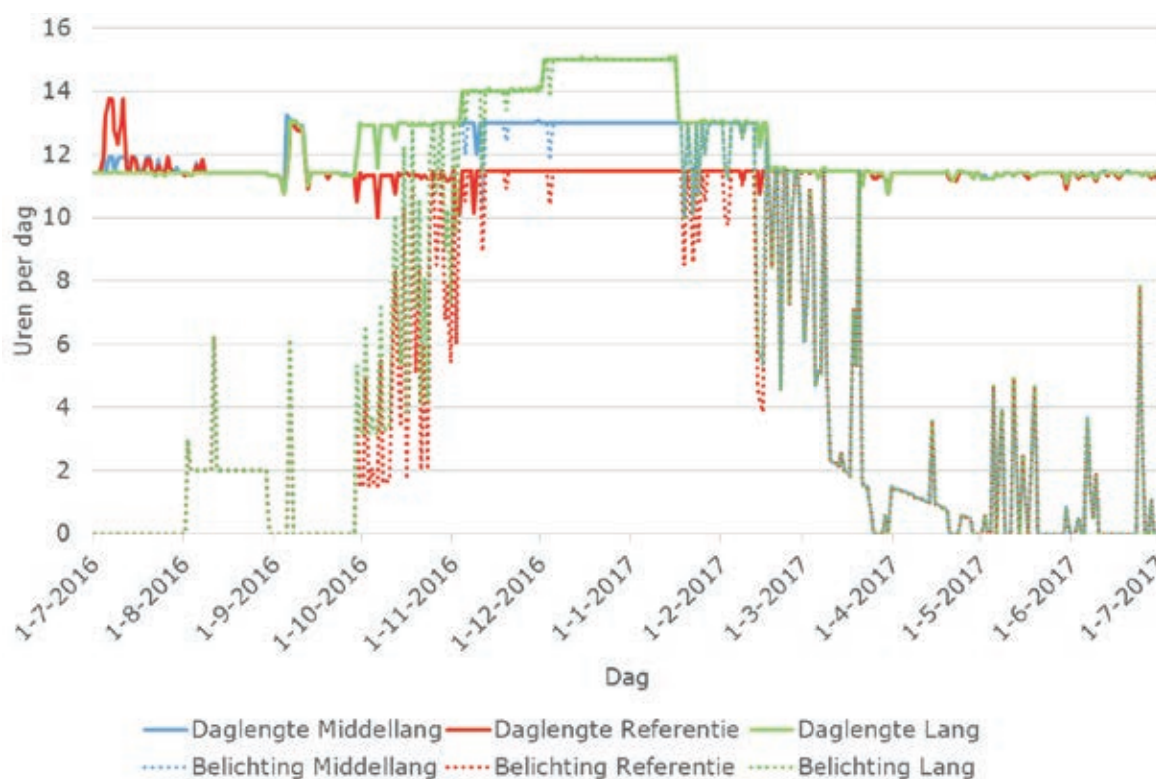
Vanaf 29 september is de daglengte in de afdelingen 801 – middellange dag- en 803 lange dag verlengd naar 13 uur. De verlenging werd bereikt door in de avond langer te belichten.

In afdeling 801 – middellange dag - bleef een daglengte van 13 gedurende de hele winter gehandhaafd.

In afdeling 803 - lange dag- werd de daglengte op 4 november verlengd naar 14 uur en op 2 december nog verder verlengd naar 15 uur. Op 17 januari is de daglengte weer verkort naar 13 uur.

Vanaf 17 februari, als de natuurlijke daglengte boven de 11.5 uur komt, is de daglengte in beide kassen met dag verlenging teruggebracht naar 11.5 uur om de verschillen in PAR-som te minimaliseren en het ongewenste effect van een langere dag met oplopende etmaaltemperaturen (vegetatief gewas) te voorkomen.

In Figuur 9 is het verloop van de daglengte en de uren belichting weergegeven.



Figuur 9 Daglengte in uren van de drie behandelingen Referentie, middellang en lang, gedurende de duur van het onderzoek, en het aantal uur dat er in de drie behandelingen met kunstlicht is belicht.

2.4.2 Temperatuur strategieën

De streeftemperaturen worden aan de hand van de daglichtsom bepaald. De strategie is een temperatuur die koel blijft bij lage lichtintensiteit en hoger mag worden bij hoge instraling, afhankelijk van het licht. De hogere temperatuur wordt, conform een energiezuinige teeltmethode, vooral overdag door de zon realiseren, d.w.z. zoveel mogelijk ramen dicht houden overdag zodat voldoende hoog CO₂ beschikbaar is en hoog vocht zodat deze kan worden opgenomen.

Voor de realisatie van de etmaaltemperatuur bij de afdelingen is gebruik gemaakt van speciaal voor dit doel in de eerste maanden van dit project door Hoogendoorn BV ontwikkelde software. De software bepaalt de etmaaltemperatuur die hoort bij de gerealiseerde stralingssom en stuurt de nacht temperatuur zo dat deze etmaaltemperatuur van begin dag tot begin dag zo goed mogelijk wordt gerealiseerd.

De streeftemperaturen ten opzichte van het lichtsom bij de drie behandelingen worden in Figuur 10 weergegeven en hieronder uitgelegd.

2.4.2.1 Praktijk, (referentie) kas 802

Voor de temperatuur/ licht verhouding wordt een relatie aangehouden volgens de vergelijking

$y = 0.347x + 14.068$, waarbij y = etmaal temperatuur en x = PAR-som dag.

Deze verhouding wordt in de praktijk vrij algemeen gehanteerd, en is in de loop van de afgelopen jaren ontwikkeld door de voorlichters van de Flori Consult Group en wordt aan telers aangeboden in de vorm van een tabel die de etmaaltemperatuur weergeeft aan de hand van de week som aan PAR licht in de kas (Bijlage 3).

Etmaal temperatuur is hierbij de gemiddelde kastemperatuur van begin dag(belichting aan) tot begin dag¹.

Bij deze strategie wordt met het verduisteringsdoek in de natuurlijke nacht zo nodig nog gekierd om de gewenste etmaal temperatuur te realiseren. Temperatuur is enigszins met het licht mee stijgend, en wordt uitgevoerd bij daglengte 11.5 uur.

2.4.2.2 Lichtafhankelijk telen, kassen 801 en 803

Een iets steilere verhouding tussen lichtsom en temperatuursom wordt aangehouden in de twee afdelingen met een langere dag strategie. De vergelijking hiervoor is:

$y=0.5x +13$, waarbij y = etmaal temperatuur en x = PAR-som dag.

Ook bij deze strategie is een kleine kier in het verduisteringsdoek in de natuurlijke nacht toegestaan om de gewenste etmaal temperatuur te realiseren.

Deze strategie wordt uitgevoerd bij een verlengde dag in de winter (tot maximaal 13 uur in kas 801 en tot maximaal 15 uur in kas 803). Hierdoor ontstaat een verschil in daglichtsom dat een klein extra verschil in temperatuur teweegbrengt (hoger bij hogere daglichtsommen).

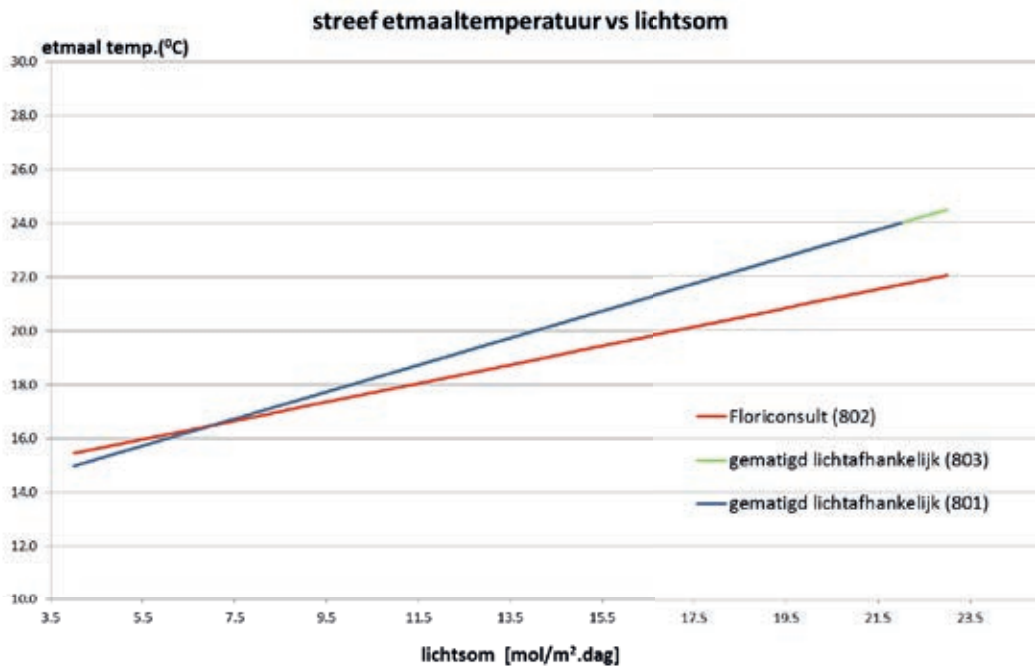
Tabel 2

Schematische weergave van de klimaat- en daglengte behandelingen.

Kas nr.	Behandeling	Intensiteit belichting	Daglengte	periode	Temperatuur strategie
802	Referentie praktijk (Flori Consult tabel)	100 μ mol	11.5 uur	jaarrond	lichtafhankelijk
801	Middellange dag in de winter	100 μ mol	11.5 uur 13 uur 11.5 uur	Tot oktober Half okt- half febr. na half februari	gematigd lichtafhankelijk
803	Lange dag in de winter	100 μ mol	11.5 uur 13 uur 14 uur 15 uur 13 uur 11.5 uur	Tot eind september oktober november december tot half jan tot half febr. Na half febr	gematigd lichtafhankelijk Door langere dag, hogere PAR som + hogere etmaal (winter)

De mogelijkheid is besproken de derde behandeling uit te voeren met een extra korte dag in het najaar (b.v. 10 uur). Dit met als doel de langere dag in te gaan met een compact gewas, met een lagere LAI, die goed de lange dag en de hogere temperaturen kan doorstaan. Echter, telers zijn van mening dat afgezien van het verlies aan PAR licht wat nadelig is, door de verduistering in het najaar met relatief warme nachten, de temperatuur te hoog kan oplopen en dit is ongewenst.

¹ Bij regelingen op etmaaltemperatuur is de periode die voor het etmaal wordt gekozen een belangrijk aandachtspunt. Dit kan verschillend worden ingesteld op klimaatcomputers. Een periode van middernacht tot middernacht geeft bij lichtsom afhankelijke regelingen andere verhoudingen als daarin de nacht voor de dag periode al wordt meegerekend, dan een periode van lichtaan tot lichtaan, waarbij alleen de volgende nacht wordt gebruikt.



Figuur 10 De streeftemperaturen ten opzichte van het lichtsom bij de drie behandelingen.

In de drie kassen wordt gestreefd naar een gezond en productief gewas van voldoende kwaliteit. Hiervoor wordt het klimaat optimaal afgestemd met een tweewekelijkse begeleidingsgroep. Een te lage etmaaltemperatuur wordt met name onder gesloten scherm gecompenseerd, zodat de energie-input hiervoor minimaal is. Er wordt geen minimumbuis meer ingezet maar wordt gestookt op basis van warmtebehoefte met uitzondering van noodgevallen. Bijvoorbeeld bij te hoog vochtgehalte doordat de ontvochtiging met buitenlucht i.v.m. buitenomstandigheden onvoldoende is.

2.5 Gewasbehandelingen t.b.v. verbeteren lichtonderschepping

In de drie kassen is in het najaar en winter bij één van de 4 rassen, de hoeveelheid blad aangepast (en met een tweede ras, in een van de kassen). Het doel was verbeteren van lichtonderschepping en verlagen verdamping en meer leren over het samenspel bladhoeveelheid (en leeftijd), verdamping en assimilatenbalans.

Dit is een lastige materie: Hoe krijg je een compact gewas dat toch veel produceert en weinig licht en warmte gebruikt?

De bladeren vanuit het centrum van de plant moeten steeds meer naar buiten gaan om de plek van oude en afgestorven planten in te nemen voor lichtonderschepping. Daarbij komt dan het hart van de plant als het ware steeds weer open en vult zich met jonge bladeren. Uiteindelijk sterven de oude bladeren als ze onderaan komen af en dat vormt dan de "gordijnen van oud blad" links en rechts van de potten. "Oud blad plukken" bij gerbera zou dat proces moeten nabootsen en versnellen.

2.5.1 Ervaringen LAI-onderhoud bij verschillende gewassen

Met andere gewassen is er wat ervaring met het verwijderen van blad van verschillende leeftijden om de LAI (=leaf area index als oppervlakte blad in relatie tot de grond oppervlakte) en daarmee de productie te sturen.

Bij tomaat is het verwijderen van oud blad onderdeel van het gewasonderhoud geworden, evenals het af en toe plukken van een jong blad om de assimilaten vraag en aanbod te sturen. Onderzoek is uitgevoerd bij tomaat (De Gelder *et al.* 2016) en komkommer (Elings, lopend) naar het aanpassen van de hoeveelheid blad aan de hoeveelheid licht, d.w.z., een lagere LAI in de winter en in de zomeromstandigheden. Enerzijds om de lichtonderschepping te vergroten, anderzijds om de dissimilatie te verlagen. Bovendien verlaagt een lagere LAI de transpiratie per m² en daarmee de voor ontvochtiging benodigde energie.

Ook in de sierteelt is ervaring opgedaan met bladplukken. In de productie van Anthurium als snijbloem, een gewas die zich kenmerkt door fytoeren groei (een eenheid bestaande uit één bloem en één blad), neemt de omvang van het gewas toe. Voorafgaande aan elke bloem, wordt er een blad gevormd. Onderhoud aan het gewas wordt gedaan door of oud blad te snijden (die ook verkoopbaar is als siergroen), of jonge bladeren te breken. Naar de effecten van beide snoeimethodes is onderzoek gedaan. Het snijden van te veel oud blad (Warmenhoven en García Victoria, 2005) heeft een sterk negatief effect op de productie, vermoedelijk door onvoldoende assimilatiecapaciteit voor groei; het snijden van te weinig oud blad, heeft een negatief effect op de kwaliteit (te omvangrijk gewas valt om en de bloemen groeien krom). Het verwijderen van het jonge blad versnelt de bloem uitgroei bij Anthurium (Dai en Paul, 1990) met tussen de -3 en de 8 dagen in Nederlandse omstandigheden afhankelijk van de cultivar (Slootweg *et al.* 2008), wat tot een hogere productie leidt (6.3 bloemen per plant per jaar in plaats van 5.8). De verklaring ligt in het feit dat bij dit gewas het jonge, onvolgroeide blad een negatieve fotosynthese heeft, dat wil zeggen, het is een sink in plaats van een source gedurende minimaal 14 dagen nadat deze uit de schacht is gekomen, en langzaam, naarmate het blad ouder wordt, neemt de fotosynthese geleidelijk toe. Maar het continu verwijderen van jonge bladeren leidt tot lage producties, wortelrot, meer kans op glazigheid van de bloemen en slechtere houdbaarheid (García Victoria, 2012).

2.5.2 Ervaringen LAI-onderhoud bij gerbera

Bij gerbera wordt de duur van de fotoperiode (daglengte) als instrument gebruikt om de LAI te beperken. Het verwijderen van jong blad wordt niet in de praktijk toegepast. Enerzijds zitten jonge bladeren te veel verspreid door de hele plant, waardoor het plukken mogelijk lastig is en tot suikerrot in het hart zou kunnen leiden. De bladeren aan de buitenkant zouden dan afgesneden moeten worden, maar juist dat is heel arbeidsintensief. Het open drukken van het hart zou mogelijk wel sneller moeten kunnen en mogelijk de oogst prestaties zelfs bevorderen.

De methodes van regelmatig, een keer per twee weken oud blad plukken, blad "maaïen" (d.w.z., ongeacht leeftijd van het blad, het blad aan het pad kant met een elektrische snoeischaar snoeien) en blad "uitspuiten" (onder druk het hart van de plant opendruwen voor meer licht in het midden) zijn in onderzoek vergeleken tussen 1996 en 2000 (Van Noort, 1999 en 2001) toen verduisteren nog niet standaard was in de gerbera teelt). Bij een ras met veel blad, Queen Victoria, was het maaïen en het uitspuiten negatief voor de productie, maar het regelmatig oud blad verwijderen gaf betrouwbaar meer productie dan geen onderhoud.

2.5.3 Toegepaste behandelingen in deze proef

Ondanks de bovenstaande argumenten, ligt de nadruk in de proef bij het plukken van jong blad want met meer licht in het hart zijn in de praktijk goede resultaten bereikt. Gekozen is om dit in alle klimaatbehandelingen (de drie kassen) te doen bij het ras Rich.

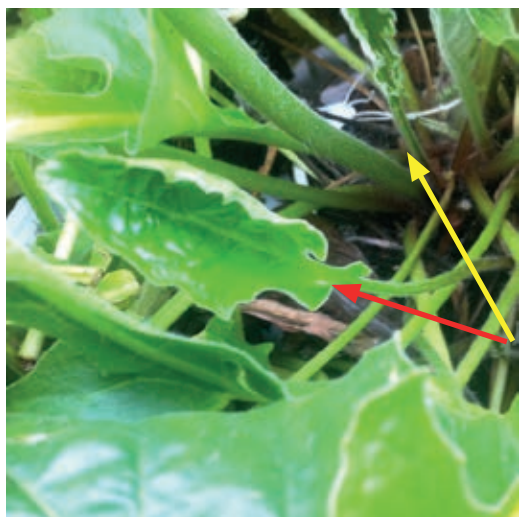
Jong blad is ook gebroken/verwijderd bij het ras Pre-Semmy in alleen de referentie kas (802).

Bij enkele planten (Rich) wordt ook oud blad geplukt.

Daarnaast zijn er enkele planten gevolgd (Rich, alleen referentiekas 802) waarbij het hart wekelijks open wordt gedrukt door het voorzichtig naar beneden duwen van de bladeren, ongeacht de leeftijd.

Tabel 3 laat zien de uitgevoerde gewasbehandelingen in relatie tot ras en klimaatbehandeling (kas of afdeling).

Onbekend is wat het ideale leeftijd van het blad is om te verwijderen, zodat de plant het minst erin moet investeren. In overleg is ervoor gekozen om bladeren weg te halen uit het hart van de plant die verkeren in het stadium van strekkend opgerold tot half uitgerold (beide stadia uitgebeeld in Figuur 11).



Figuur 11 ontwikkelstadium van het te verwijderen jonge blad: uitstrekkelijk opgerold (gele pijl) tot half uitgerold (rode pijl).

Verwijderen van het jonge blad is in overleg met de BCO uitgevoerd van begin oktober tot half januari.

Tabel 3

Gewasbehandelingen voor vergroten lichtonderschepping.

kas	Klimaatbehandeling	Gewasbehandeling
802	Praktijk (referentie)	Rich jong blad plukken
		Rich oud blad plukken
		Rich hart open duwen
		Pre- Semmy jong blad plukken
801	Lichtafhankelijk middellange dag winter	Rich jong blad plukken
803	Lichtafhankelijk lange dag winter	Rich jong blad plukken

2.6 Meetnet

De buitencondities worden gemonitord. Daarnaast worden in elke kas standaard metingen gedaan en gelogd zoals kastemperatuur, luchtvochtigheid, gehalte aan CO₂, en de lichtsom (door middel van een set van drie PAR meters per kas), watergiften (tijd en volume per beurt) en drain per 5 minuten. Raamstanden, schermdoek gebruik, aan- en uitschakeling van lampen, warmteafgifte en temperatuur van de buizen, CO₂ doseerflux en het gebruik van de VentilationJet worden eveneens per 5 minuten bijgehouden.

Het standaard meetnet is uitgebreid met een aantal niet-standaard metingen aan:

- Planttemperatuur, continu gemeten bij een soort in alle drie de afdelingen met IR-camera's.
- Een extra meetbox voor temperatuur, luchtvochtigheid (AV en RV) onder de nok.
- Voor metingen aan het met spouw uitgevoerde verduisteringsdoek zijn speciale temperatuurmeters. aangebracht aan beide doeken van de spouw (Figuur 12, rechts).
- Een netto straling meter is in een kas geplaatst (Figuur 12, links).



Figuur 12 Een netto stralingsmeter (foto links) is geplaatst in afdeling 802 om de stralingsverliezen door de bloem onder het met spouw uitgevoerde verduisteringsdoek te kunnen volgen. De temperatuur van beide lagen van het verduisteringsdoek wordt ook gemeten met twee Pt-100 voelers (foto rechts) door het doek gewoven.

2.7 Waarnemingen aan het gewas

Aan het gewas worden verschillende soorten waarnemingen gedaan om de effecten van de behandelingen te kunnen evalueren.

2.7.1 Productie en kwaliteit

Tweemaal per week worden de oogstrijpe bloemen geoogst. Geoogste bloemen uit een geselecteerde groep meetplanten worden geteld, gemeten, gewogen op volledige lengte en na afknippen op 50 cm (om lengte invloeden op het gewicht te kunnen uitsluiten) en de bloemdiameter wordt bepaald (Figuur 13). Bloemen die korter zijn dan 50 cm, bloemen met beschadigingen of vervormingen worden als onverkoopbaar beschouwd en dit aantal is apart bijgehouden.



Figuur 13 Productie en kwaliteitsmetingen bij de geoogste bloemen.

2.7.2 Uitgroeiduur en plantbelasting

Eén keer per week worden detailmetingen gedaan bij 6 planten (1 m^2) per behandeling (2 planten met drie positie-herhalingen, Figuur 14):

- Uitgroeiduur, gedefinieerd als de tijd vanaf het moment dat een knop groter is dan 2 cm tot het moment van oogsten. Hiertoe worden in de meetplanten knoppen gelabeld bij een lengte van 2 cm, en bij oogsten wordt de label datum en oogstdatum genoteerd.
- Plantbelasting, gedefinieerd als het aantal bloemen en knoppen groter dan 1 cm op een plant en op één vierkante meter.

Ook zijn er enkele bladeren gelabeld om een indicatie te krijgen van de ontwikkelduur van het blad, vanaf dat het blad ongeveer 1 cm steel lengte heeft en er een label om kan worden gehangen, totdat deze als volgroeid beschouwd kon worden.



Figuur 14 Detailmetingen, links: gelabelde bloemen voor het volgen van de uitgroei duur; midden: gemerkte planten voor het volgen van de plantbelasting; rechts: gelabeld blad voor een indicatie van de ontwikkelduur.

2.7.3 Destructieve gewaswaarnemingen

Bij de start en einde van de proef en in de maanden november, december, januari, februari en maart, zijn sloopwaarnemingen uitgevoerd. Hiertoe zijn 3 representatieve planten per ras per kas uit de kas gehaald en deze zijn destructief gemeten. Geteld is het aantal bladeren, de bladlengte van de langste 5 bladeren, het bladgewicht (vers en na drogen bij 80°C), de oppervlakte van het blad, het aantal bloemen per plant en het bloemgewicht (vers en droog).

Bij de waarnemingen in januari viel het op dat er veel dood blad aan de randen van de pot hing, de door telers genoemde "rokjes" of "gordijnen". Er is een poging gedaan deze te kwantificeren door het totaal vers en droog gewicht van het dode blad te bepalen, en het als droge stof te relateren aan het op dat moment droge stof gewicht aan levend blad.

2.7.4 Houdbaarheid

Eens per 2 maanden worden 10 bloemen per ras per kas uit de oogst apart gehouden. Deze bloemen worden naar een uitbloeiruimte gebracht en direct in individuele vazen met water met daarin 5 ppm chloor geplaatst voor het volgen van de bloemen na de oogst (Figuur 15).



Figuur 15 Bloemen in individuele vazen voor houdbaarheidsonderzoek.

De houdbaarheid of vaasleven wordt gedefinieerd als: het aantal dagen tussen plaatsing van de bloem in de uitbloeiruimte (dag 0) tot het moment dat ze worden afgeschreven. De bloemen worden afgeschreven als ze zodanig slap, verwelkt of uitgebloeid zijn, of andere afwijkingen vertonen (b.v. krimp, bloemverkleuring, Botrytis-rot, knikkende stelen) dat de gemiddelde consument ze niet langer in de vaas zou laten staan.

De heersende condities in de onderzoeksruijnte zijn volgens internationale voorschriften ingesteld: 20°C, 60% RV, 12h licht per dag bij 14 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$ (Reid en Kofranek, 1981).

2.7.5 Fotosynthese

Op drie momenten gedurende het onderzoek (begin oktober, begin januari en begin april) zijn fotosynthese metingen uitgevoerd bij één ras (Rich) en één klimaatbehandeling (referentie afdeling 802). De metingen zijn bedoeld om de bijdrage aan de fotosynthese van bladeren van verschillende leeftijd te bepalen. Hiertoe zijn bladeren in de plant geselecteerd op geschatte leeftijd. De leeftijd schatting is gedaan op basis van visuele kenmerken zoals positie in de plant, grootte, hardheid en kleur.

De metingen zijn per meetmoment aan drie planten en vier geschatte leeftijden gedaan: zeer jong, jong, volgroeid, oud. (Figuur 16)



Figuur 16 Geschatte blad leeftijd voor fotosynthese bepaling. Boven links zeer jong, boven rechts jong, onder links volgroeid, onder rechts oud blad.

2.7.6 Donker ademhaling (gedurende de nacht)

Ook met de Li-Cor zijn metingen gedaan aan de nacht ademhaling of respiratie van planten onder verschillende temperaturen. De termen "ademhaling" en "respiratie" duiden bij planten een ander proces dan bij mensen of dieren: gedurende de nacht geven de planten CO_2 aan de lucht af omdat er suikers worden gebruikt in de groeiprocessen; er wordt geen O_2 opgenomen.

De metingen zijn gedaan om naast data van de assimilaten aanmaak, ook een indruk te krijgen van de mate waarin gerbera planten gedurende de nacht assimilaten gebruiken, en de mate waarin dit beïnvloed wordt door de temperatuur. Het is een invulling van technische doelstelling 4 (zie 1.3.1): *"Meer kennis opdoen over de bijdrage van het blad (jong blad/ oud blad) aan lichtonderschepping, verdamping en aan het samenspel tussen licht, temperatuur en aanmaak en verbruik van assimilaten op de plantbalans"*.

Voor deze metingen zijn planten van de cultivar Rich tegen het einde van de proef uit de referentiekas 802 gehaald en in klimaatkamers geplaatst bij drie verschillende temperaturen. Vervolgens is er gedurende een nacht (periode van licht uit, van 19 uur tot 7 uur 's ochtends) respiratie gemeten op blad niveau aan een volgroeid blad met de Li-Cor. In de bladkamer werd er met 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ licht (rood-blauw) belicht en 500 $\mu\text{mol}/\text{mol CO}_2$ gedoseerd tot 18:30; daarna werd de lichtbron uitgeschakeld en het blad blootgesteld aan het donker.

2.7.7 Monitoring gewasgezondheid

Ziekten en plagen worden wekelijks gemonitord en bestreden wordt praktijkconform zo veel mogelijk biologisch. Indien de plaagdruk op het gewas te hoog wordt, kan er chemisch worden gecorrigeerd.

De vliegende insectendruk (trips en witte vlieg) wordt door middel van vangplaten die wekelijks vervangen en geteld worden bijgehouden. Eens per week worden tevens planten gescout. Hiertoe worden 100 bladeren per kas per week in detail bekeken.

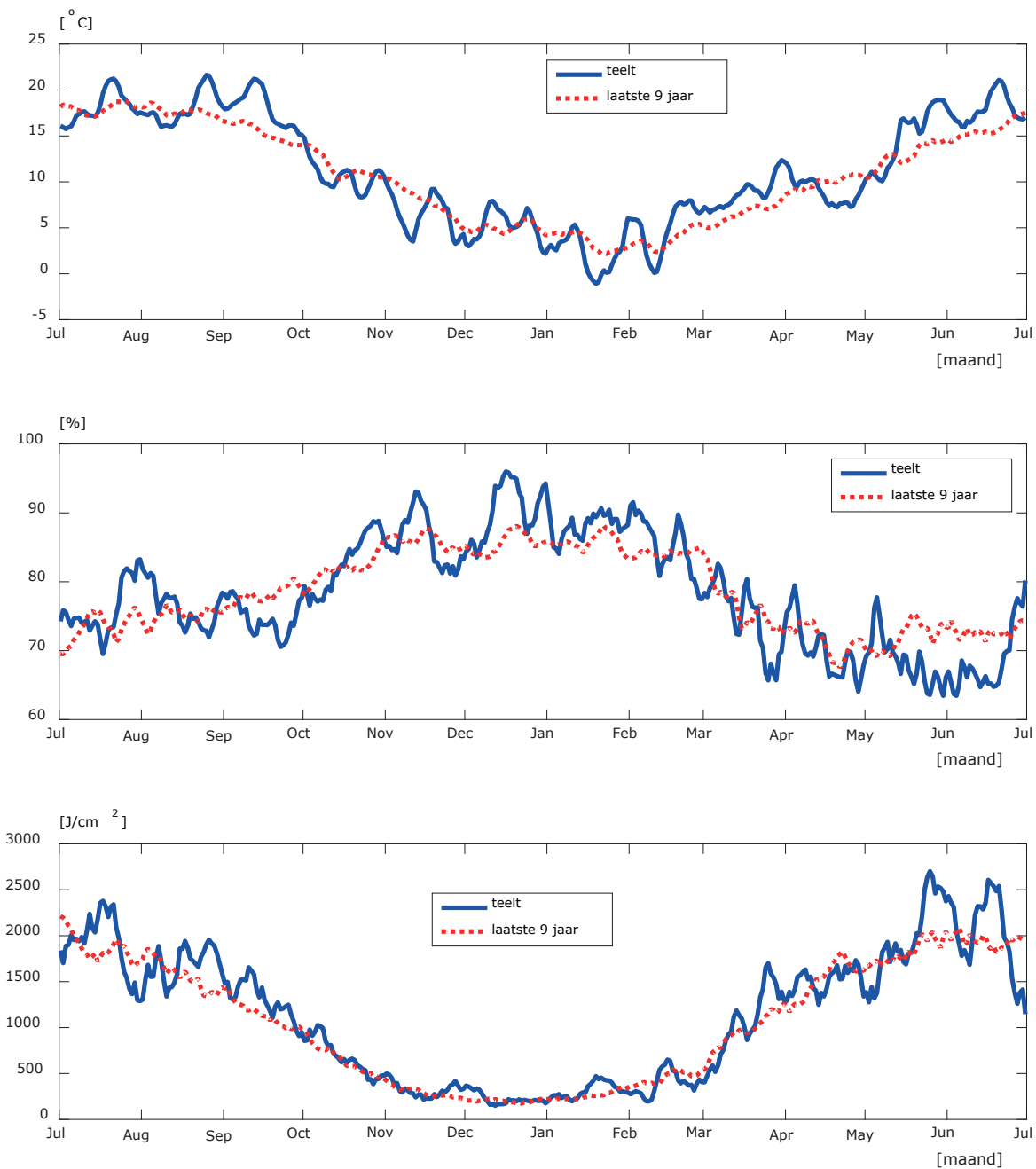
Echte meeldauw is naast bespuitingen op sommige momenten in het jaar met behulp van zwavel (zwavelverdamper) bestreden. De verdamper werden aangezet gedurende maximaal 3 nachten per week en maximaal 3 uur per nacht.

3 Resultaten

3.1 Klimaat

3.1.1 Buitencondities

De buitencondities zijn de basis voor de mogelijkheden om het gewenste binnenklimaat te realiseren. In Figuur 17 wordt per etmaal de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en stralingssom getoond.

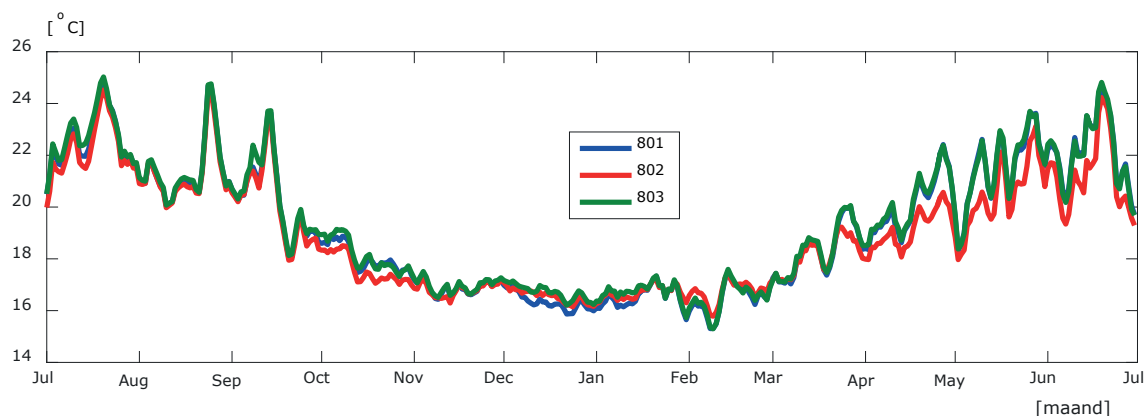


Figuur 17 De temperatuur en relatieve luchtigheid van de buitenlucht en de stralingssom gedurende de teelt en gemiddeld over de laatste 9 jaren.

De stralingssom in de winter is vrij dicht op het meerjarige gemiddelde. In voorjaar tot en met herfst is daarin meer fluctuatie. In maart was het ten opzichte van het langjarig gemiddelde iets warmer. Dit maakt het in die periode lastiger om lage etmaal temperaturen te realiseren.

3.1.2 Gerealiseerde etmaal temperatuur

De etmaal temperatuur (Figuur 18) verschilde tussen de afdelingen in herfst en winter niet veel. In het voorjaar zijn grotere verschillen gerealiseerd, waarbij de meer lichtafhankelijke regeling in de afdelingen 8.01 en 8.03 leidde tot een duidelijk hogere etmaal temperatuur.



Figuur 18 De gerealiseerde etmaaltemperatuur voor de drie afdelingen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

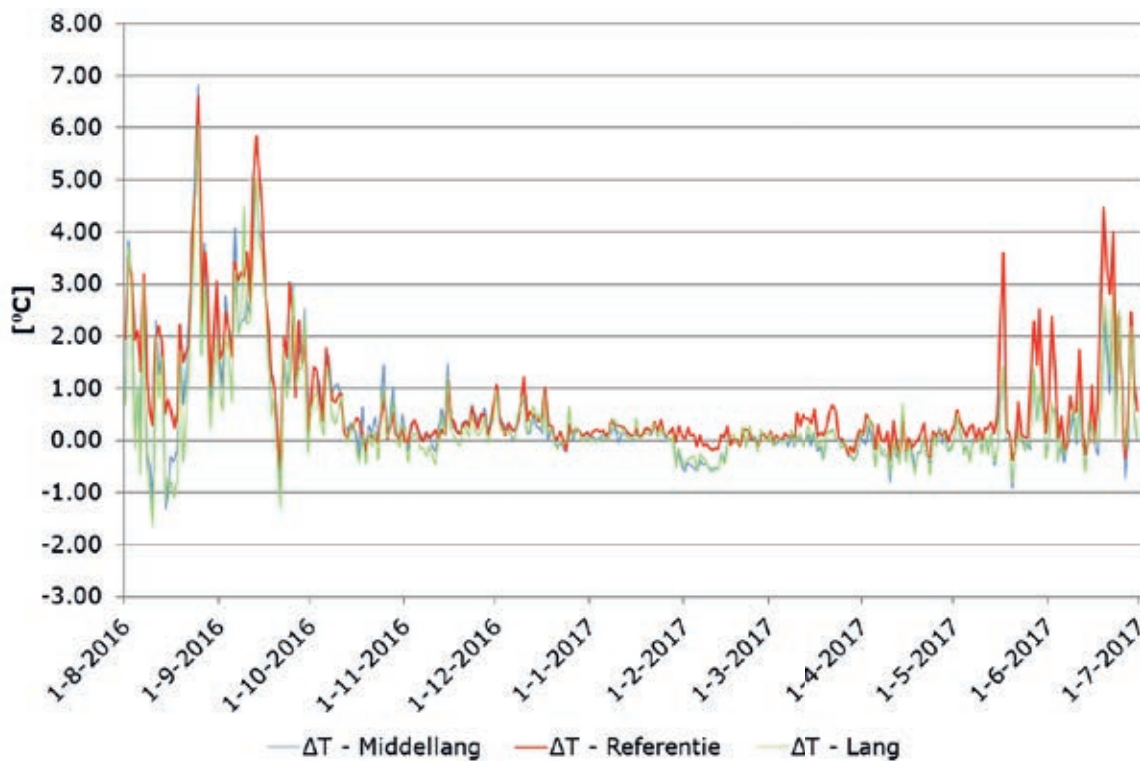
3.1.2.1 Etmaaltemperatuursturing op basis van gerealiseerde lichtsom

In 2.4.2 is beschreven hoe naar een gewenste etmaaltemperatuur in relatie tot een gerealiseerde lichtsom zou worden gestuurd. Daarbij is de gedachte dat een hogere temperatuur bij een hogere lichtsom gunstig is voor de ontwikkelingssnelheid en zo de plantbelasting uitgedrukt in aantal bloemen per plant zal afnemen wat de stuurbaarheid van het gewas ten goede komt en ook gunstig is voor het handhaven van een voldoende vochtdeficiet voor de plant om te verdampen. In Figuur 20 is de realisatie van de gewenste temperatuur versus de behaalde lichtsom voor de drie behandelingen te zien, en de trendlijnen voor alle behandelingen. In de grafiek is tevens te zien dat voor de periode november tot en met april, de trend van de gerealiseerde temperatuur helemaal niet afwijkt van de gewenste temperatuur voor kas 802 (praktijk). Er is een zeer kleine afwijking tussen de gewenste temperatuur voor de kassen 801 en 803 (middellange dag en lange dag afdelingen) en de realisatie trendlijn, maar dit gaat om 1-2 tiende graad voor een PAR-som van 20 Mol.

In Figuur 19 wordt getoond voor elke behandeling de afwijking tussen de gewenste en de gerealiseerde temperatuur in de tijd. Het sturen op de gewenste etmaal temperatuur kon effectief vanaf 1 november. Eerder was de software niet voldoende ontwikkeld om dit automatische te doen. Daarna is tot 13 mei de streeflijn per afdeling redelijk gevolgd. Daarna werd het relatief te warm in de afdelingen door de hoge dag temperaturen, die in de nacht onvoldoende gecompenseerd konden worden.

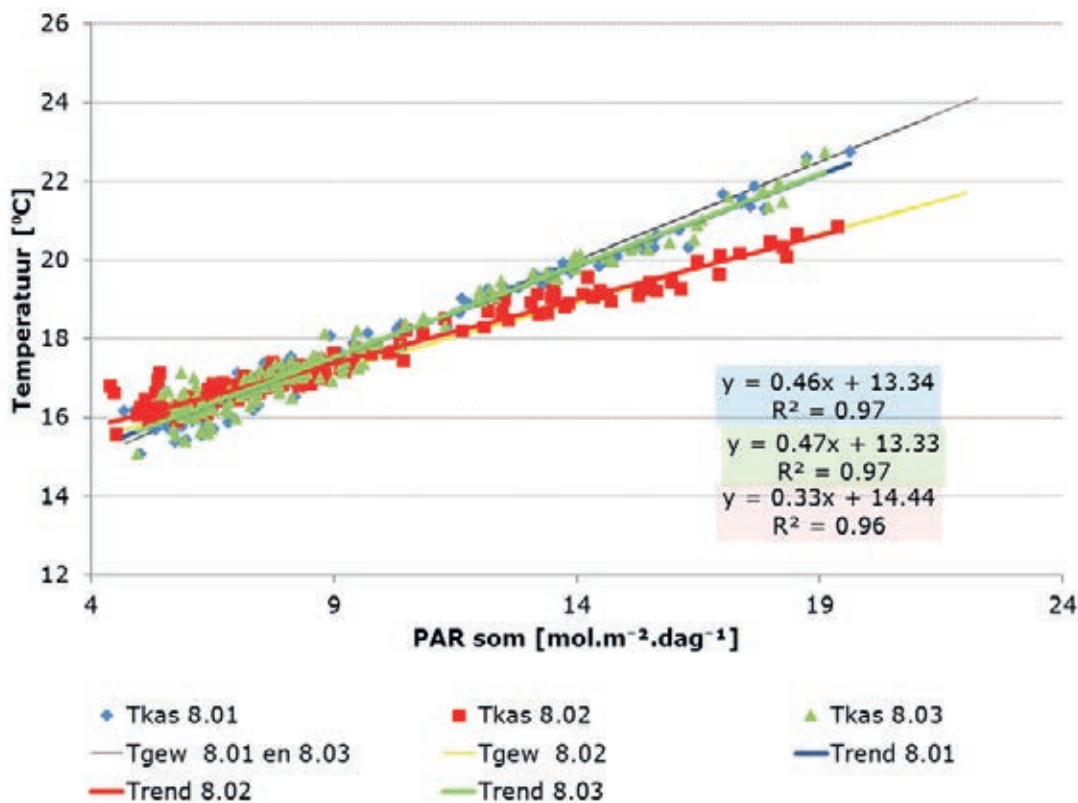
Voor november en na half mei blijkt de realisatie ook verstoord doordat de dag kunstmatig wordt ingekort door middel van verduistering. Daar hield de regeling geen of onvoldoende rekening mee bij het bepalen van de verwachte daglichtsom.

Van 31 januari tot 13 februari is de sturing in de twee afdelingen die meer lichtafhankelijk geteeld zouden worden niet goed gegaan door een gewijzigde instelling van het etmaal op de ISII ten behoeve van een ander experiment. Dit is na het opsporen van deze afwijkende instelling aangepast.



Figuur 19 Verschil gewenste- gerealiseerde etmaal temperatuur per behandeling.

Voor de periode 1 november tot 1 mei zijn de gewenste temperaturen redelijk goed gerealiseerd. Wel is bij de gematigd lichtafhankelijke sturingen de basistemperatuur die vooral in de winter moet worden bereikt te hoog geweest – 13.4°C in plaats van 13°C-. Het lukte blijkbaar niet voldoende om de temperatuur te laten dalen tot op de gewenste etmaal temperatuur. De lijn van het verschil tussen gerealiseerd en gewenst is vrijwel steeds iets boven 0°C. Een verschil van 0.5°C is bij de lage gewenste temperaturen dan al een relatief grote afwijking. In de zomer lukt het niet om de gewenste etmaal temperatuur te realiseren. Dan is het gegeven de lichtsom al snel te warm.

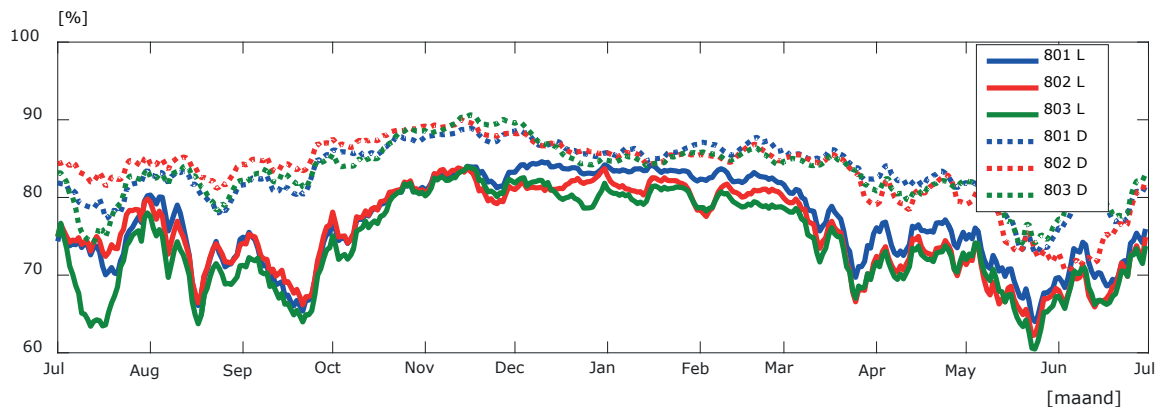


Figuur 20 Gerealiseerde temperaturen tegen de gerealiseerde PAR som over de periode 1 november 2016-30 april 2017 en de trendlijnen van de realisatie. Behandelingen 8.01 = middellange dag; 8.02 = praktijk; 8.03 = lange dag. Tgew staat voor de lijn van de gewenste verhoudingen.

3.1.3 Vocht in de kas

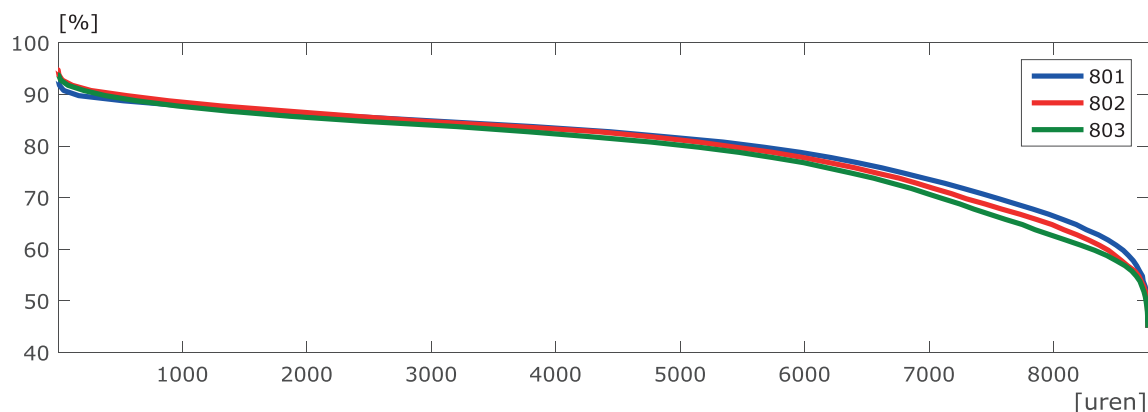
De luchtvochtigheid in de kas is van belang. Te hoge RV in de nacht wordt nog altijd gezien als een verhogende factor voor de kans op schimmelgroei. Overdag is juist zaak om voldoende vocht in de kas te houden voor het open houden van de huidmondjes.

In de proefafdelingen is de RV steeds goed beheersbaar gebleven (Figuur 21) en verschilt weinig tussen de afdelingen (Figuur 22). Rond begin september is het verschil in absoluut vocht tussen de kaslucht en de buitenlucht vooral in de nacht heel klein (Figuur 23) dan is het moeilijk om voldoende vocht via ventilatie af te voeren. Terwijl de temperatuur in die periode ook relatief hoog was (Figuur 17), zodat het nog verder verhogen van de kastemperatuur niet gewenst was (Figuur 19).

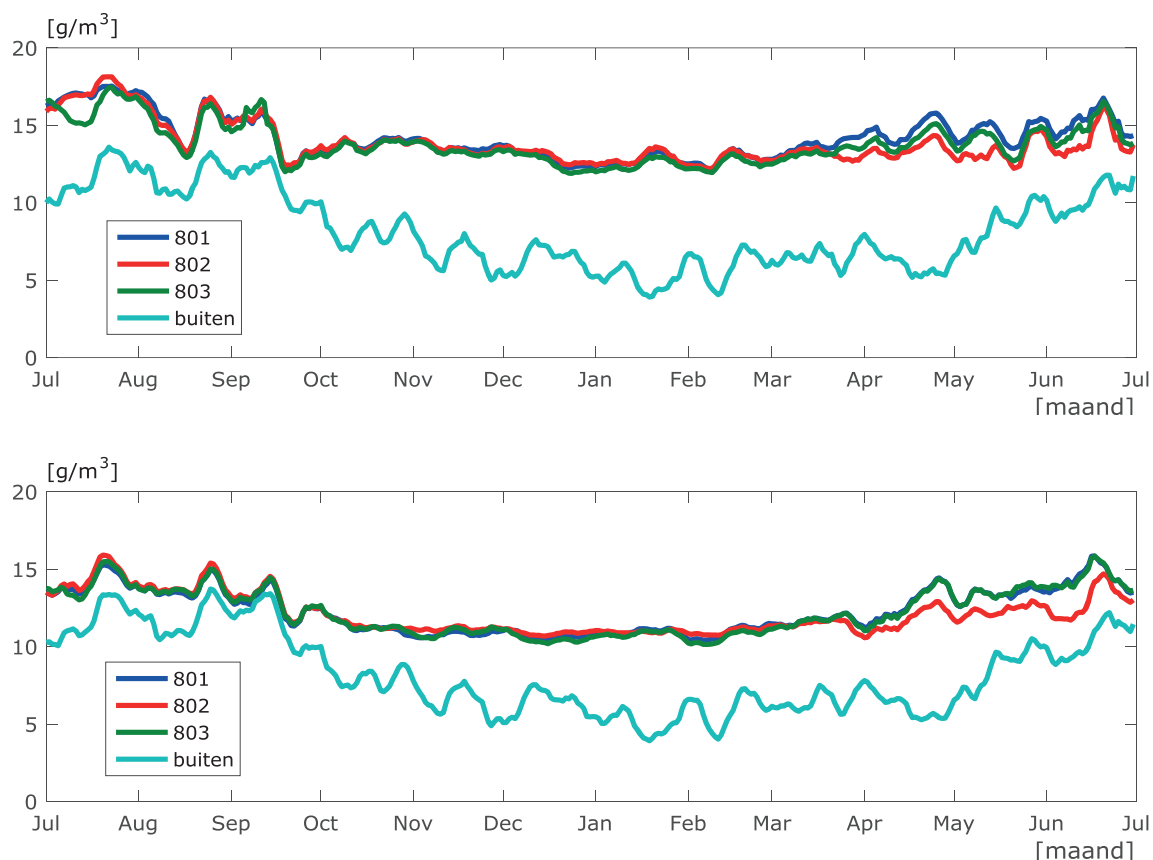


Figuur 21 De relatieve luchtvochtigheid in de lichtperiode (L) en in de donker periode (D) voor de drie behandelingen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

De in Figuur 21 getoonde gemiddelden zijn voor licht en donker periode apart; dat is bij gerbera iets anders dan zon op-zon onder periode omdat er verduisterd wordt.



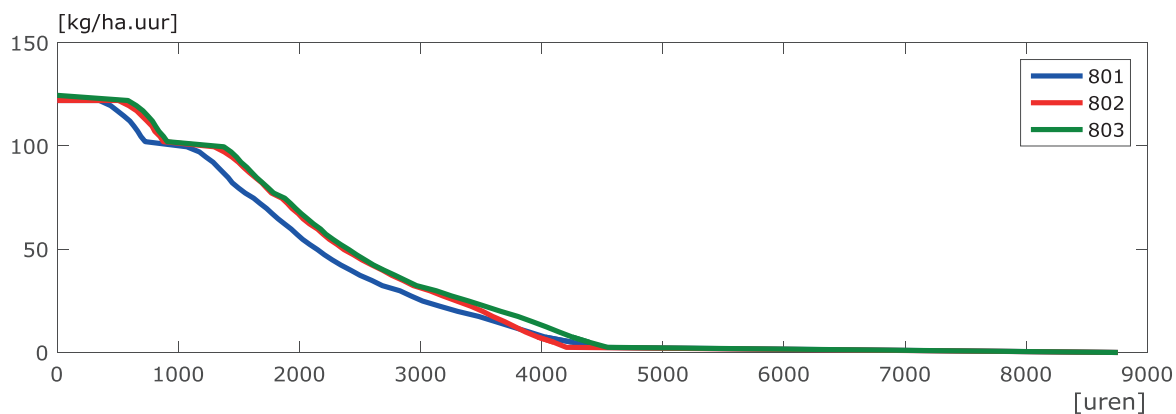
Figuur 22 De jaar belasting duur kromme van de relatieve luchtvochtigheid voor de drie behandelingen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.



Figuur 23 De absolute luchtvochtigheid buiten en in de drie afdelingen in de licht periode (boven) en donker periode (onder). Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.1.4 De CO₂ dosering

De CO₂ dosering (Figuur 24) is voor de drie afdeling redelijk vergelijkbaar geweest, maar bij afdeling 8.01 zijn minder uren vollast dosering gebruikt. In de winter is met lage doseercapaciteit (100 kg/ha) langer gedoseerd in de afdelingen die een langere dag hadden (8.01 een 8.03). Bij dag verlenging kan de behoefte aan CO₂ dus met een lage doseercapaciteit worden ingevuld.



Figuur 24 Jaarbelasting duur kromme van de CO₂ doseersnelheid. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.1.5 Energie gebruik

Voor het energiegebruik zijn het elektriciteit gebruik en het warmte gebruik belangrijk. Het gecumuleerd gebruik per afdeling over de looptijd van het onderzoek is in Tabel 4 weergegeven.

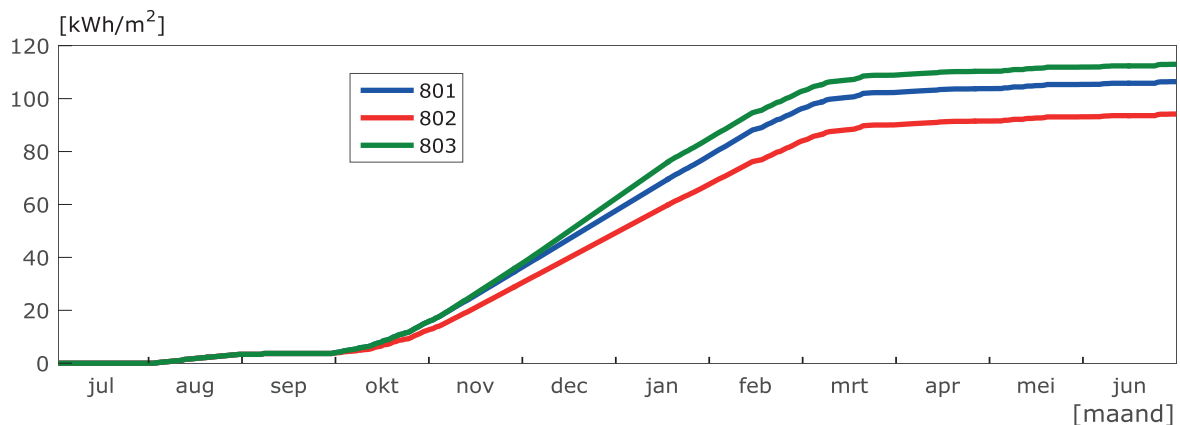
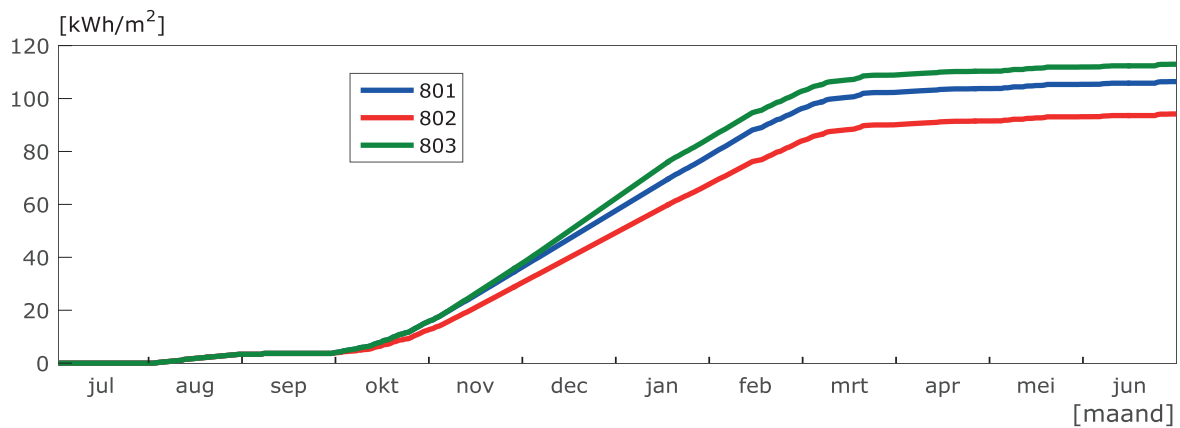
Tabel 4

Realisatie voor het gebruik van elektriciteit en warmte per behandeling, totaal en opgesplitst in drie periodes: tot 1 november, tussen 1 november en 1 mei, en na 1 mei.

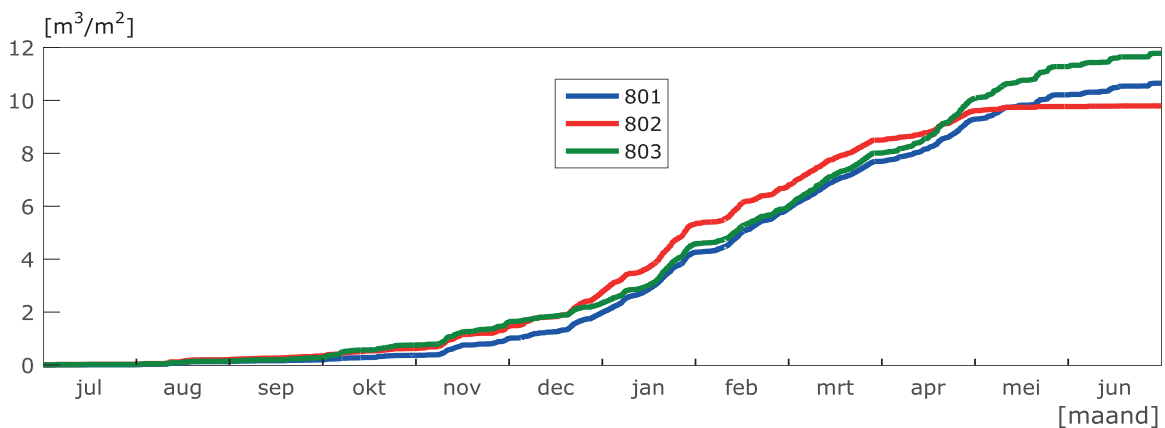
Kas / Behandeling		Elektriciteit [kWh/m ²]	Warmte [m ³ /m ²]
801 / middellange dag	Tot 1 november	16.4	0.4
	1 november – 1 mei	87.4	9.8
	Na 1 mei	2.6	1.5
	totaal	106.4	11.7
802 / praktijk	Tot 1 november	13.1	0.7
	1 november – 1 mei	78.5	9.9
	Na 1 mei	2.6	0.2
	totaal	94.2	10.8
803 / lange dag	Tot 1 november	16.4	0.8
	1 november – 1 mei	93.9	10.2
	Na 1 mei	2.6	1.9
	totaal	113.0	12.9

In Figuur 25 is het verloop van het cumulatieve elektriciteitsgebruik weergegeven.

Het elektriciteit gebruik voor belichting is gekoppeld aan de inzet van de lampen. Het warmtegebruik aan de gewenste temperatuur en hoe deze is gerealiseerd. De realisatie voor elektriciteit is voor de behandelingen door de verschillende daglengtes verschillend.



Figuur 25 Cumulatief verloop van het elektriciteitsgebruik van de lampen voor de 3 behandelingen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.



Figuur 26 Cumulatief verloop van het warmtegebruik van de 3 behandelingen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

Het verloop van de warmte gebruik van de drie behandelingen toont ook verschillen tussen de behandelingen zoals Figuur 26 laat zien. De getoonde waarden zijn gecorrigeerd voor invloeden van temperatuurverschillen tussen de afdelingen en voor het gevelverlies opgeschaald alsof het een kas van 4 ha betreft.

Tijdens het echte stookseizoen (december – maart) zijn de onderlinge verschillen tussen de behandelingen erg klein. In deze periode zijn ook vrijwel gelijke etmaaltemperaturen gerealiseerd zoals uit Figuur 18 is gebleken. Na half april is het warmtegebruik van 802 tot vrijwel nul afgenomen maar in deze periode is het setpoint verwarmen van afdeling 802 in de nacht gemiddeld ook een kleine graad lager.

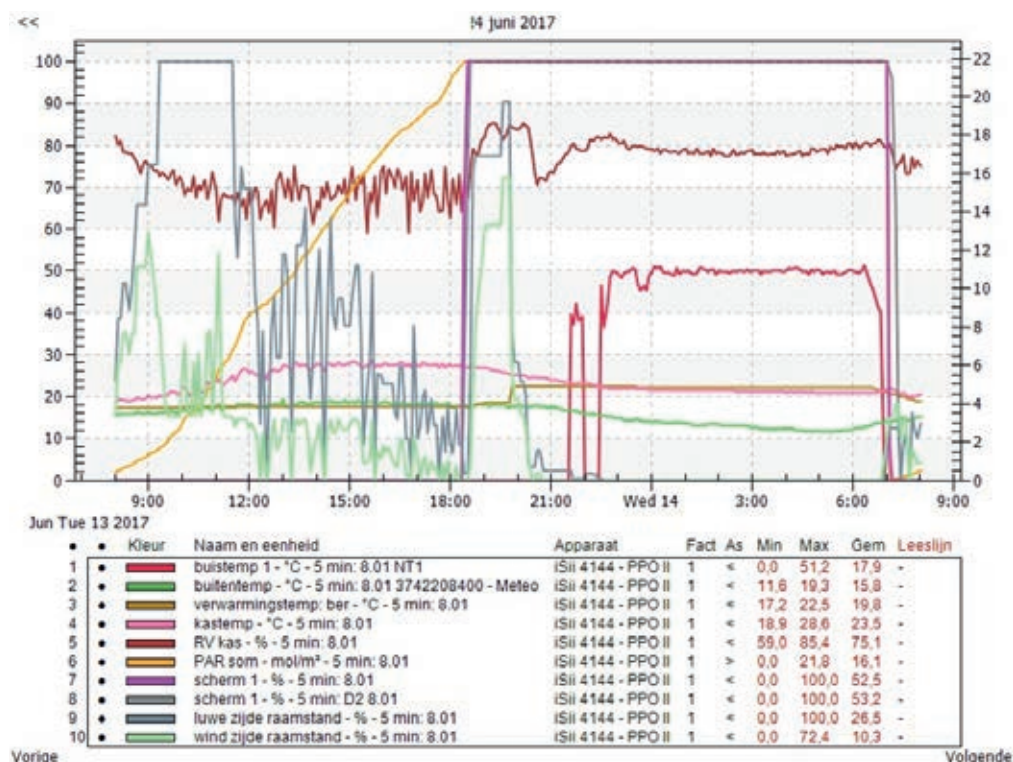
Figuur 25 en Figuur 26 laten ook zien dat er in het belichtingsseizoen enige uitwisseling is tussen het lagere elektriciteitsgebruik van 802 en een licht verhoogd warmtegebruik van deze behandeling.

Net als in het onderzoek 2015-2016 blijkt het sterk lichtafhankelijk sturen van de etmaal temperatuur in de lichtrijke periode energie te kosten.

Zo is er in mei en juni in de sterker lichtafhankelijke strategieën een paar $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ aan gas gebruikt voor verwarming. De vraag is of dit terecht is? Het antwoord is nee.

Dit kan worden geïllustreerd met een voorbeeld van de situatie in de kas op 13-14 juni. Dit voorbeeld laat zien dat de regeling streeft naar een etmaal temperatuur van 24°C bij een stralingssom van $22 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2}$. Om dat te bereiken moet in de nacht met de groeibuis gestookt worden tot 50°C . In de eerste uren van de dag is de temperatuur 19°C . Overdag is de temperatuur ruim 28°C en in de nacht is de berekende verwarmingstemperatuur 22°C . Bij het sluiten van het doek wordt boven het doek gelucht. Als om 19:45 met het verduisteringsdoek dicht een herberekening van de nachttemperatuur plaatsvindt worden de luchtramen gesloten. Als de kastemperatuur zakt onder de berekende temperatuur komt de buisverwarming in. Terwijl in de nacht wordt gestookt is er in de morgenuren ruim gelucht om de kastemperatuur niet snel naar 28°C te laten oplopen. Bij twee doeken dicht wordt ook de VentilationJet gebruikt. Deze brengt op minimum stand van 50% ongeveer $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ uur koudere, drogere lucht de kas in, wat voor zowel afkoeling als vocht afvoer zorgt. Beide effecten dragen tevens mogelijk bij aan het energieverbruik in het voorjaar.

In de strategie van de proef was de nachttemperatuur gewenst, maar in de praktijk zou een teler een dergelijke regeling niet toepassen. Deze regeling heeft aan het eind van de proef geleid tot een onnodige energie input. Aan het vasthouden van een hoge streef temperatuur in mei en juni (hoge lichtsommen) schuilt het gevaar van energiegebruik bij koude nachten. De hoge etmaal kan energiezuiniger gerealiseerd worden dan in onze proef het geval was als er geen beperking is aan de maximum temperatuur en als in de ochtenduren de temperatuur sneller op mag lopen om overdag voldoende graaduren te halen. De software regeling werkte hiervoor ook onvoldoende goed doordat er achteraf gecorrigeerd werd wat bij een meer voorspellende sturing waarschijnlijk gunstiger uitpakt. En de vraag is of het nastreven van zulke hoge etmaaltemperaturen en het niet beperken van de maximum temperatuur vanuit gewasperspectief toelaatbaar is. Hierover meer in de volgende hoofdstukken.



Figuur 27 Voorbeeld van de kasinstellingen op 13-14 juni waaruit het blijkt dat er onnodig warmte is gebruikt ten behoeve van de streef temperatuur.

3.2 Metingen aan het spouwdoek gedurende de proef

3.2.1 Lichtdoorlatendheid verduisteringsdoek

Uit de metingen door LS blijkt dat de lichtdoorlatendheid van het doek nog ruim onder de specificaties ligt: De licht transmissie door het doek heen op een zonnige dag was 0.014% in de ene kas, en 0.019% in de andere kas. In vergelijking met een referentie (doek op elkaar, lichttransmissie 0.005%) gemeten op dezelfde dag bij de kassen van Delphy (ernaast gelegen kassencomplex op dezelfde straat) komt er iets meer licht door, maar altijd minder dan de specificatie ($<0,1\%$). De resultaten van deze meting zijn in Bijlage 1 weergegeven.

Uit de visuele waarneming tijdens de metingen blijkt dat er wat licht de kas in komt door de kieren rondom de koker van de VentilationJet en de zijgevel, alsmede op plekken waar een kleine beschadiging in het doek ziet. Geconcludeerd is dat dit wat aandacht verdient als absolute verduistering nodig is.

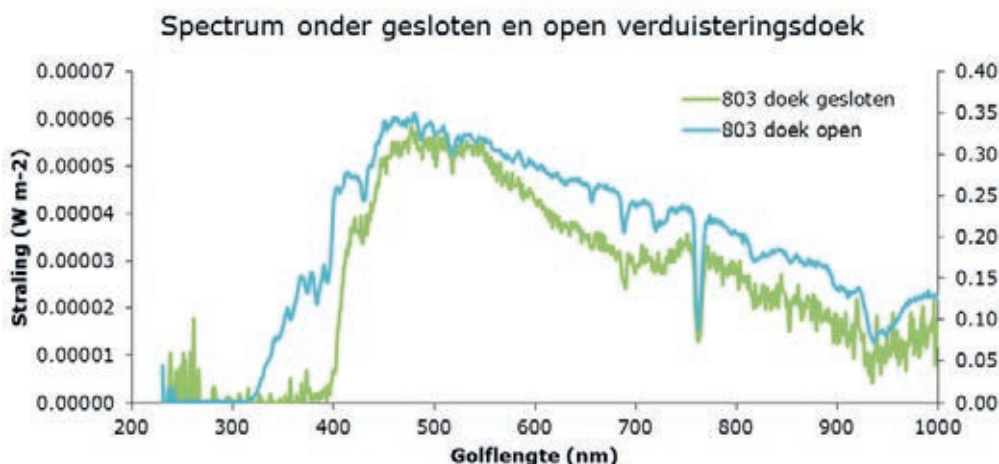
3.2.2 Spectrum onder verduisteringsdoek

Gedurende de metingen (21-03-2017 tussen 13:15 en 14:15) was de PAR intensiteit buiten gemiddeld 1341 μmol (5 minuten waarde), vrij constant en licht afnemend: de laatste meting was 1014 μmol . In totaal liet het schermdoek 0.0142% van alle straling door. Verschillen tussen de afdelingen waren nihil.

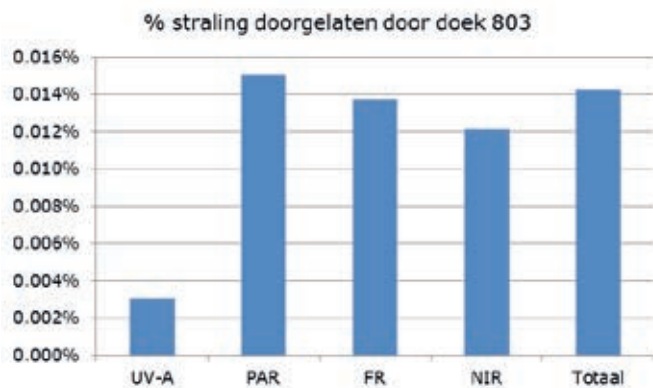
Uitgedrukt in Lux gaven de metingen onder gesloten doek gemiddeld 3.4 lux aan. Dit niveau zit tussen de lichtintensiteit bij schemering (10 lux) en donker schemering (1 lux) aan. Dit niveau ligt net aan binnen het meetbereik van het apparaat (in lux is meetbereik 2 – 60000), waardoor de meting mogelijk aan nauwkeurigheid inboet.

In Figuur 28 is het spectrum onder het open (blauw, schaal op het rechter y-as) en het gesloten doek (groen, schaal op het linker y-as) getoond.

Belangrijk is dat beide spectra, als er gecorrigeerd wordt voor de **enorme schaal verschillen (factor 10.000!)**, praktisch een op een op elkaar vallen, waarbij straling buiten het PAR gebied over het algemeen meer door het doek wordt tegengehouden dan PAR licht (zie ook Figuur 29, waar het per soort straling in % is weergegeven van het totaal met doek open). Er is dus geen reden om aan te nemen dat door het doek straling van buiten het PAR-gebied de kas in komt tijdens het verduisteren in de zomer.



Figuur 28 Spectrum onder het open doek (geen verduistering, rechter y-as) en onder het gesloten doek. Licht onder het gesloten doek is maar 0.014% van het licht onder het open doek.



Figuur 29 % straling dat door het doek in een van de drie afdelingen binnendringt, in relatie tot de straling wat door het kasdek heen komt als het doek openligt. De percentages zijn extreem klein en net aan binnen het meetbereik van het apparaat.

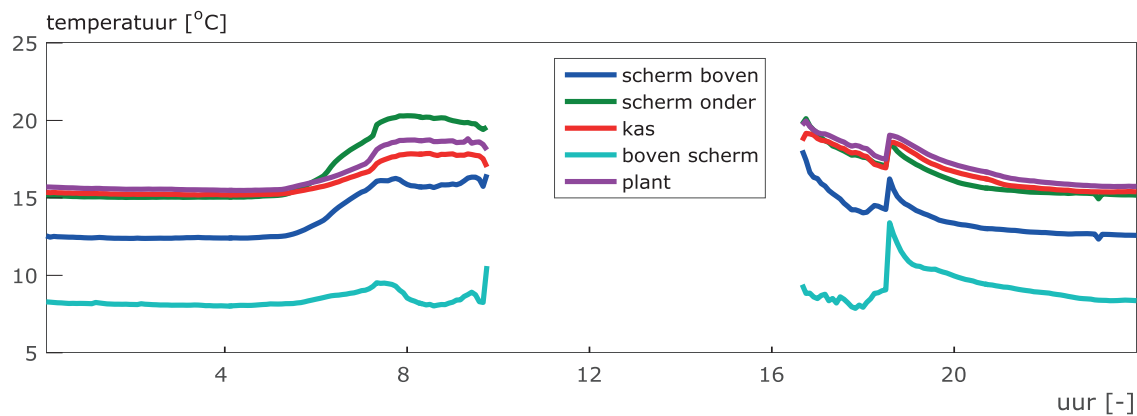
3.2.3 Doektemperatuur

Zoals in 2.6 toegelicht, wordt de temperatuur van de beide lagen doek van het verduisteringsdoek geregistreerd. In Figuur 30 is deze voor de periode januari tot en met april weergegeven in vergelijking met de temperaturen van de kaslucht, van de plant (gemeten met een IR camera) en van de lucht boven de schermen (onder de nok). Van 10 uur tot 17 uur is de verduisteringsdoek gemiddeld minder dan 80% dicht, en stijgt de temperatuur van het gevouwen doek sterk. Daarom zijn de data uit het bestand gefilterd.

In de grafiek is te zien dat:

- De temperatuur van het onderste schermdoek uit het spouwscherm erg dicht ligt bij de temperatuur van de kaslucht.
- De lucht boven de schermen, onder de nok, ligt heel dicht bij de buitentemperatuur, onder de 10°C.
- De temperatuur van het bovenste schermdoek uit het spouwscherm dicht bij de kasluchttemperatuur zit dan bij de lucht boven het scherm. Dit komt omdat in nachten met een buitentemperatuur onder 10°C, naast het verduisteringsdoek ook het energiescherm dicht licht.
- Er is een stijging van de temperatuur van alle schermen, de kaslucht en de planten volgend op de start van de belichting rond 7 uur 's ochtends
- De temperatuur van de plant in de nacht onder de gesloten schermen is net iets lager dan de schermtemperatuur en gelijk aan of iets hoger dan de kastemperatuur. Dit is afwijkend van de verwachting: zonder licht of straling zal de planttemperatuur lager zijn dan de kastemperatuur. Immers de plant zal ten gevolge van enige verdamping die plaats vindt afkoelen en de energie daarvoor wordt door de omgeving, kaslucht, eventueel warme verwarmingsbuizen of andere warme kasdelen weer aangevuld. Naar boven toe vanuit het gewas gezien kan in een nachtsituatie waarin geen belichting wordt gebruikt de temperatuur alleen maar afnemen. De getoonde profielen laten dit patroon, op de gewastemperatuur gedeeltelijk na, dan ook zien. In de praktijk wordt dit echter ook regelmatig waargenomen (pers. mededeling E. Dings). Mogelijk speelt de nauwkeurigheid van de gewastemperatuur meting of de aanwezigheid van "warme" verwarmingsbuizen in het camerabeeld hierin ook een rol. Verdere analyse van het verschil in plant- en kasluchttemperatuur laat zien dat de verschillen per dag wel iets verschillen maar dat vrijwel de gehele periode die Figuur 30 beschrijft dit in de nacht het geval is.

Uit deze waardes volgt dat er een zeer klein netto straling verlies is te verwachten, zie 3.2.5.

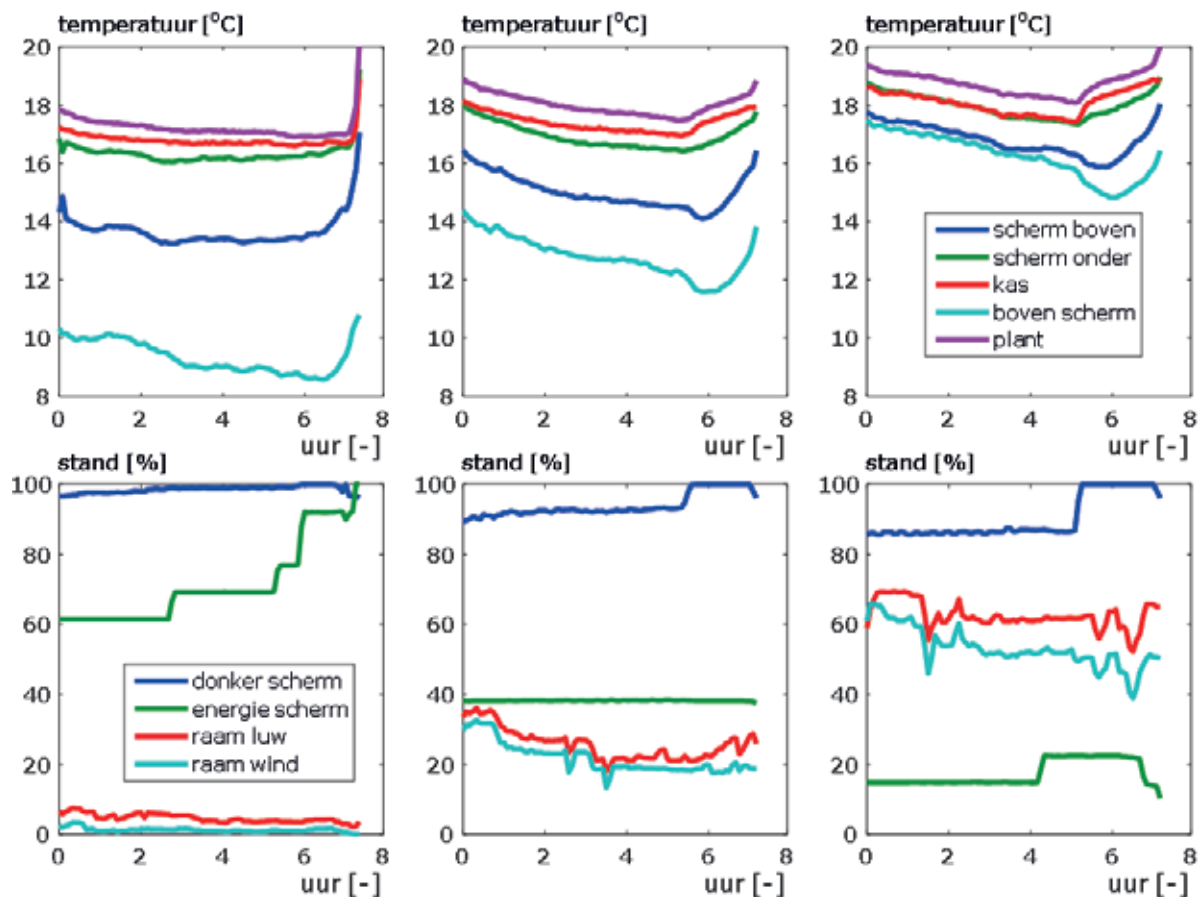


Figuur 30 Cyclisch gemiddelde van het spouwdoektemperatuur (scherm boven en scherm onder) tussen januari en april als het spouwdoek meer dan 80% gesloten is. Ter vergelijking wordt ook de temperatuur getoond van de plant, de kas, en de lucht boven de schermen (onder de nok) op dezelfde tijdstippen.

3.2.4 Doek temperatuur met de VentilationJet uit

Van 9 tot 22 mei is de VentilationJet uitgezet op verzoek van de BCO. Men wilde zien of de doektemperatuur zo dicht bij de kastemperatuur komt vanwege de ventilator.

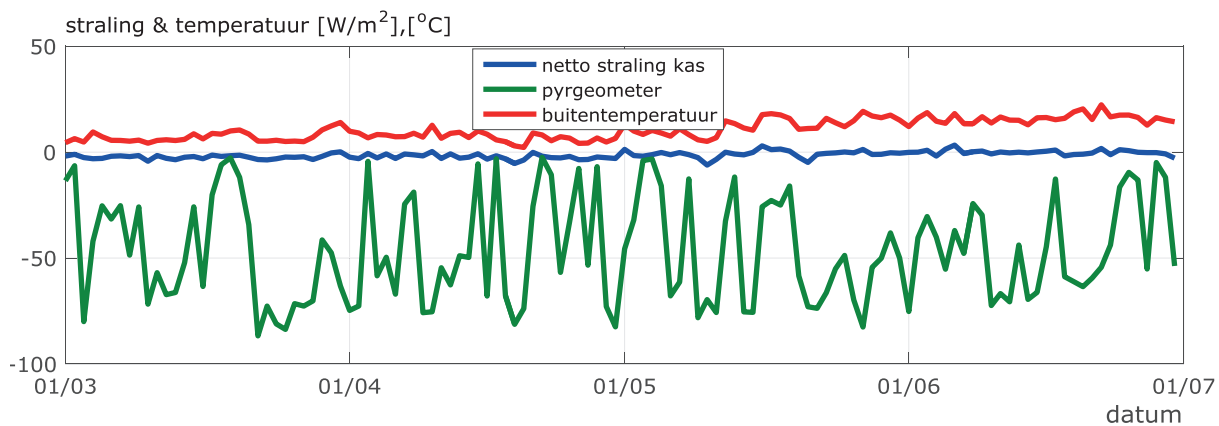
In Figuur 31 zijn de cyclisch gemiddelde temperaturen en doek en raamstanden van de 17 dagen voordat de VentilationJet is uitgeschakeld (links), de 17 dagen tussen 9 en 22 mei dat de VentilationJet is uitgeschakeld (midden) en de 17 dagen nadat de VentilationJet was uitgeschakeld (rechts) getoond. De bovenste rij geeft de temperaturen van kaslucht onder en boven de schermen, van scherm onderste en bovenste laag spouwdoek, en van de plant weer, terwijl de onderste rij de doek- en raamstanden weergeeft. Omdat de nacht een "stabiele" periode in het kasklimaat weergeeft zijn alleen de uren tussen middernacht en 8 uur 's morgens getoond. Als het scherm net na 7 uur opengaat worden de waarden niet meer weergegeven. In het verloop van deze 3 perioden is de buitentemperatuur sterk opgelopen. Het beste kan de linker en de midden kolom met elkaar vergeleken worden. Aan de hand van de getoonde data kan niet worden gezegd dat door de VentilationJet de schermtemperatuur onder lager komt te liggen ten opzichte van de kasluchttemperatuur dan als de VentilationJet uitstaat. Versturende factor hierin zijn de scherm en raamstanden die in de periode met de VentilationJet uit veel groter zijn dus zal er meer uitwisseling van lucht tussen het boven en onder compartiment zijn waardoor de schermtemperaturen dicht bij elkaar komen te liggen. Deze trend wordt in de periode nadat de VentilationJet was uitgeschakeld, de derde kolom met figuren, voortgezet.



Figuur 31 Cyclisch gemiddelde temperaturen en doek en raamstanden van de 17 dagen voordat de VentilationJet is uitgeschakeld (links), de 17 dagen tussen 9 en 22 mei dat de VentilationJet is uitgeschakeld (midden) en de 17 dagen nadat de VentilationJet was uitgeschakeld (rechts).

3.2.5 Netto straling gewas onder gesloten doek

In Figuur 32 is voor iedere dag het gemiddelde tussen middernacht en 5 uur in de morgen van de netto uitstraling van de kas weergegeven zoals die gemeten is boven het gewas en onder de doeken, de uitstraling naar de hemel (pyrgeometer) die buiten op de weertoren is gemeten en de buitentemperatuur. In deze periode is de netto straling van de kas altijd zeer klein geweest ($-6 - +3 \text{ W/m}^2$). Het donker scherm was altijd minimaal 80% gesloten in deze periode en dat scherm beperkt de straling vanuit de kas naar buiten zeer sterk. De uitstraling naar de hemel (pyrgeo) fluctueert sterk. Bij lage waarden zal het vrijwel onbewolkt zijn en bij hoge waarden zwaarbewolkt. Hiervan is echter vrijwel geen invloed terug te vinden op de netto straling van de kas. Eerder is er nog een klein effect van de buitentemperatuur. Die zal de schermtemperatuur mede beïnvloeden en het scherm heeft een stralingsuitwisseling met het gewas.



Figuur 32 Dagelijkse gemiddelde tussen middernacht en 5 uur in de morgen van de netto uitstraling van de kas gemeten boven het gewas, de uitstraling naar de hemel (pyrgeometer) en de buitentemperatuur.

3.2.6 Invloed spouwdoek op energiegebruik

Voor het spouwdoek, welke in alle 3 de behandelingen is geïnstalleerd, is het niet mogelijk een besparing te bepalen omdat er geen vergelijking is. Vergelijking tussen twee opeenvolgende jaren, de methode die bij een onderzoek met paprika (Schuddebeurs *et al.* 2017) is gehanteerd, is in deze proef ook niet mogelijk vanwege de totaal verschillende temperatuurstrategieën die er in de winters 2015-2016 en 2016-2017 zijn gevolgd.

Uit het genoemd paprika onderzoek is berekend dat het aldaar gebruikte spouwdoek geleid heeft tot een besparing van 17% energie. Dit komt overeen met de opgave van de fabrikant van de doeken voor twee LUXOUS schermdoeken op twee installaties (bovenkant- en onderkant tralie), maar ook voor twee LUXOUS 5 cm van elkaar geïnstalleerd met spouw, of voor twee LUXOUS op elkaar liggend. Waarbij: een doek 47% energie bespaart, twee doeken 64%. Het tweede doek draagt bij aan 17% extra besparing.

In dit gerbera onderzoek is er niet een extra doek geplaatst, maar zijn twee op elkaar geplaatste verduisteringsdoeken uit elkaar gehaald en op 5 cm afstand (spouw) geïnstalleerd. De energiebesparing neemt hierdoor dus niet met 17% toe. Een eventuele extra besparing door twee doeken uit elkaar te halen is naar verwachting minimaal, mogelijk zelfs dicht bij 0. De meerwaarde van de spouw moet dan vooral gezocht worden in de nog betere beperking van de uitstraling (zie 3.2.5).

Uit recent onderzoek (Hemming *et al.* 2017), is gebleken dat de warmteverliezen door het scherm naast de stralingseigenschappen grotendeels ook door de permeabiliteit van het scherm bepaald worden. Door de doeken die samen het Obscura 10070 FR WB+BW doek vormen uit elkaar te trekken gaan de stralingseigenschappen van het doek (de doeken) niet veranderen.

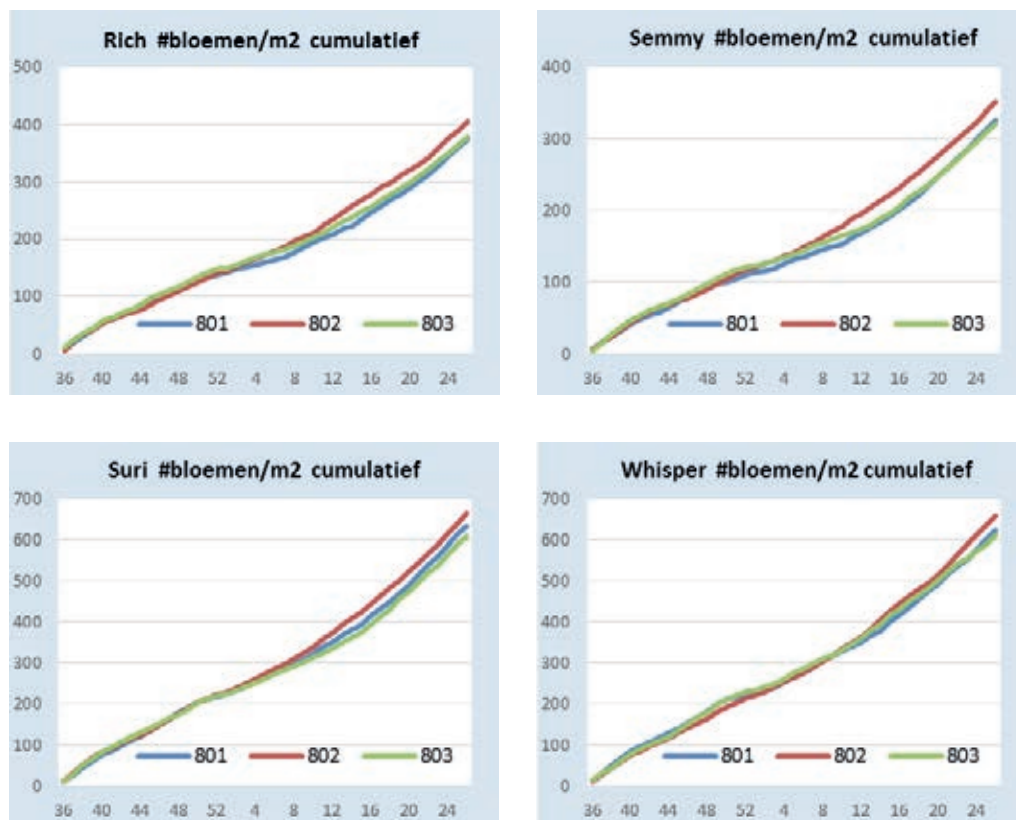
Pogingen gedaan om de invloed van de spouw op warmteverliezen te kwantificeren, en zo een inschatting te geven van de potentiële energiebesparing roepen meer vragen dan antwoorden op, waarschijnlijk omdat de methodiek daar niet voor ontworpen is.

3.3 Productie en kwaliteit

3.3.1 Productie

De cumulatieve productie in aantal bloemen per m² is voor alle vier de rassen getoond in Figuur 33. Verschillen tussen grootbloemige en kleinbloemige zijn groot: de kleinbloemige rassen produceren tot ruim 650 bloemen per m², de grootbloemige tussen de 300 en de 400 bloemen/m².

In alle rassen is dezelfde trend te zien waarbij de productie hoger was in de referentie behandeling 802, dan in de andere twee, sterker lichtafhankelijke behandelingen. In vergelijking met de referentie is de andere behandelingen 8,6% productie ingeleverd bij Suri, 6,6% bij Rich, 8,8% bij Pre Semmy, en 7.1% bij Whisper. De verschillen zijn vooral ontstaan na week 8-10, dat is kort na het terugbrengen van de daglengte in de behandelingen waar deze gedurende de winter was verlengd, en zijn groter geworden na week 12, waarin door de hogere lichtsommen, een hogere etmaaltemperatuur is aangehouden in de lichtafhankelijke behandelingen. De verlenging tot 13 of tot 15 uur lijkt daarbij niet van belang.



Figuur 33 Cumulatieve productie in aantal bloemen per m² per ras en per behandeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

In Tabel 5 is de productie per ras en per behandeling uitgedrukt in aantal bloemen per m² en ook in totaal geoogst gewicht in kg/m². De verhoudingen veranderen niet noemenswaardig, mede doordat de bloemgewichten niet zo veel van elkaar verschillen tussen de behandelingen.

Tabel 5

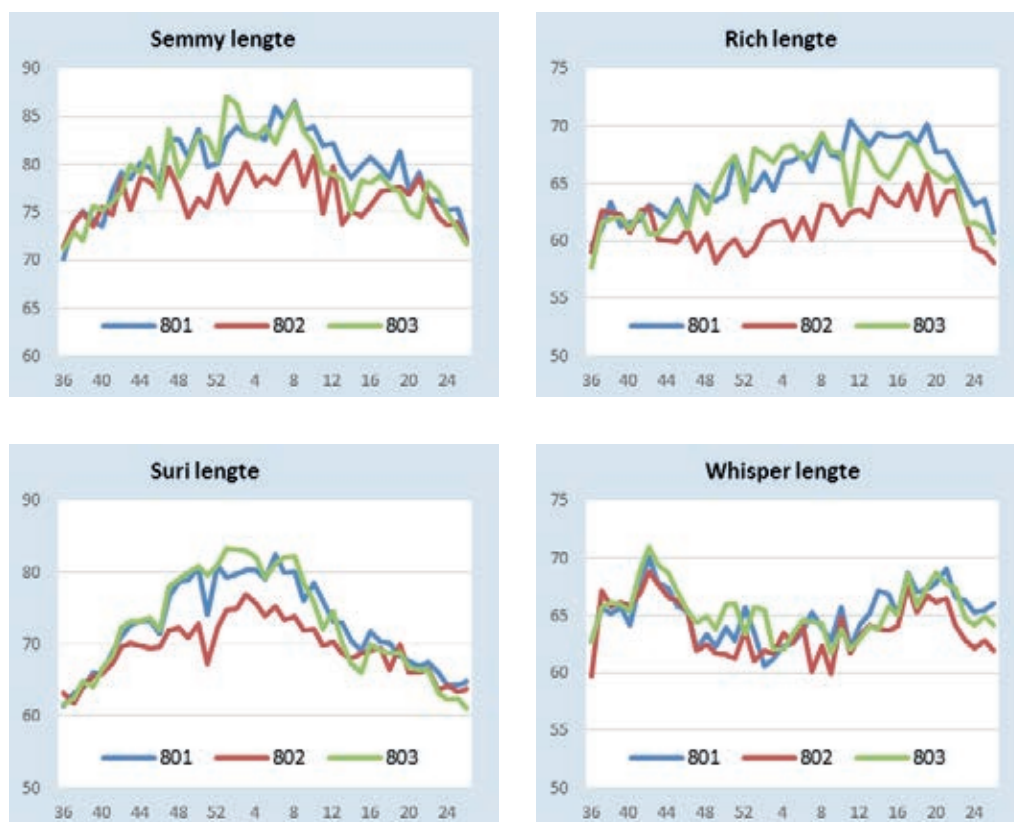
Productie over totale proefperiode (5-9-2016 tot en met 26-6-2017) in zowel bloemen/m² als in kg/m² en het gemiddelde bloemgewicht. Behandelingen 801 =middellange dag; 802 =referentie; 803 = lange dag.

Afdeling	801	802	803	801	802	803	801	802	803
Ras	aantal bloemen/m ²			kg/m ²			gr/bloem		
Suri	634	664	608	11.9	12.0	11.1	18.7	18.1	18.2
Whisper	623	657	610	11.2	11.8	10.8	17.9	18.0	17.7
Pre Semmy	326	352	321	11.6	12.0	11.0	35.6	34.0	34.2
Rich	375	406	379	12.1	12.3	11.8	32.2	30.2	31.1

3.3.2 Bloemlengte

De lengte van de bloemstelen was het meest in het oog springend verschil tussen de planten onderworpen aan de verschillende behandelingen, zoals dit te zien is in Figuur 34. De dag verlenging naar 13 en 15 uur bij de gehanteerde temperaturen leidt tot een aanzienlijk langere bloemsteel (tot 10 cm langer) dan bij de referentie daglengte van 11.5 uur bij drie van de vier rassen; het ras Whisper reageerde minder sterk met haar steellengte op de dag verlenging,

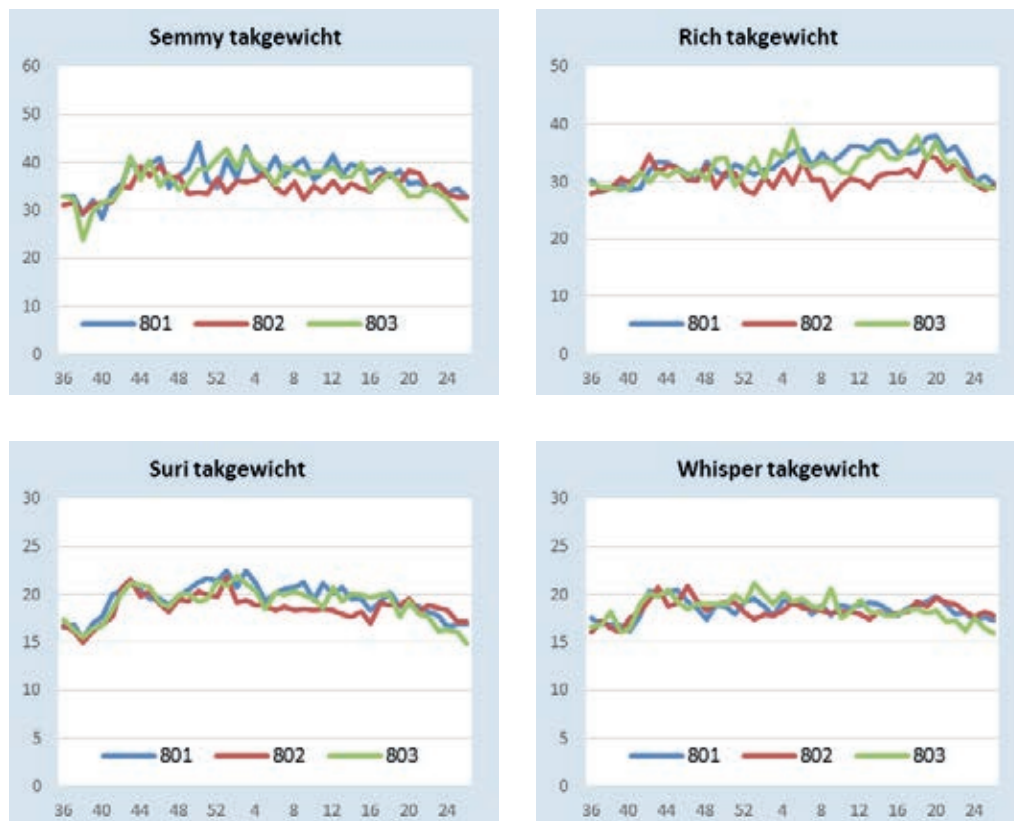
De langere stelen ondervonden minder steun tussen het gewas en vielen makkelijk om, waardoor ze daarna kromgroeiden of makkelijk beschadigden bij het langslopen voor oogst en gewasverzorgingstaken. Hierdoor waren er ook vrij veel onverkoopbare bloemen in de afdelingen waar de dag in de winter werd verlengd. Zie ook 3.3.5 voor een uitgebreidere toelichting en data.



Figuur 34 Lengte van de bloemstelen. Op de x-as de tijd in weken vanaf het begin van de proef. Op de y-as de lengte van de bloemstelen in cm. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.3.3 Takgewicht

Het gemiddelde takgewicht verschilde het meeste tussen behandelingen in de periode waarin de lengte verschillen zich voor hebben gedaan. De extra lengte in de behandelingen met dagverlenging vertaalde zich ook in enkele grammen extra gewicht. Als de stelen op een lengte van 50 cm werden gesneden, werdween het gewichtsverschil (data niet getoond).



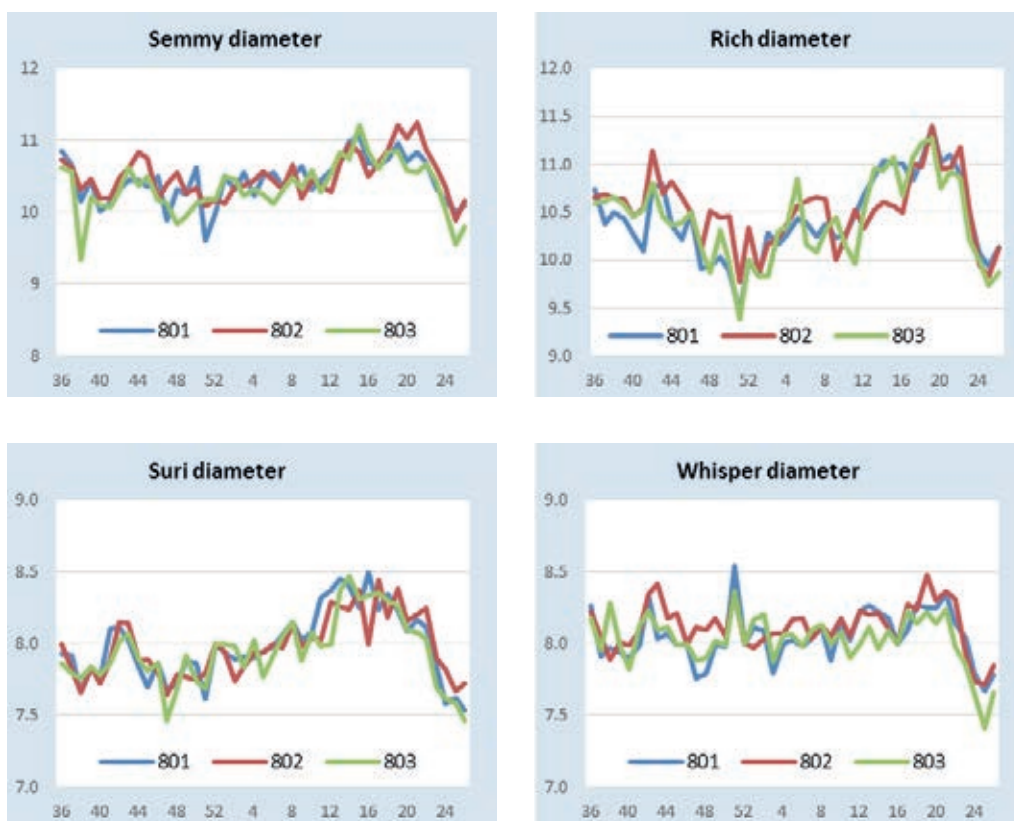
Figuur 35. Gewicht van de bloemen op volledige lengte, per ras weergegeven. Op de x-as de tijd in weken vanaf het begin van de proef. Op de y-as het bloemgewicht in grammen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.3.4 Bloemdiameter

Het verloop van de bloemdiameters is per ras getoond in Figuur 36. Te zien is hoe bij vooral Rich en Suri een afname is van de bloem diameters in de donkere weken, waarbij er geen consequente verschillen zijn tussen de behandelingen.

Het meest opvallende is dat de bloemdiameters na week 20 met meer dan 1 cm afnemen. Dit gebeurt bij de vier rassen en de drie behandeling in even sterke mate.

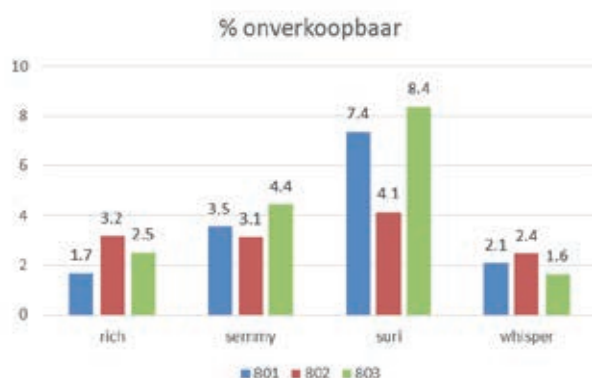
In het onderzoek 2015-2016 (Garcia Victoria *et al.*) is geconstateerd dat onder hogere etmaaltemperatuur de bloemdiameters consequent kleiner werden. Het is daarom aannemelijk dat deze plotselinge daling in de grootte van de bloemen het gevolg is van de hogere kastemperaturen die vanaf begin mei in de kassen heersten, zie ook Figuur 18.



Figuur 36 Verloop in de tijd van de bloemdiameters per ras. Op de x-as de tijd in weken vanaf het begin van de proef. Op de y-as de diameter in cm. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.3.5 Onverkoopbare bloemen

Een bloem is onverkoopbaar als ze niet voldoet aan de minimale lengte eis van 50 cm, als de steel krom is, of er vervormingen of schade aan de lintbloemen door bijvoorbeeld insecten zijn. Ook dubbele stelen en doorwasharten zijn oorzaken van uitval. Zoals in 3.3.2 genoemd, was de overmatige lengte van de stelen uit de behandelingen met dagverlenging in de winter een belangrijke oorzaak van kwaliteitsverlies van de bloemen bij Suri en Pre-Semmy, door omvallen en breken, krom groeien, beschadigen van de omgevallen bloemen tijdens het lopen. Vooral bij Suri waren er twee keer zo veel onverkoopbare bloemen bij de behandelingen met dagverlenging dan in de referentiebehandeling met 11.5 uur (Figuur 37)

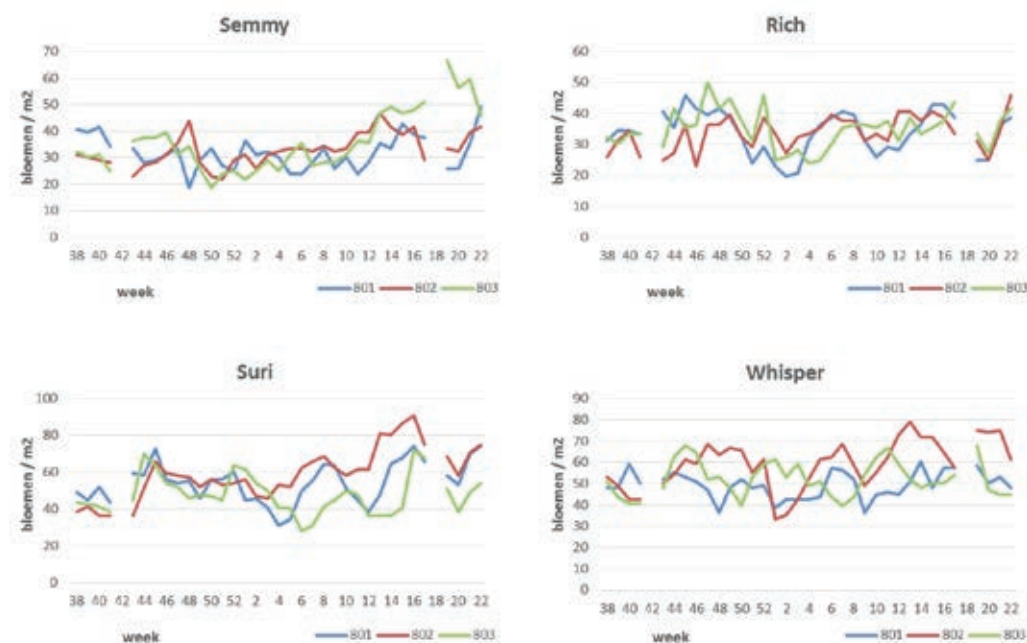


Figuur 37 Het percentage onverkoopbare bloemen per ras en per behandeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.3.6 Gemeten plantbelasting

Figuur 38 toont het wekelijkse verloop van de plantbelasting per ras en per behandeling. Deze is bepaald door elke week het aantal bloemen en bloemknoppen groter dan één cm te tellen bij 6 planten per behandeling en ras (0.96 m²).

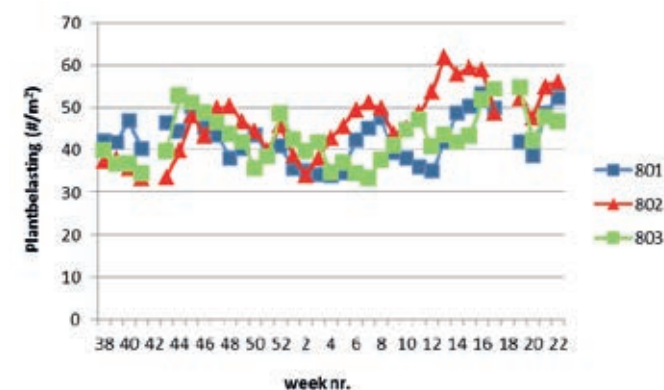
De plantbelasting wisselt binnen een ras en behandeling sterk: bij Pre Semmy en Rich varieert het tussen 20 en 40 bloemen en knoppen per m² met een uitschieter naar 60; bij Suri en Whisper is de variatie breder, tussen 30 en 80.



Figuur 38 Verloop van de plantbelasting per ras en per behandeling. Op de x-as de weeknummer vanaf het begin van de proef. Op de y-as de plantbelasting uitgedrukt als het aantal bloemen en bloemknoppen groter dan 1 cm per m². Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

Om eventuele trends in plantbelasting als gevolg van de behandelingen beter te visualiseren, is de gemiddelde plantbelasting voor alle rassen gemiddeld en in de tijd uitgezet (Figuur 39)

Een licht oplopende trend in de tijd is waar te nemen in kas 802 (de referentiebehandeling); de fitting van de lijn heeft een correlatie van 0.5 (niet weergegeven). Verder is er te zien dat de "dipjes" in de referentiebehandeling korter lijken te duren dan die in de andere twee behandelingen.



Figuur 39 Plantbelasting in de tijd per behandeling, gemiddeld over de vier rassen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

Er wordt geteld aan gemerkte, altijd dezelfde planten. Uit de analyse van de data is te zien dat er binnen een plant al behoorlijke verschillen kunnen zijn in plantbelasting.

We noemen hier een paar willekeurig uit de datafile gekozen voorbeelden:

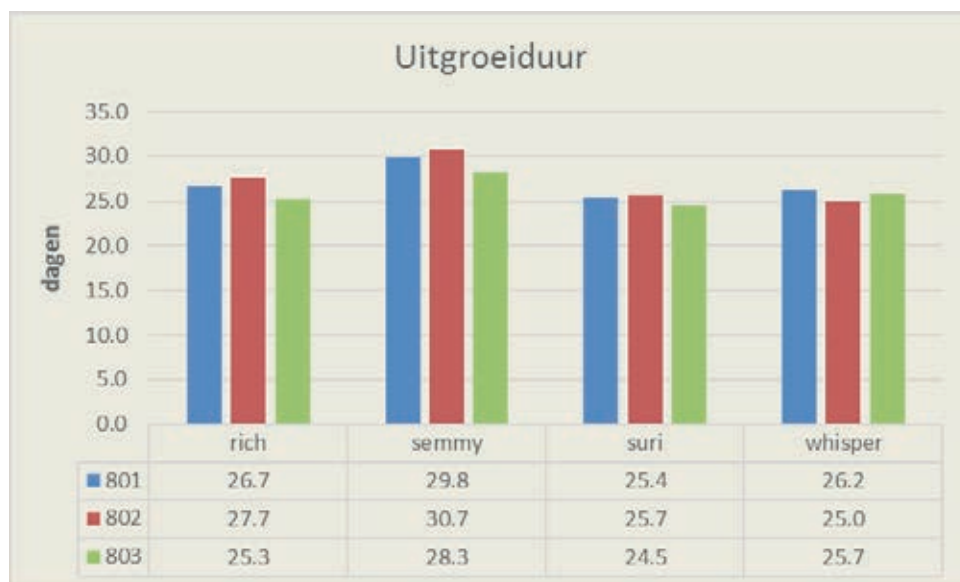
- Suri, plant nummer 2, veld 1 in Kas 802, heeft 3 bloemen en knoppen in de tellingen op 6-10, en 19 bloemen op 9-04.
- Rich, plant nummer 1, veld 2 in Kas 803, heeft 6 bloemen en knoppen op 1-12 en 1 bloem op 19-1.
- Whisper, plant nummer 1, veld 3 in Kas 801, heeft 14 bloemen en knoppen op 25-11, en maar 2 bloemen op 1 maart.
- Pre Semmy, plant nummer 1, veld 3 in Kas 802, heeft 9 bloemen op 29-03 en 1 bloem op 26-04.
- Pre Semmy, de plant naast de vorige, plant 1, veld 2, Kas 803, heeft 7 bloemen op 29-03 en 11 bloemen op 26-04.

Dankzij deze verschillen tussen planten, is continu productie in de kas mogelijk. Door te middelen, echter, wordt het lastig om te beoordelen welke klimaatfactoren de plantbelasting sturen.

3.3.7 Uitgroeiduur

De uitgroeiduur is bepaald door het labelen van knoppen in een jongstadium (ca. 2 cm lengte) en registratie van de oogstdag. Dit is gedaan voor minimaal 41 en maximaal 110 bloemen per ras per afdeling. De verschillen tussen de afdelingen per ras zijn klein (Figuur 40) Pre Semmy heeft de langste uitgroeiduur (29.6 dagen gemiddeld), gevolgd door Rich (26.7 dagen). De kleinbloemige rassen Suri en Whisper hebben gemiddeld net iets meer dan 25 dagen nodig om uit te groeien van 2 cm tot oogstrijp.

Naast rassenverschillen, zien we seizoen verschillen: In de winter als de kastemperatuur het laagst is, is de uitgroeiduur het langst (Figuur 41), individueel kon het uitgroeiduur oplopen tot 41 dagen bij Pre Semmy. In de zomer als de kastemperatuur hoog is, kan de uitgroeiduur extreem kort zijn; in deze proef zijn uitgroeiduren gemeten van slechts 16 dagen, bij alle vier rassen. Dit is veroorzaakt door een sterke relatie tussen uitgroeiduur en temperatuur, geheel in lijn met de bevindingen van 2015-2016 (Garcia Victoria *et al.*) en eerder onderzoek (Dueck *et al.* 2015).



Figuur 40 Uitgroeiduur gemiddeld in dagen per cultivar en afdeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

uitgroeiduur verloop in de tijd



Figuur 41 Verloop van de uitgroeiduur per ras gedurende de teelt. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.3.8 Uitgroeiduur in graaddagen

Voor het experiment in 2015-2016 is berekend dat er een basis temperatuur van ca 7°C is waaronder de bloemen geen ontwikkeling zullen vertonen. Op de wijze die beschreven is in het rapport over de gerbera proef voor 2015-2016 (Garcia Victoria *et al.* 2017) is de basistemperatuur voor deze proef berekend (Tabel 6). Die komt nu gemiddeld nog hoger uit (9°C), met daarbij iets lagere temperatuursommen. De uitkomsten voor dit jaar hebben een hogere onnauwkeurigheid door de grotere variatie in uitgroeiduur bij een gelijke gemiddelde etmaal temperatuur. Een hogere basistemperatuur betekent dat het verlagen van de etmaaltemperatuur van bijvoorbeeld 15 naar 13°C een nog sterker effect op de uitgroeiduur zal hebben. De uitgroeiduur zal bij lage temperatuur meer toenemen. Per ras zat tussen de afdelingen geen verschil in basistemperatuur en temperatuursom.

Tabel 6

Basis temperatuur en temperatuursom voor de uitgroeiduur van Gerbera bloemen van de vier rassen.

Ras	Basis temperatuur [°C]	Temperatuursom [graaddagen]
Rich	10.0	214
Pre Semmy	8.7	278
Suri	8.7	245
Whisper	8.8	229

3.3.9 Bladontwikkeling en afsterving

Om een gevoel te krijgen van de snelheid waarmee het blad zich ontwikkelt, zijn een aantal bladeren (descriptief) gevolgd: gelabeld in een jong stadium en elke week gezocht en gefotografeerd (Figuur 42, en bijlage 7).



Figuur 42 Blad (gelabeld 6 oktober), van links naar rechts van 0 weken, 2 weken, 4 weken en zes weken oud.

Het blijkt dat visueel, een zeer jong blad al binnen vier weken volgroeid kan zijn. Van de gelabelde bladeren gingen twee afwijkend (vrij langzaam) groeien en ontwikkelen; dit was mogelijk omdat ze beschaduwd bleven.

Het blad ontwikkelt snel, maar sterft ook vrij snel af als ze onderaan de plant komt en weinig licht ontvangt. We hebben afsterving waargenomen in minder dan drie maanden door het labelen voor fotosynthese metingen. Zo was al het blad wat begin oktober gelabeld was als "oud" en "volgroeid" afgestorven in januari; zelfs een van de bladeren gelabeld als "zeer jong blad" (vergelijkbaar met de boven afgebeeld blad van ca. 2 weken) en twee van de bladeren gelabeld als "jong blad". Hieruit kan geconcludeerd worden dat de levensduur van een blad die met afnemend licht is aangemaakt, tussen oktober en januari ongeveer 3-4 maanden is.

In April vinden we de meeste van de in januari gemeten bladeren nog steeds tussen het gewas; zelfs enkele van de als "volgroeid" gelabelde bladeren zijn nog aanwezig en levend aan de planten. Blijkbaar sterft het blad veel minder snel als het aangelegd is rond de periode met het minste licht (december- januari) maar is gegroeid in de periode met toenemend licht na januari dan als het aangelegd is met afnemend licht in het najaar.

Bij de uitvoering van de destructieve waarnemingen viel het ook op dat in de waarnemingen van december en januari extreem veel blad onderaan de potten was afgestorven (de zogenaamde "gordijntjes" of "rokjes"). Hoeveel dit was, hebben wij getracht in kaart te brengen in de bepalingen van februari en maart. In beide hebben wij het totaal gewicht aan dood blad per plant bepaald (Tabel 7). Deze was in februari gemiddeld 95 gram per plant, maar blijkt te variëren tussen 6 en 245 gram per plant. De variatie lijkt eerder ras afhankelijk dan behandelingsafhankelijk, waarbij Pre Semmy en Suri het meeste blad laten afsterven, en Rich het minst.

Deels is het vers gewicht van het dode blad afhankelijk van hoe droog het blad dat is afgestorven is. Daarom hebben wij in de meting van maart het blad tevens gedroogd, en de verhouding dood blad (droog) ten opzichte van vers blad (droog) bepaald (laatste kolom Tabel 7). Hieruit blijkt dat de droge stof in het afgestorven blad bij Pre Semmy en Suri groter is dan de hoeveelheid droge stof in levend blad op de plant; bij de andere twee rassen bedraagt dat ongeveer de helft.

Tabel 7

Gewicht aan dood blad hangend aan de rand van de pot bij de destructieve waarnemingen in de bepalingen van februari en maart.

Ras	Dood blad, g (vers)		Verhouding dood /levend blad (beide droog)
	Februari	Maart	Maart
Rich	46.6	58.6	0.45
Semmy	104.4	174.3	1.12
Suri	142.2	102.6	1.43
Whisper	88.2	83.7	0.61
Gemiddeld alle rassen	95.3	104.8	0.90

3.4 Invloed gewasbehandelingen op productie

Tussen 6 oktober en 14 februari was met een frequentie van een keer per twee weken blad geplukt bij een aantal gemarkeerde planten van Rich (3 afdelingen) en Pre Semmy (1 afdeling). Afhankelijk van de behandeling en het ras, zijn er tussen de 16 en de 19 jonge bladeren per plant in een vroeg stadium geoogst, of 13 oude bladeren.

In Figuur 43 zijn voorbeelden getoond van de stadia waarin de jonge bladeren verkeerden die zijn weggehaald.



Figuur 43 Voorbeeld verwijderd blad, links Rich, midden Rich, rechts Pre-Semmy.

De productie per m² is van de planten waar blad werd geplukt apart bijgehouden, zie Tabel 8. Het blijkt alle behandelingen bij Rich tot een verlaagde productie leiden in vergelijking met de controle zonder bladonderhoud. Bij Pre Semmy heeft jong blad plukken geen effect op de productie. Om deze reden zijn in overleg met de BCO alle bladplukbehandelingen gestaakt; de productie en plantbelasting van deze planten is nog wel enige tijd gevolgd.

In maart was het gewas waar blad geplukt was duidelijk te herkennen aan de kleinere omvang van de planten (Figuur 44).



Figuur 44 Aanblik in maart van de planten (rechts) waar vanaf oktober tot half december jong blad werd geplukt in vergelijking met de planten zonder onderhoud (links).

Tabel 8

Totaal geplukt blad per plant en productie in aantal bloemen op 14 februari 2017.

kas	Behandeling	# geplukt blad	vanaf	# bloemen	% t.o.v. controle
802	Rich controle	0		102	
	Rich jong blad	17	6-okt	75	74
	Rich oud blad	13	3-nov	77	75
	Rich licht in hart	0	6-okt	97	95
	Semmy controle	0		79	
	Semmy jong blad	16	3-nov	80	101
801	Rich controle	0		90	
	Rich jong blad	19	6-okt	51	57
803	Rich controle	0		99	
	Rich jong blad	18	6-okt	91	92

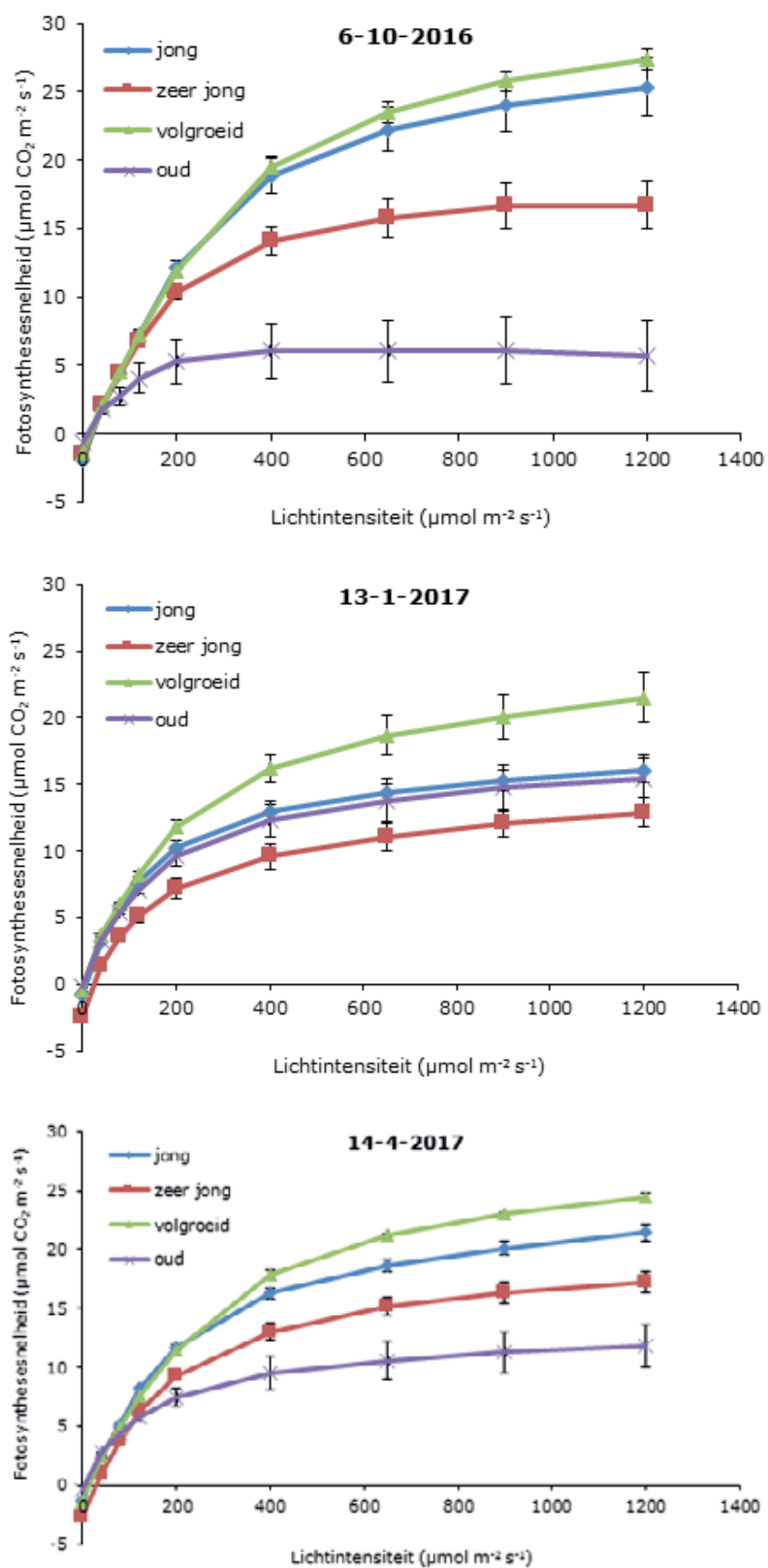
3.5 Fotosynthese

In Figuur 45 zijn de meetresultaten van de fotosynthese snelheid van de bladeren van verschillende leeftijd bij Rich in de praktijk afdeling weergegeven, voor achtereenvolgend de metingen in oktober, januari en april. Elke meting is het gemiddelde van drie herhalingen, de horizontale error-balken geven de standaard error aan.

De condities tijdens de metingen (CO_2 concentratie, RV, temperatuur) zijn gekozen aan de hand van het kasklimaat ten tijde van de metingen, en zijn weergegeven in Tabel 9.

De meting van oktober laat zien dat het volgroeid en jong blad zeer efficiënt omgaan met het beschikbaar licht en de hoogste fotosynthese capaciteit vertonen bij zowel hoog als laag licht. Het zeer jonge blad is duidelijk geen sink maar draagt aanzienlijk bij aan de gewasfotosynthese. Vooral bij lage lichtniveaus tot $200 \mu\text{mol}$ verschilt het nauwelijks met de fotosynthese van het jonge en volgroeide blad maar verzadigt snel boven de $400 \mu\text{mol}$ licht. De ademhaling van het jonge blad verschilde in oktober niet van die van het blad van de overige leeftijden.

Het oude blad is bij 200 μmol licht al verzadigd en kan maar 25% van het CO_2 vastleggen van dat van het volgroeid blad. Het oude blad ligt onderaan de plant en ontvangt minder licht; de huidmondjes blijven nagenoeg dicht (zie metingen huidmondjes geleidbaarheid in Bijlage 5); de spreiding tussen herhalingen was bij het oude blad ook heel klein.



Figuur 45 Fotosynthese snelheid bij oplopend lichtintensiteit van het zeer jonge, jonge, volgroeide en oude blad als gemeten in oktober (boven), januari (midden) en april (onder). Alle metingen aan Rich in de praktijk-behandeling.

Het eerste wat opviel bij de januari meting was dat als het blad wat in oktober was gelabeld voor de fotosynthese metingen, was afgestorven, op drie bladeren na: twee bladeren gelabeld als "zeer jong blad" en één blad gelabeld als 'jong blad'. De levensduur van een blad tussen oktober en januari is dus zeer beperkt, iets meer dan 3 maanden.

In januari moet het blad het maar doen met lichtniveaus van 100-200 μmol ; bij deze lage lichtniveaus is de fotosynthese van het jonge en het oude blad ongeveer gelijk aan die van het volgroeid blad; die van het zeer jonge blad is ongeveer de helft, deels vanwege een iets hogere donkerademhaling; de eerste micromolen licht zijn nodig om hiervoor te compenseren.

Het lijkt erop dat het blad wat helemaal onderaan komt en gedurende langere tijd weinig licht krijgt wordt fotosynthetisch inactief (gesloten huidmondjes). Jong blad kan ook direct onder andere bladeren groeien en zal dan al vroegtijdig afsterven omdat het te weinig licht krijgt. Goed beschouwd is de bladleeftijd dus niet de enige bepalende factor in de efficiëntie van het blad, maar ook de positie van het blad is van belang.

De fotosynthese in April bevestigt het beeld van oktober: het efficiëntst zijn de volgroeide en jonge bladeren; het zeer jonge blad draagt al aanzienlijk bij aan fotosynthese, en het oude blad is het minst efficiënt, hoewel het in April, door het hogere lichtniveau, het verschil minder groot is met het volgroeid blad omdat het lichtverzadigingsniveau hoger is, bij ca. 400 μmol in plaats van 200 μmol .

Er lijken 2 soorten oude bladeren te zijn: sommige oude bladeren sterven af, andere blijven functioneren, mogelijk gestuurd door hoeveelheid licht die nog opgevangen wordt; deze waarneming is ontleend uit metingen van oude bladeren in verschillende posities (in het pad, waar ze nog licht opvangen, en tussen twee rijen, waar ze onderaan de buurplanten nauwelijks licht ontvangen).

Opvallend is dat oud blad efficiënt met weinig licht om kan gaan (40 μmol , laag licht conditie waarin ze zich waarschijnlijk bevinden).

Tabel 9

Conditie tijdens de metingen.

Datum metingen	6-10-2016	13-01-2017	14-04-2017
Kasruimte	802	802	802
Cultivar	Rich	Rich	Rich
Behandelingen	4 bladleeftijden	4 bladleeftijden	4 bladleeftijden
Herhalingen	3	3	3
Metingen per herhaling	12 (continu loggen)	12 (continu loggen)	12 (continu loggen)
Bloktemperatuur:	24	18	21
CO ₂ :	650 ppm	700 ppm	600
RV:	60-65%	80%	70%
Flow:	200	200	200
Lamp	90R/10B	90R/10B	90R/10B

3.6 Nacht respiratie

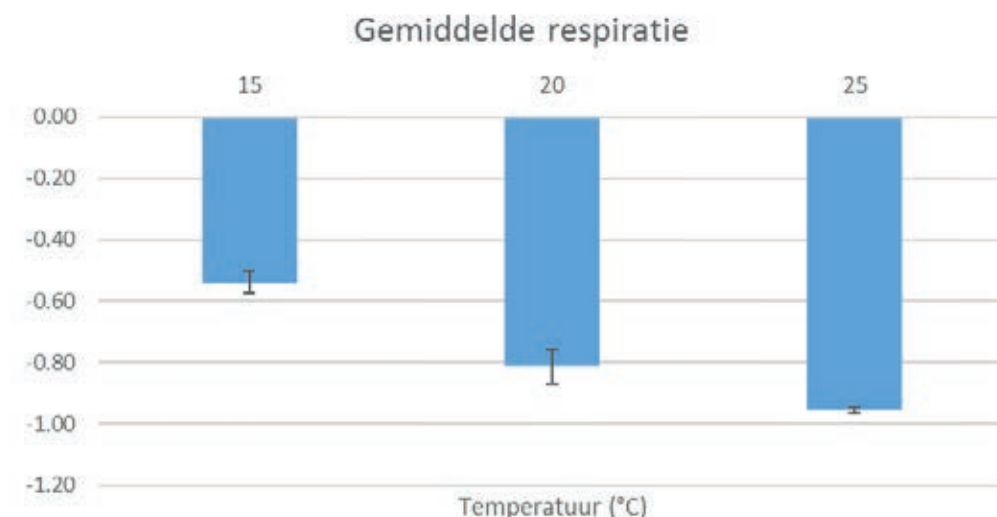
De planten (Rich) zijn bij drie verschillende temperaturen geplaatst: 15°C, 20°C en 28°C. Bij elke temperatuur is aan drie verschillende planten gedurende de nacht gemeten.

In Bijlage 5 is het verloop van de respiratie getoond per temperatuur (uurgemiddelde) en als patroon (minuutwaardes). Ook de geleidbaarheid van de huidmondjes is in deze bijlage per temperatuur te zien.

We beperken ons hier tot het noemen van de belangrijkste waarnemingen:

Waargenomen is dat de huidmondjes zich al snel sluiten na het donker worden, maar de gemeten geleidbaarheid was nooit 0. (Bij 15°C en bij 20°C was de geleidbaarheid tussen 21:00 en 2:00 uur ca. 0.02; bij 25°C 0.01). De geleidbaarheid van de huidmondjes neemt vanaf 5:00 al toe, terwijl het in de bladkamer nog donker is; mogelijk is huidmondjesopening gestuurd door het circadiaans ritme (de biologische klok van de plant), want het lijkt erop als of op het natuurlijke licht geanticipeerd wordt. De mate waarin dit gebeurde, verschilde per temperatuur: het sterkst bij 15°C waar de gemeten geleidbaarheid om 6 uur 0.1 bedraagt; bij 20°C en bij 25°C is de gemeten geleidbaarheid om 6:00 uur 0.03. De respiratie fluctueert gedurende de nacht in een min of meer cyclisch patroon, met een periode van ongeveer 1.5 uur.

De gemiddelde respiratie varieert tussen $-0.54 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2\text{s}$ en $-0.96 \mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2\text{s}$ en neemt met de temperatuur toe (Figuur 46).



Figuur 46 Gemiddelde respiratie ($\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2\text{s}$) gedurende de nacht bij planten geplaatst bij drie temperaturen.

Om een gevoel te krijgen van de orde van grootte, is de nachtrespiratie als percentage berekend van de dag fotosynthese (Tabel 10). Hiervoor zijn bepaalde aannames gedaan:

1. Dat het gemiddelde lichtniveau in de periode waarin de planten gemeten zijn gemiddeld ca. 17 mol per dag bedroeg (periode half mei-half juni).
2. 17 mol komt overeen met een gemiddeld lichtniveau van $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ gedurende 11.5 uur.
3. Dat bij 500 micromol PAR de fotosynthese met 0.3 micromol/graad toeneemt, als gemeten in een eerder onderzoek (Energiebesparing met LED belichting in gerbera). Daardoor is de gewasfotosynthese hoger onder hogere temperaturen bij hogere lichtintensiteiten. Omdat die metingen zijn gedaan aan een gewas wat onder een andere temperatuur groeit, en alleen het blad lokaal een andere temperatuur had wordt dit effect mogelijk overschat.
4. Dat de blad fotosynthese metingen representatief zijn voor het gewas.

Hieruit is te concluderen dat de nacht respiratie ca 5% van de aangemaakte suikers gebruikt. Dat dit deel met de temperatuur toeneemt. En dat er nog een groot deel assimilaten overblijft voor groei, meer bij hogere temperatuur.

Hierbij horen ook enkele kanttekening:

- Voor de bepaling van de temperatuurafhankelijkheid van de fotosynthese, de planten bij gelijke temperatuur stonden, en de temperatuur werd verhoogd in de bladkamer, dus niet op gewasniveau zoals het nu gedaan is met de respiratie metingen. Mogelijk gedraagt de fotosynthese zich anders als de hele plant onder grote verschillende temperaturen staat. Het is goed mogelijk dat we de CO_2 assimilatie van het gewas op basis van bladmetingen overschatten en dan wordt de respiratie relatief gezien belangrijker.
- Als de vegetatieve biomassa toeneemt, als gevolg van bij voorbeeld daglengte of andere vegetatieve acties, kan de respiratie ook toenemen.

Dit vraagt om betere modellering van het samenspel netto fotosynthese overdag en nachtrespiratie op de gewasproductie.

Tabel 10

Nachtrespiratie in relatie tot de (aangenomen) dag fotosynthese.

temperatuur	Gemiddelde respiratie	Totale respiratie nacht	Gemiddelde netto fotosynthese bij 17 mol licht	Totale netto fotosynthese	% nacht respiratie op totale netto fotosynthese
	$\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{s}$	$\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{d}$	$\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{s}$	$\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 \text{d}$	%
15	-0.54	0.024	16.2	0.67	3.6 %
20	-0.81	0.037	17.7	0.73	5.0 %
25	-0.96	0.043	19.2	0.79	5.4 %

3.7 Houdbaarheid

De houdbaarheid van de bloemen uit de drie kassen en de vier rassen is 6 keer bepaald, t.w. in oktober, november, januari, maart, mei en juni.

Gemiddeld over de hele periode, alle kassen en rassen waren de bloemen 13.7 dagen houdbaar. Pre-Semmy bloemen hadden het langste vaasleven (14.6 dagen) en Whisper het kortste (11.8).

Het verloop in de tijd per behandeling is voor ieder ras in een aparte grafiek getoond in Figuur 47. Hierin is ondanks de grote spreiding binnen een partij bloemen een trend te zien waarbij de bloemen van de rassen Pre Semmy, Rich en Suri langer houdbaar zijn in de winter en voorjaar, en korter houdbaar in de herfst en de zomer. Whisper daarentegen heeft over alle meetmomenten heen een vrij constante houdbaarheid. Mogelijk heeft dit te maken met de teelttemperatuur.

De verschillen tussen behandelingen zijn per inzet moment klein. Er zijn drie uitzondering hierop:

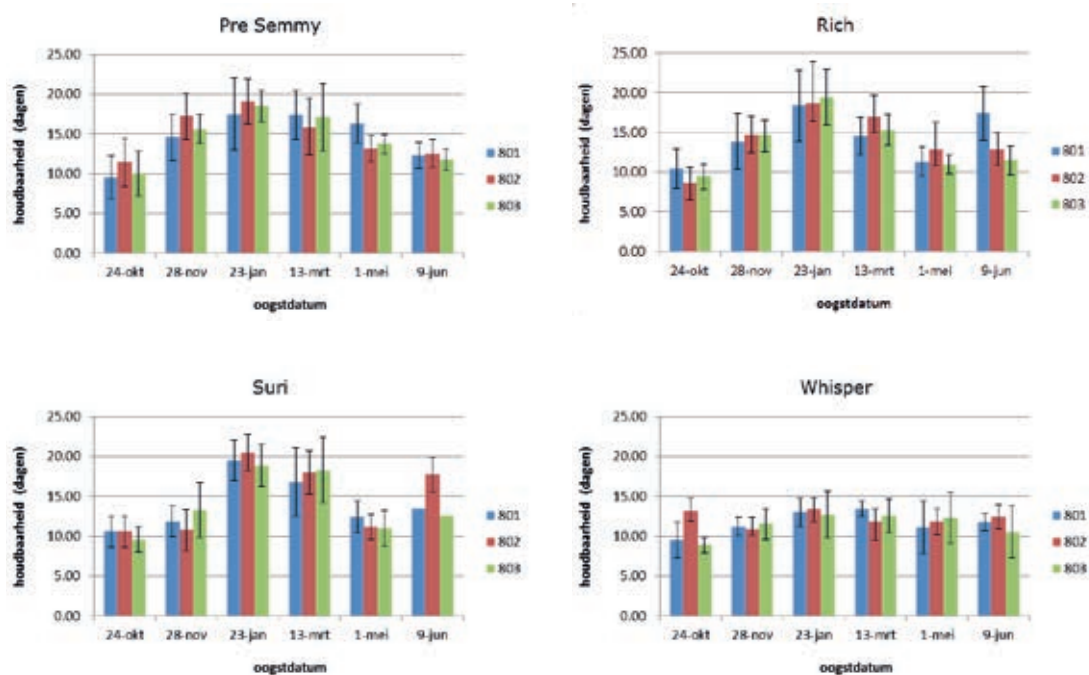
- Suri geoogst op 9 juni was langer houdbaar in de referentie behandeling (op dat moment die met de lagere temperatuur).
- Whisper geoogst op 24 oktober was eveneens langer houdbaar in de referentie behandeling, ook op dat moment de koelste.
- Rich geoogst op 9 juni was langer houdbaar in de behandeling Middellange dag, 801. Dit was te verklaren door veel Botrytis op de lintbloemen van bloemen uit de andere twee kassen. Zie verder hieronder.

De belangrijkste reden voor het beëindigen van het vaasleven in oktober, november en januari was uitbloei; dit uitte zich per ras anders: Suri bloemen sluiten vaak het bloemscherm als een dichte paraplu of vervormen; bij Pre-Semmy en Rich krullen de lintbloemen vaak naar buiten, Rich en Whisper verkleurden naar blauw en/of de lintbloemen vervormden.

De houdbaarheid van de vier rassen was in januari het langst, en in oktober en mei het kortst. In mei deden zich knikkende stelen bij Rich en Whisper voor in de kassen 801 en 803 (niet in de referentie). Uit een eerdere proef (García Victoria *et al.* 2017), weten we dat dit veroorzaakt wordt door hoge teelttemperatuur, waardoor de weefsels in de steel onvoltooid zijn als de snel gerijpte bloem van de plant wordt afgesneden. Bij Pre Semmy werd de steel direct onder de bloem dun en kon het gewicht van de bloem niet meer dragen, en ging dan scheef hangen en werden de lintbloemen slap. Dit hebben wij "het insnoeren van de nek" genoemd. Het is aannemelijk dat er een vergelijkbare histologische oorzaak is als voor het knikken van de steel.

In mei en juni was er ook veel Botrytis op de lintbloemen bij alle rassen. Het ergst aangetast waren de bloemen uit kas 803 en wat minder in kas 802. De bloemen uit 801 waren niet of nauwelijks aangetast. Vermoedelijk is dit het effect van chemische bespuitingen, kort voor de oogst uitgevoerd, einde van de middag, waardoor de bloemen nat de nacht in gingen. De kassen zijn in deze volgorde gespoten: 801, dan 802 en tot slot, 803. De laatst gespoten kas had de meeste last hiervan, de eerst gespoten geen, de middelste kas in volgorde en positie liet ook een gemiddelde aantasting zien.

De incidentie van Botrytis en steel knik of insnoer is weergegeven in Tabel 11.



Figuur 47 verloop van de houdbaarheid van de bloemen per ras en per behandeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

De gegevens per oogstdatum en ras zijn te vinden in Bijlage 6.

Tabel 11

Percentage stelen van de bloemen geoogst in mei en juni die knikten of insnoerden tijdens het vaasleven; en percentage bloemen met Botrytis pokken op de lintbloemen. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

1-5-2017	% knik/ insnoer				% botrytis			
	Rich	Pre Semmy	Suri	Whisper	Rich	Pre Semmy	Suri	Whisper
801	30	0	0	10	0	0	0	0
802	0	0	0	0	30	50	0	0
803	10	0	0	10	90	80	80	50
9-6-2017								
801	0	40	0	0	0	80	0	0
802	90	80	30	50	10	70	0	0
803	10	80	90	60	10	90	0	20

3.8 Destructieve waarnemingen

Aan het begin en het einde van de proef zijn drie planten per kas per ras uit de kas gehaald voor het in detail waarnemen van de omvang van het gewas. Dezelfde metingen zijn in de winter maanden (tussen oktober en maart) maandelijks herhaald om de invloed van de behandelingen op de omvang van het gewas te beoordelen.

3.8.1 Gewas omvang

De omvang van het gewas kan gedefinieerd worden door drie variabelen:

- Het gemiddeld aantal bladeren per plant.
- De totale bladoppervlakte (uitgedrukt als Leaf Area Index, LAI).
- De gemiddelde lengte van de langste 5 bladeren.

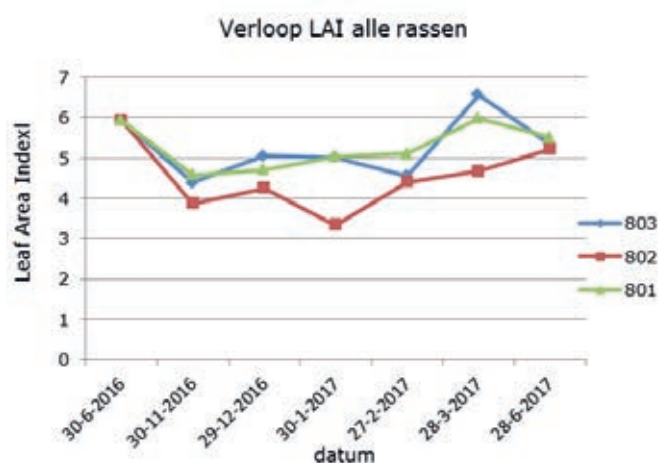
Deze drie variabelen zijn per behandeling grafisch weergegeven voor alle rassen gemiddeld in Figuur 48 tot en met Figuur 51.

Uit de figuren blijken enkele trends per behandeling voor alle rassen te gelden:

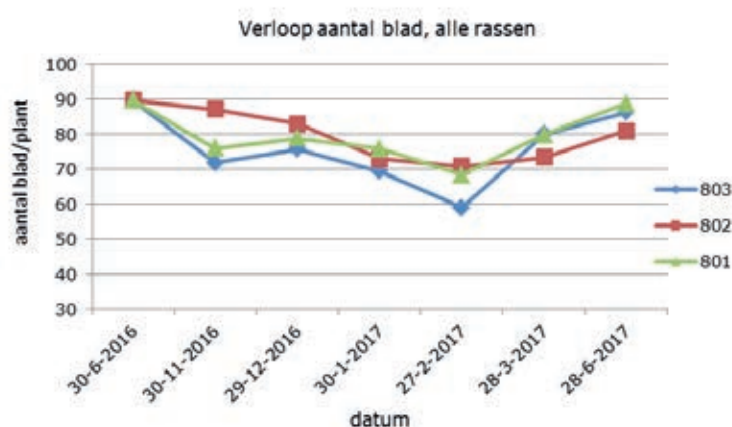
- Het aantal bladeren per plant varieert tussen 60 en 90, en vertoont een afname in de winter. De afname zet het snelst in de kassen waarbij een langere dag wordt aangehouden vanaf oktober, en bereikt het diepste punt eind februari in de kas met de langste dag. Hoewel er continu nieuwe bladeren gevormd worden, sterft veel blad in de winter af, dat is te zien in het totaal aantal bladeren en in de hoeveelheid afgestorven bladeren aan de rand van de pot.
- De totale bladoppervlak of LAI, is ook lager in de winter (deze bedraagt 4-5 in de metingen tussen november en februari, en 5-6 in de meting van juni en maart. Er is een duidelijk zichtbare invloed van de daglengte op de LAI, waarbij een kortere dag tot een lagere LAI leidt. Dit bevestigt het visueel beeld van de telers van de begeleiding groep die steeds waargenomen hebben dat het gewas in de referentieafdeling 802 compacter was.
- De toename in bladoppervlak in de kassen met een langere dag is niet te danken aan meer blad (in november en februari was er in de referentie behandeling juist ca. 10 blad per plant extra, terwijl het verschil in december en januari is afwezig), maar aan de langere, grotere bladeren: de 5 langste bladeren van iedere plant zijn 5 tot 10 cm langer in de kassen met dag verlenging in de winter dan in de kas waarbij de daglengte beperkt bleef tot 11.5 uur.
- De grotere bladlengte en bladoppervlak in de kassen met dag verlenging in de winter gaat ook gepaard met een groter totaal bladgewicht.

Er zijn er echter ook verschillen tussen cultivars.

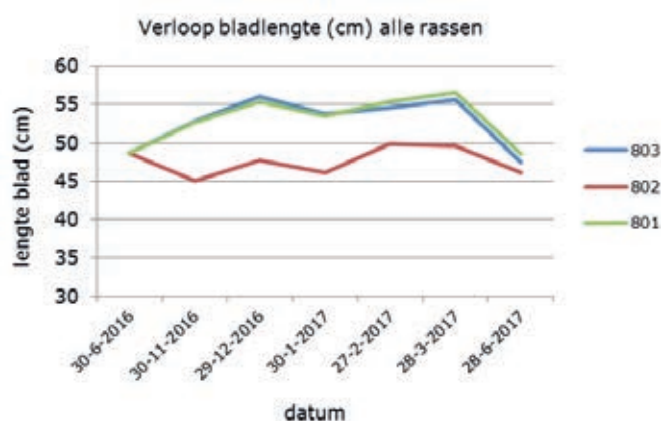
Zo heeft bij voorbeeld Whisper in vrijwel alle meetmomenten het meest aantal bladeren, en heeft Pre Semmy de langste bladeren en mede daardoor het grootst oppervlakte aan blad per plant totaal. Daarom zijn de afzonderlijke resultaten per ras per waarnemingsdatum en behandeling ook in dit verslag opgenomen in Bijlage 7.



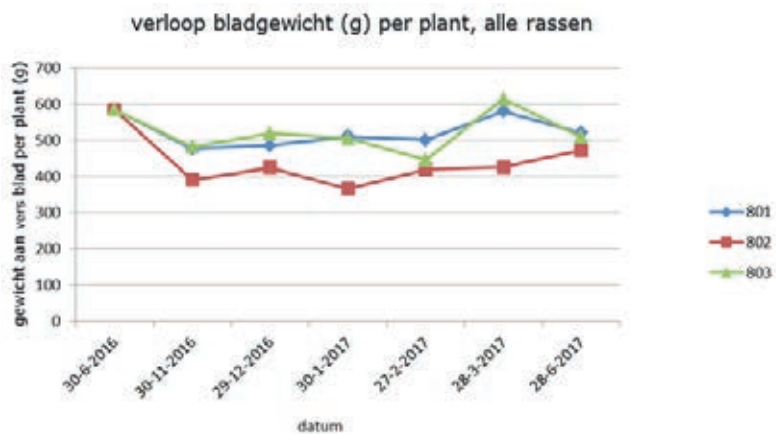
Figuur 48 Verloop in de tijd van de totale bladoppervlak van de planten (gemiddeld over de vier rassen) per klimaat/daglengthte behandeling, uitgedrukt als Leaf Area Index, LAI (m^2 blad per m^2 kas). Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.



Figuur 49 Verloop in de tijd van het totaal aantal bladeren per plant (gemiddeld over de vier rassen) per klimaat/daglengthte behandeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.



Figuur 50 Verloop in de tijd van de maximale bladlengthe van de 5 langste bladeren per plant, (gemiddeld over de vier rassen) per klimaat/daglengthte behandeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.



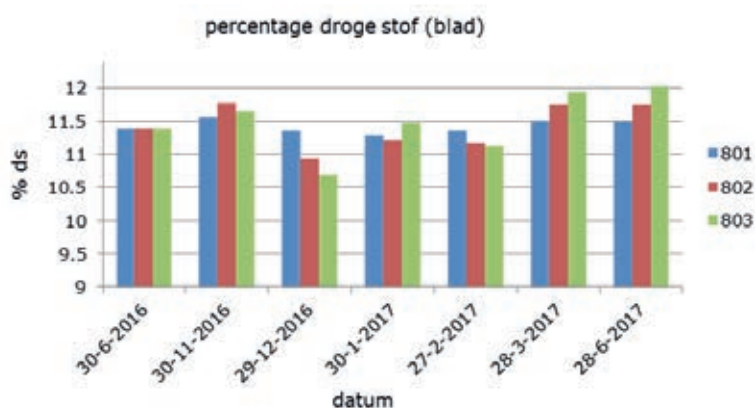
Figuur 51 verloop in de tijd van het totaal gewicht van de verse bladeren per plant (gemiddeld over de vier rassen) per klimaat/daglengthe behandeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

3.8.2 Percentage droge stof

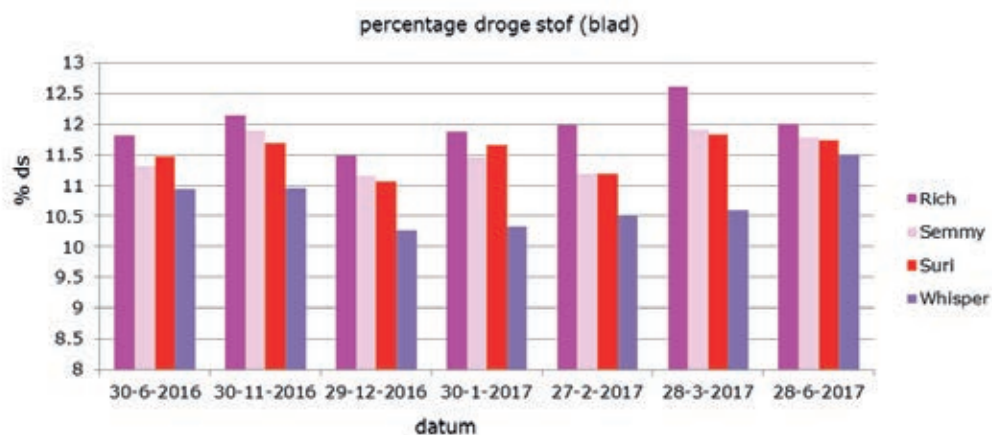
Het percentage droge stof is bij alle destructieve metingen voor apart het blad en de bloemen en knoppen bepaald.

Het percentage droge stof in het blad varieert tussen 10.2 en 12.7. Daarbij zijn een aantal trends te signaleren, zowel per behandeling (Figuur 52) als per ras (Figuur 53) en per periode (beide figuren):

- Het percentage droge stof in het blad is het laagst bij Whisper in alle metingen (10.6% gemiddeld over alle metingen) en het hoogst bij Rich (12.0%).
- De meting van december geeft voor alle rassen en behandelingen de laagste percentages droge stof in het blad.
- De invloed van de behandeling varieert in elke meting. Het meest opvallende is het resultaat van december, waarbij er een invloed lijkt te zijn van de daglengthe op de droge stof percentage in het blad: bij de langste dag was de droge stof percentage ook het laagst. Maar bij 13 uur was er weer meer droge stof dan bij 11.5 uur.



Figuur 52 Percentage droge stof in het blad per meetmoment en per behandeling. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.



Figuur 53 Percentage droge stof in het blad per meetmoment en per ras. Behandelingen 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.

Het percentage droge stof van de bloemen en knoppen aanwezig in de plant op het moment van de bepaling varieert tussen 9.9 en 12%. Dit getal wordt ongetwijfeld sterk beïnvloed door het aantal bloemen en knoppen dat per plant aanwezig zijn op de plant (die varieert in deze meetset van in totaal 216 planten tussen de 1 bloem per plant en de 21 bloemen en knoppen per plant). Ook het ontwikkelstadium waarin ze verkeren zal van invloed zijn, en daarom hebben wij deze waardes niet getoond.

Opvallend is het dat bij Suri altijd een hoger droge stof gehalte wordt gemeten dan bij de overige rassen, met uitzondering van de meting in december.

In november en februari hebben de bloemen uit de kas met de korte dag de hoogste droge stof percentage, in de overige meetmomenten wisselen de waardes veel.

4 Discussie en conclusies

Dit onderzoek is opgezet met als doel het energiegebruik in de gerbera teelt nog verder te verlagen, door enerzijds nog beter isolerende schermen te gebruiken, voor een directe besparing op warmte. En anderzijds door de bestaande lichtinstallaties beter te benutten: langer belichten in de winter in plaats van de intensiteit te verhogen; in het gewas ingrijpen om de lichtonderschepping door het gewas te verbeteren.

De hypothesen waarop de proef is gebaseerd zijn afgeleid uit het resultaat van eerder onderzoek (Gerbera teelt in balans, García Victoria *et al.* 2017). We bespreken hieronder de behaalde resultaten in het licht van de vooraf geformuleerde technische doelstellingen.

4.1 Technische doelstelling 1

Door het gebruik van betere isolatie met de nieuwe generatie schermen met een kleine spouw verwachtten wij het energie input beperkt te kunnen houden op de zeer lichte, koude dagen. In deze omstandigheden is soms 's nachts energie nodig om, ondanks twee dichte doeken, bij hoge PAR sommen de gewenste etmaaltemperatuur te halen.

Gedurende het onderzoek is ervaring met deze doeken opgedaan. De temperatuur blijkt lang onder de doeken te blijven hangen; in nachten waar het buiten warm was, was het nodig om iets te kieren met de doeken om wat warmte af te voeren.

Het doek met spouw isoleert heel goed, door de gestapelde doeken ontstaan er temperatuurzones, in plaats van een temperatuurgradiënt: de lucht boven de schermen, onder de nok, ligt heel dicht bij de buitentemperatuur; het onderste schermdoek uit het spouwscherm erg dicht ligt bij de temperatuur van de kaslucht. Het bovenste schermdoek uit het spouwscherm ligt in temperatuur dicht bij de kasluchttemperatuur dan bij de lucht boven het scherm vooral in nachten met een buitentemperatuur onder 10°C want dan ligt boven het verduisteringsdoek ook een energiescherm dicht.

Door deze gelaagdheid in de temperaturen, is de plant temperatuur in de nacht onder de gesloten schermen heel dicht bij de kastemperatuur, en net iets lager dan de schermtemperatuur. Hierdoor volgt, maar ook uit de metingen, dat de netto straling verlies door het gewas 0 of heel dicht bij 0 is.

Het is niet mogelijk een uitspraak te doen over de energiebesparing potentie van de spouw tussen twee bestaande doeken zonder vergelijk in de winter. Door het spouwscherm zal de absolute besparing beperkt zijn, naar schatting zal de besparing in de orde grote van enkele procenten uitkomen.

4.2 Technische doelstelling 2

De source limitering bij gerbera in de winter opheffen of verminderen, door geleidelijk een extra lange dag in te voeren met de bestaande intensiteiten tussen oktober en februari (dus niet door hogere lichtintensiteiten op te hangen). Dit verhoogt de dagelijkse lichtsom met 1.5 Mol.

Deze doelstelling was gestoeld op resultaten van twee eerdere onderzoeken:

- Om de verhouding lichtsom/etmaal temperatuur in evenwicht te houden, dwingen de lage lichtniveaus tot hele lage teelttemperaturen in de winter. Lage etmaaltemperatuur+lage lichtniveaus zorgt voor een toename in het aantal graaddagen dat nodig is om een bloem te ontwikkelen. Om de groeisnelheid te behouden, was de gedachte dat het verlengen van de dag in winter en daardoor de temperatuur iets verhogen, deze "source limitering" zou kunnen opheffen.
- Verlengen van de dag lijkt niet de meest passende oplossing voor Gerbera, een korte dag gewas. Uit onderzoek van Dueck *et al.* (winter 2014-2015) bleek echter dat langere dagen tot 13 uur mogelijk waren bij lage teelttemperatuur (15°C). Uit onderzoek in de winter 2015-2016 (García Victoria *et al.* 2017) bleek wederom bij gelijke daglichtsom in de winter geen verschil te zijn in productie tussen een korte dag (11.5 uur) en een langere dag (13 uur) tussen oktober en februari, zelfs als de teelttemperatuur niet zo laag was als nodig geacht.

De beoogde doelstelling is echter niet behaald. Het geleidelijk verlengen van de dag in de winter naar 13 of 15 uur, met een evenredige verhoging van de etmaaltemperatuur (minimaal 16°C) heeft niet geleid tot een verkorting van de uitgroeiduur; in de winterweken was dit eerder andersom. Het heeft ook niet geleid tot de daardoor verwachte verhoging van de productie in aantal stelen of tot een grotere bloemdiameter.

De extra licht-uren hebben geresulteerd in een ongewenste vegetatieve groei, wat heel goed te zien is aan de destructieve metingen die het winterhalfjaar maandelijks zijn uitgevoerd: soms minder blad maar toch een groter LAI (bladoppervlak per grondoppervlak) mede door 5-10 cm langere bladeren.

Niet alleen het blad werd langer: ook de bloemstelen werden tot 10 cm langer dan in de referentie behandeling met een daglengte van 11.5 uur en vergelijkbare etmaaltemperatuur (bij het ras Whisper was de steellengte minder beïnvloed door de daglengte).

De extra lengte was niet pure strekking bij even veel gewicht: zowel de bladgewichten als de takgewichten namen toe in de behandelingen met dag verlenging. Geconcludeerd kan worden dat de extra licht wel degelijk door de plant benut werd, maar niet is omgezet in een snellere afsplitsing van nieuwe bloemen en bladeren of meer scheuten, maar werd omgezet in zwaardere, langer blad en zwaardere, langere stelen. De langere stelen hebben een neiging tot omvallen uit het gewas; dit effect werd versterkt doordat vanwege het langere blad, de plant is wat minder compact in het hart en biedt de bloemen minder ondersteuning. Door dit gecombineerd effect vielen veel bloemen om, vooral bij het ras Suri, waardoor ze kromgroeiden of beschadigden en onverkoopbaar werden.

Deze waarnemingen komen overeen met ervaringen uit de praktijk.

4.3 Technische doelstelling 3

Bij een hogere lichtsom hoort een hogere etmaaltemperatuur, is de gedachte. Een hoger etmaal zal de afrijping van knoppen vermoedelijk stimuleren, wat weer tot het opheffen van eerder waargenomen sink-limitering.

Deze doelstelling is technisch behaald tussen 1 november en eind april; daarbuiten is het niet gehaald. Gewas fysiologisch roept deze gedachtegang vragen op.

De realisatie van de gewenste verhouding lichtsom/etmaaltemperatuur is ondersteund door software ontwikkeld door Hoogendoorn B.V. voor de klimaatcomputer bij WUR. Effectief werkte die vanaf 1 november, eerder was de software niet voldoende ontwikkeld en steunde de realisatie op veelvuldig handmatig corrigeren, met alle risico op fouten van dien. Vanaf november tot 13 mei is de streeflijn per afdeling redelijk gevolgd. Daarna werd het relatief te warm in de afdelingen door de hoge toegelaten dag temperaturen, die in de nacht onvoldoende gecompenseerd konden worden.

De periode die voor het etmaal wordt gekozen blijkt een belangrijk aandachtspunt. Dit kan verschillend worden ingesteld op klimaatcomputers. Een periode van middernacht tot middernacht geeft bij lichtsom afhankelijke regelingen andere verhoudingen als daarin de nacht voor de dag periode al wordt meegerekend, dan een periode van licht-aan tot licht-aan, waarbij alleen de volgende nacht wordt gebruikt.

Een tweede punt van aandacht is dat een lichtsomafhankelijke regeling gebaseerd op weersvoorspelling verstoord wordt door het verduisteren bij een bepaalde daglengte.

Een ander belangrijke aandachtspunt is hoe de etmaaltemperaturen worden gehaald: door aan het einde van de dag flink te luchten boven het scherm, en daarna na te verwarmen, zoals de huidige regeling op gewenste temperatuur aanstuurt, (getoond met een voorbeeld dag in juni) leidt tot onnodig energiegebruik. De hoge etmaal kan energiezuiniger gerealiseerd worden dan in onze proef het geval was als er geen beperking is aan de maximum temperatuur en als in de ochtenduren de temperatuur sneller op mag lopen om overdag voldoende graaduren te halen. Dit moet wel vanuit gewasperspectief verantwoord zijn.

De software regeling werkte hiervoor onvoldoende goed doordat er achteraf gecorrigeerd werd wat bij een meer voorspellende sturing waarschijnlijk gunstiger uitpakt gunstiger uitpakt.

Dit is iets om in volgende versies van de software in te bouwen.

De door de Flori Consult Groep ontwikkelde strategie voor Lichtafhankelijk telen die in dit onderzoek als 'Referentie behandeling' is gevolgd is op deze gedachte gebaseerd. In het onderzoek van García Victoria *et al.* 2017 is geconcludeerd dat er bij gerbera ervoor gewaakt moest worden dat door de helling van de lijn bij hoge daglichtsommen de temperatuur niet al te hoog oploopt. Gevolgen van het nastreven van te hoge temperaturen in relatie tot de daglichtsom leiden in het voorjaar en zomer tot ongewenste warmtevraag, waardoor energetisch nadelig, en leidde een sterk lichtafhankelijke strategie tot een te snelle uitgroei en daardoor tot onvolledige stelen die knikten tijdens het vaasleven en tot kleinere diameters.

De in het hierboven beschreven onderzoek gehanteerde temperatuurstrategie was daarom gematigd lichtafhankelijk: waar in het vorig onderzoek, op lichtrijke dagen van bijvoorbeeld 20 Mol PAR/ m² een etmaaltemperatuur van 25°C werd gerealiseerd, werd in het huidige onderzoek een etmaal van 22.5°C gehanteerd (21.5°C in de referentie behandeling). Ondanks deze "matiging" zien we nadelige effecten van de hoge etmaaltemperaturen op de takgewichten: die waren enkele grammen lager tot week 44 en vanaf ongeveer week 18. De bloemdiameters vertonen bij de vier rassen de grootste daling over de hele proefperiode vanaf week 16-20. Ook de houdbaarheid lijkt een seizoen patroon te vertonen waarbij de bloemen geteeld onder lagere etmaaltemperaturen (als gevolg van de lagere lichtniveaus) langer houdbaar zijn dan de bloemen die onder hoge licht en hoge temperatuur in najaar en voorjaar zijn geteeld. Waar de drempelwaarde voor temperatuur ligt is niet onderzocht, maar als we de periode voor week 44 en de periode na week 16 bekijken, dan zou het voorzichtig gezegd kunnen worden dat het nastreven van etmaal temperatuur ruim boven 20°C niet bevorderlijk is voor de kwaliteit bij gerbera. In die zin bevestigt dit onderzoek de resultaten van het onderzoek van 2014-2015 en van het onderzoek van 2015-2016. De productie met een koel telen strategie was in de voorgaande onderzoeken kwalitatief beter door de hogere takgewichten. Nu dat er geen koelstrategie tussen zat, zien we een algemene afname van de kwaliteit bij alle behandelingen in de periode met hoge etmaal temperaturen.

4.4 Technische doelstelling 4

De doelstelling luidt: meer kennis opdoen over de bijdrage van het blad (jong blad/ oud blad) aan lichtonderschepping, verdamping en aan het samenspel tussen licht, temperatuur en aanmaak en verbruik van assimilaten op de plantbalans.

Voor het behalen van deze doelstelling zijn verschillende activiteiten verricht: jong of oud blad is verwijderd om met afnemend licht minder assimilaten naar het blad te laten gaan zodat er meer assimilaten naar de bloemen kunnen worden gestuurd, zoals bij andere gewassen het geval is. Ook is er gekeken of juist oud blad moet worden verwijderd als fotosynthetisch minder actief is, in nabootsing van het natuurlijk proces waarbij de plant zelf het oud blad laat afsterven in de winter, zodat er meer licht kan worden onderschept door de jongere bladeren.

De bijdrage aan de fotosynthese van blad van verschillende leeftijd/ ontwikkelingsstadia is op drie momenten in het jaar bepaald. Ook zijn er oriënterende metingen gedaan van nachtrespiratie bij planten die bij drie verschillende temperaturen waren geplaatst.

Tot slot zijn bladeren gelabeld om een indicatie te krijgen van de ontwikkelduur van het blad.

Gebleken is dat een zeer jong blad al binnen 4 weken volgroeid kan zijn. De levensduur van een blad dat met afnemend licht is ontwikkeld is ongeveer 3 maanden; als het ontwikkeld wordt met toenemend licht, kan het een langere levensduur hebben.

De plant laat oud blad sterven in de lichtarme maanden van het jaar. Binnen drie maanden is er in droge stof bijna evenveel dood blad onder aan de pot als levend aan de plant.

Bij laag licht, zoals in de wintermaanden, is de fotosynthese van het jonge en het oude blad ongeveer gelijk aan die van het volgroeid blad. Een zeer jong blad kan al aardig wat foto synthetiseren, maar heeft door de hoge groeisnelheid een hogere dag ademhaling.

Bij hogere lichtniveaus nemen de verschillen in fotosynthese capaciteit van de bladeren van verschillende leeftijd toe: het efficiëntst zijn de volgroeide en jonge bladeren maar het zeer jonge blad draagt al aanzienlijk bij aan fotosynthese. Het oude blad is het minst efficiënt.

Bij blad wat gedurende langere tijd onder laag licht komt te liggen, sluiten de huidmondjes en wordt het blad fotosynthetisch inactief. Zo lijken er 2 soorten oude bladeren te zijn: inactief, deze sterven snel af, of functioneel. Mogelijk wordt dit gestuurd door de hoeveelheid licht die ze nog kunnen onderscheppen.

Uit de nachtrespiratiemetingen zijn ook interessante waarnemingen gedaan. De huidmondjes blijken zich al snel sluiten na het donker worden, maar de gemeten geleidbaarheid was nooit 0. De huidmondjesopening lijkt, gestuurd door de biologische klok van de plant, op het natuurlijke licht te anticiperen. De gemiddelde respiratie neemt met de temperatuur toe, en vertegenwoordigt ongeveer 5% van de dag fotosynthese.

In overeenstemming met deze bevindingen, dat al het blad een positieve bijdrage levert aan de fotosynthese, behalve als het volledig onderin het gewas komt te liggen (in dat geval sterft het af), blijken alle toegepaste bladsnoeibehandelingen, of het nu was jong blad of oud blad verwijderen, tot een verlaging van de bloemproductie te leiden bij het ras Rich.

4.5 Energiedoelstelling

Beoogd wordt:

- Reductie primair energieverbruik voor warmte.
- Verhoging van productie.
- Een betere benutting van de bestaande belichtingsinstallaties (90 tot $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) en de behoefte voor hogere lichtintensiteit afremmen.

Het warmte gebruik in de winter ligt door het spouwscherm naar verwachting enkele procenten lager, maar kan niet betrouwbaar berekend en ook niet geschat te worden.

In de strategieën met middellange dag en lange dag in de winter, is door het langer gebruiken van de lampen minder warmte vaag. De vraag is of dit vanuit bedrijfseconomische perspectief gewenst is als elektriciteit wordt opgewekt met een WKK. Er is dan meestal voldoende warmte beschikbaar. Het is wel mogelijk op momenten dat de buffer te kort schiet om tijdelijk meer te belichten en zo de warmtebehoefte aan te vullen. Verder is het uit het energieverbruik af te lezen dat de twee strategieën waarbij de verhouding lichtsom en etmaaltemperatuur steiler is, tot een toename van het energiegebruik in de periodes met hogere daglichtsom. Dit is deels het gevolg van beperkingen in de klimaatregeling en grotendeels onnodig gebleken.

Door een langere daglengte wordt de belichting beter benut, maar dit geeft bij drie van de vier rassen een ongewenste toename van lengte blad en steel. De korte daglengte is juist gunstig voor een compact gewas met stevige steel.

De productie in aantal bloemen werd door een langere daglengte niet verhoogd.

4.6 Nevendoelstellingen

In het project zijn een aantal neven doelstelling geformuleerd.

4.6.1 Teeltzekerheid vergroten door een betere vochtbeheersing

In de winter en voorjaar is vochtbeheersing met behulp van VentilationJet en ventileren boven een gesloten scherm goed uitvoerbaar gebleken.

4.6.2 Het Nieuwe Telen beter kunnen toepassen met eenvoudige regelingen door een groter verschil in temperatuur tussen binnen en buiten

Aan deze doelstelling is vrijwel niet gewerkt, omdat de aandacht vooral uitging naar de regeling van de etmaaltemperatuur op basis van gerealiseerde en verwachte lichtsom.

4.6.3 Meer leren over sturingsinstrumenten voor plantbalans

Aan deze doelstelling is beperkt voldaan.

In de plantbalans gedachte wordt aanbevolen te streven naar een lage plantbelasting in combinatie met hoge temperaturen, ervan uitgaande dat een hoge plantbelasting correleert met vertraagde afrijping (welke is oorzaak en welke is gevolg?) en lagere producties. Registratie van de plantbelasting is daarbij een hulpmiddel bij verschillende glasgroentegewassen. Plantbelasting gemeten op de hier beschreven manier van een beperkt aantal planten lijkt niet de informatie te bieden die nodig is om te kunnen sturen. Mogelijk biedt de uitgroeiduur, die boven een bepaalde basistemperatuur in graaddagen eenvoudig uit te rekenen is, meer stuurmogelijkheden.

5 Opsomming conclusies en leerpunten

- De lichtdoorlatendheid van het verduisteringsdoek wordt niet verminderd door het aanbrengen van een spouw tussen de doeken.
- Door gebruik te maken van een doek met spouw in de winter verbetert de isolatie van de kas en is het verlies aan netto straling door het gewas 0 of zeer klein. De keerzijde hiervan is dat de warmte ook beter onder blijft hangen, waardoor bij hoge buitentemperaturen het nodig kan zijn om in de nacht iets te kieren met het doek om warmte af te voeren, of moet er voor het sluiten van de verduistering iets worden gelucht.
- Door het aanbrengen van de spouw is de te verwachten energiebesparing slechts enkele procenten, maar een berekening was met deze opzet niet mogelijk.
- In de zomer houdt het spouwdoek meer warmte vast en blijft de gewastemperatuur hoger door een zeer lage netto stralingsverlies naar het warme doek.
- Het geleidelijk verlengen van de dag in de winter tot maximaal 13 of 15 uur, met een evenredige verhoging van de etmaaltemperatuur (minimaal 16°C) heeft niet geleid tot een verkorting van de uitgroeiduur van de bloemen in de winter.
- De langere dag heeft ook niet geleid tot de verwachte verhoging van de productie in aantal stelen of tot een grotere bloemdiameter.
- De extra uren daglengte hebben geresulteerd in een ongewenste vegetatieve groei van het gewas (aanzienlijk langere bladeren en een groter LAI), en flink langere bloemstelen, die makkelijk omvallen waardoor de bloemen onverkoopbaar worden
- Het technisch sturen van de etmaaltemperatuur op basis van de lichtsom is met behulp van hiertoe ontwikkeld software redelijk goed uitvoerbaar in de periode november tot half april. Aandachtspunten hierbij zijn de periode voor etmaal definitie (middernacht tot middernacht geeft andere verhoudingen dan licht aan tot licht aan) en rekening houden met de verduistering bij een eerste voorspelling van de te bereiken daglichtsommen op basis van de weersvoorspelling. Energiezuinig realiseren van de gewenste temperatuur is "next level" lichtafhankelijke sturing.
- Zelfs door het hanteren van een gematigde verhouding tussen licht en temperatuur, zijn er nadelige effecten waargenomen van de hoge etmaaltemperaturen die bij hoge daglichtsommen "horen" op zowel de takgewichten als de bloemdiameters en de houdbaarheid.
- De behandelingen "lichtafhankelijk" met middellange en lange dag in de winter besparen energie op warmte ten opzichte van de referentie vanwege de warmte van de lampen, maar kosten evenredig meer energie aan elektra. In de lichtrijke periode na half april leiden deze behandelingen tot meer, grotendeels onnodig gebruik van energie aan warmte.
- Het verwijderen van jong blad of oud blad met afnemend licht leidt bij de cultivar Rich tot een vermindering van de productie.
- Een blad is binnen 4 weken volgroeid, mits die niet beschaduwd wordt, en heeft een levensduur van ongeveer 3 maanden met afnemend licht en langer met toenemend licht.
- Zeer jong blad (ongeveer 2 weken oud) draagt al bij aan de fotosynthese met ongeveer 50% van de capaciteit van het volgroeid blad, maar vanwege de hoge groeisnelheid heeft het ook een hogere ademhaling.
- Het oude blad draagt het minste bij aan de fotosynthese. Is bij 200 μmol lichtverzadigd, vooral als het sterk en langdurig in de schaduw van het jongere blad komt te liggen. In dat geval sterft het snel af.
- De huidmondjes blijken snel te sluiten na het donker worden en beginnen al voor het licht wordt geleidelijk open.
- De gemiddelde nachtrespiratie neemt met de temperatuur toe, en vertegenwoordigt ongeveer 5% van de dag fotosynthese.

6 Aanvullend onderzoek: Invloed verduisteringsdoek met spouw op kasklimaat in de zomer

6.1 Inleiding

In het gerbera onderzoek "Maximale isolatie en lichtonderschepping" is het gangbare dubbel laags verduisteringsdoek uit elkaar getrokken zodat er een spouw tussen beide doeklagen is ontstaan. Het doek ligt er vanaf september 2016, en vanaf eind november 2016 wordt de doektemperatuur en netto straling voor het gewas gemeten. Op basis van de metingen (zie 3.2) is de conclusie dat het doek heel goed isoleert zonder in te boeten op verduisteringsvermogen, en dat het tot zeer lage netto stralingsverliezen door het gewas leidt. Het doek was echter in alle kassen op dezelfde manier met spouw uitgerust. Een direct vergelijk tussen effecten op het klimaat bij normaal verduisteren en met spouw verduisteren was in deze opzet niet mogelijk. In de proefopzet die tot 30 juni heeft gelopen, was het klimaat onder het doek lichtafhankelijk ingesteld (nagestreefde etmaaltemperatuur afhankelijk van de ontvangen PAR-som dag). Hierdoor is het soms nodig om met het doek te kieren, of onder het doek te verwarmen. De effecten op isolatie zijn hierdoor beïnvloed.

Daarom is na afloop van de in de vorige hoofdstukken beschreven teeltproef, een korte proef uitgevoerd in 2 van de drie afdelingen, teneinde de effecten van het doek met spouw op het kasklimaat in de zomer te volgen, in vergelijking tot die van een normale (dubbel laags zonder spouw) verduisteringsdoek. Als doek om 17.30 uur dichtgaat is de globale straling buiten nog 250-300 Watt.m⁻². Deze energie komt wellicht minder binnen, maar er gaat ook minder warmte naar buiten door de isolerende werking van de doeken.

6.2 Doelstelling

Het doel voor dit onderzoek is het kwantificeren van de effecten van het spouwdoek op het klimaat, de uitstraling en de temperatuur van het gewas onder verschillende situaties in de zomer, in vergelijking met die van een normale verduisteringsdoek.

6.3 Materiaal en methode

Er is gebruik gemaakt van 2 van de 3 de afdelingen met Gerbera die gebruikt zijn voor het eerder beschreven onderzoek 'Maximale isolatie en lichtonderschepping'. In één afdeling (8.02) zijn de doeken gelaten zoals ze waren geïnstalleerd met een spouw en met temperatuur sensoren aan de onderzijde van het onderste doek en in het bovenste doek. Verder is er in de afdeling een netto stralingsmeter aanwezig. In een tweede afdeling (8.03) is de spouw uit het verduisteringsdoek weggehaald en is een temperatuur sensor in het doek geplaatst. In deze afdeling is eveneens een netto stralingsmeter geïnstalleerd.

Gedurende een periode van 6 weken zijn 8 verschillende strategieën bestaande uit combinaties van schermen, luchten of stoken toegepast. De behandelingen zijn in Tabel 12 weergegeven. Het zijn strategieën gericht op de nacht situatie. Overdag is het klimaat in de afdelingen gelijk. Wisseling tussen instellingen zijn overdag gemaakt zodat het klimaatverloop en de netto straling gedurende de nachten was te volgen. Elke behandeling is tenminste 3 nachten gevolgd.

Naast schermtemperatuur en netto straling zijn gegevens geregistreerd van doekstand, raamstand, uitstraling, buiten temperatuur, kas en gewastemperatuur. Al deze gegevens zijn als cyclisch gemiddelde over de periode van een behandeling weergegeven in grafieken. Het nadeel van het cyclisch gemiddelde is dat extreme situaties kunnen worden vervaagd in een gemiddelde. De kans daarop is met een gemiddelde over 3 of 4 nachten echter niet groot. Het voordeel is dat bij de interpretatie per behandeling naar een gemiddeld verloop over de nacht kan worden gekeken en mogelijk meer algemene trends zijn op te merken.

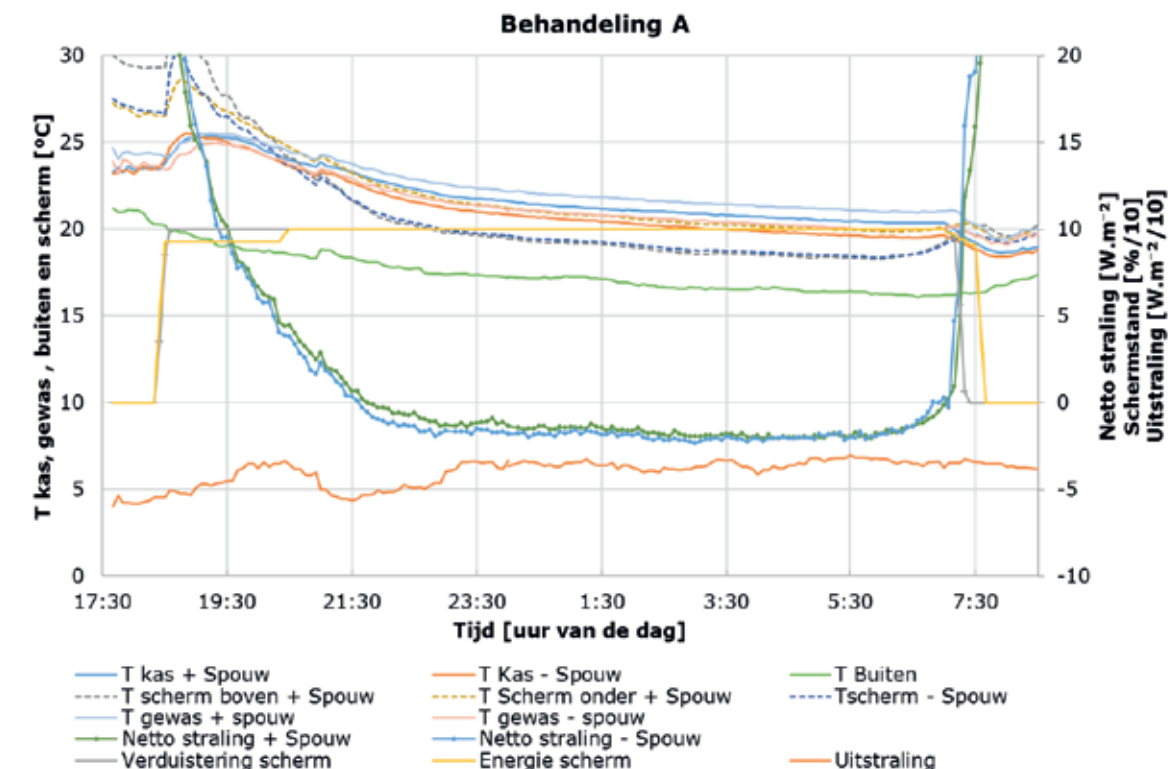
Tabel 12

Strategieën van schermen, luchten en stoken toegepast in de testperiode.

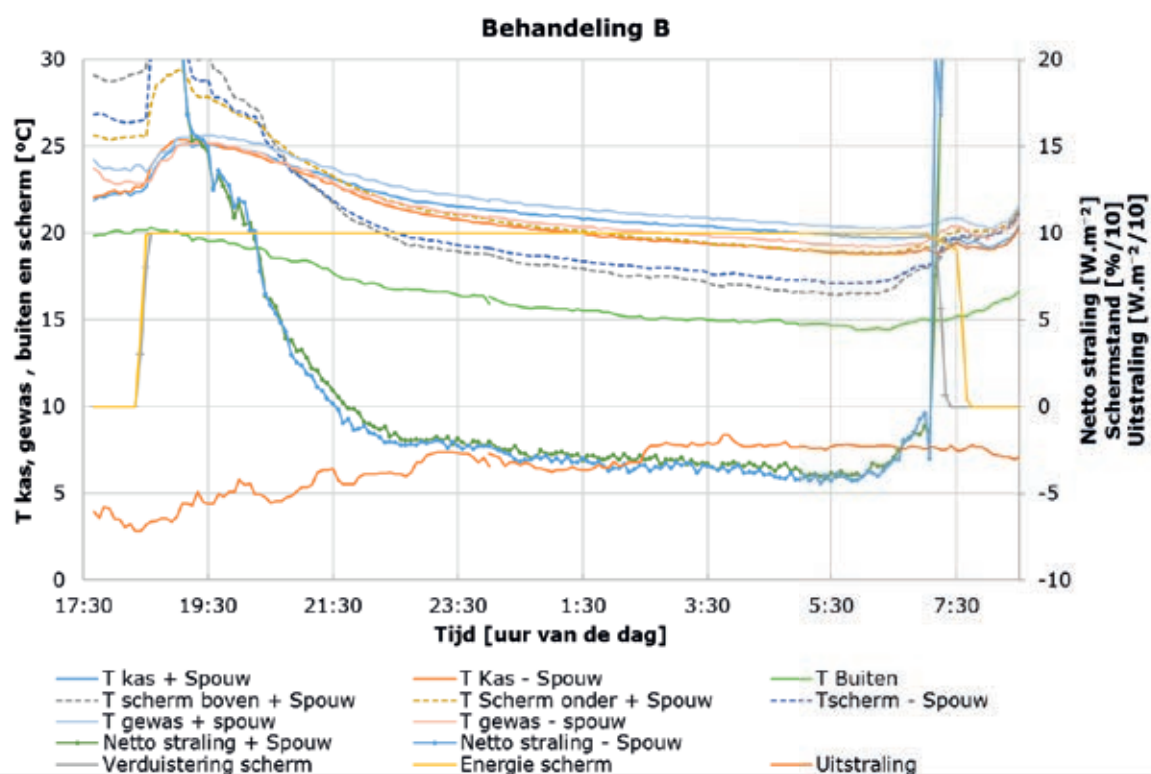
Behandeling	Start	Eind	Verduistering	Energie	Luchten	Stoken
A	18-7-2017 1-8-2017 9-8-2017	21-7-2017 4-8-2017 11-8-2017	Geheel dicht	Geheel dicht	Max 25%	Niet
B	21-7-2017	25-7-2017	Geheel dicht	Geheel dicht	Max 100%	Niet
C	25-7-2017	28-7-2017	Geheel dicht	Geheel dicht	Max 0 %	Tot 22:00 uur op 25 °C, daarna uit
D	28-7-2017	1-8-2017	Geheel dicht	50%	Max 0 %	Tot 22:00 uur op 25 °C, daarna uit
E	4-8-2017	9-8-2017	Geheel dicht	Open	Max 25%	Niet
F	11-8-2017	14-8-2017	kieren in nacht 30%	Geheel dicht	Max 25%	Niet
G	14-8-2017	17-8-2017	kieren in nacht 30%	Open	Max 25%	Niet
H	17-8-2017	23-8-2017	kieren in nacht 2%	Open	Max 25%	Niet

6.4 Resultaten

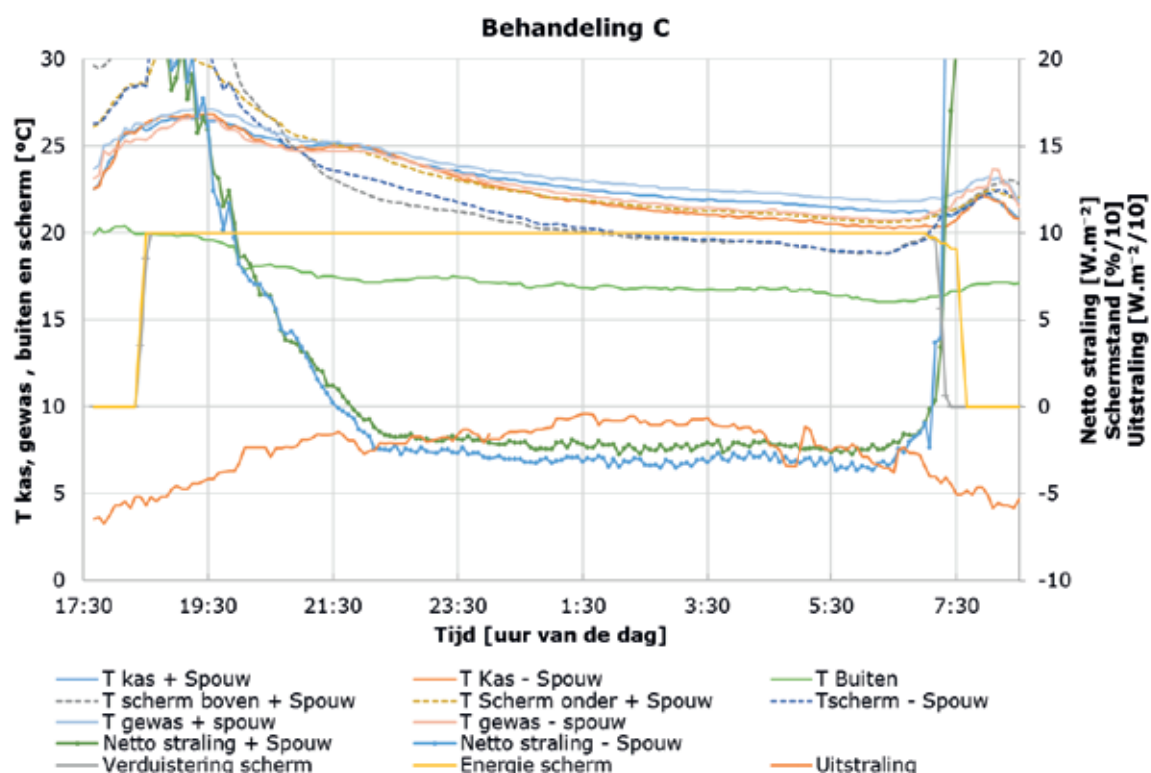
In onderstaande 8 figuren wordt steeds per behandeling een verloop van 's middags 17:30 uur tot de volgende morgen 8:30 uur gegeven. Er staan 13 lijnen in de grafieken. Voor de kas temperatuur, gewas temperatuur en doektemperatuur en voor de netto straling, uitstraling en schermstand. De raamstanden die wel een onderdeel zijn van de behandelingen zijn niet weergegeven.



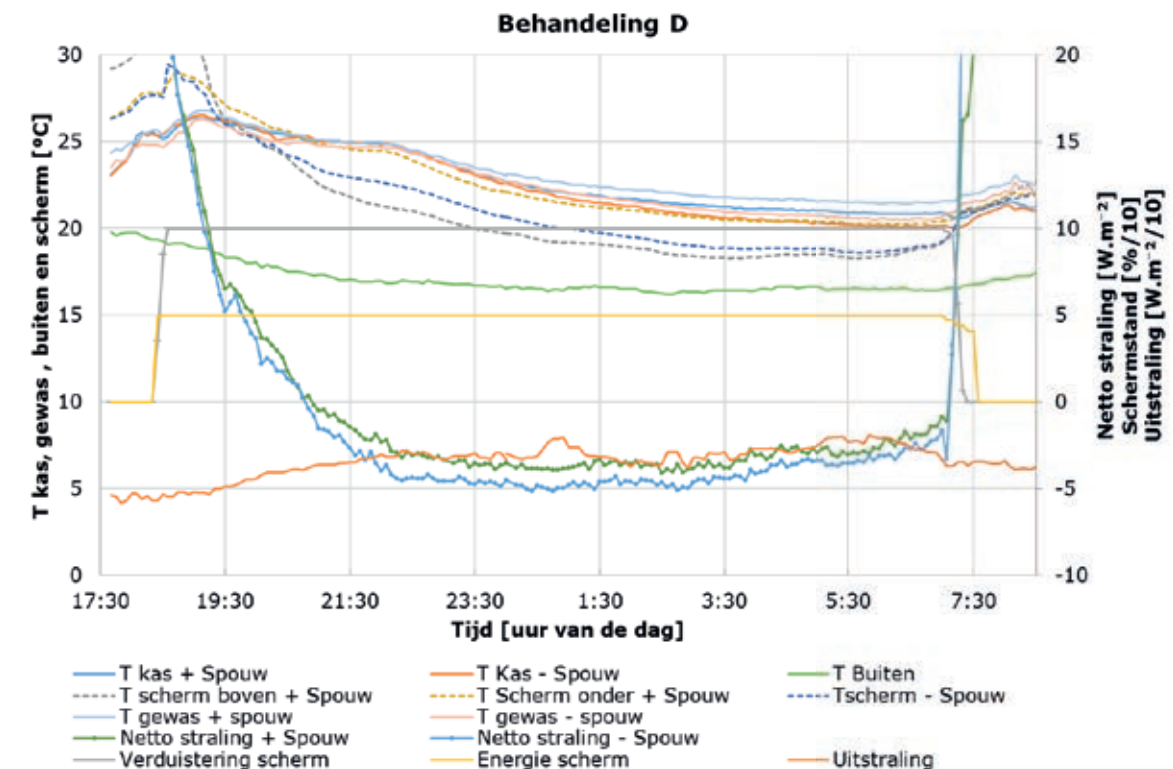
Figuur 54 Resultaten behandeling A, Doeken dicht, niet stoken, maximaal 25% boven doeken luchten.



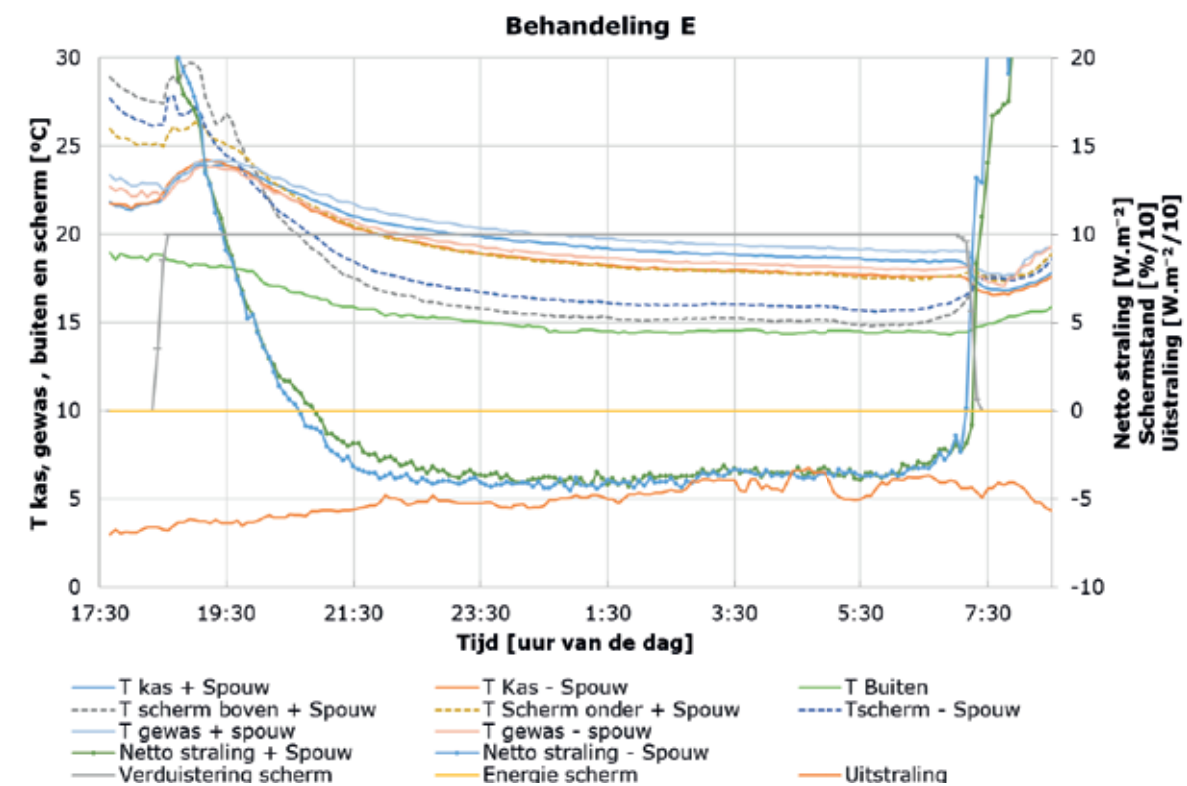
Figuur 55 Resultaten behandeling B, beide doeken dicht, niet stoken, maximaal luchten boven de doeken (tot 100% toegestaan).



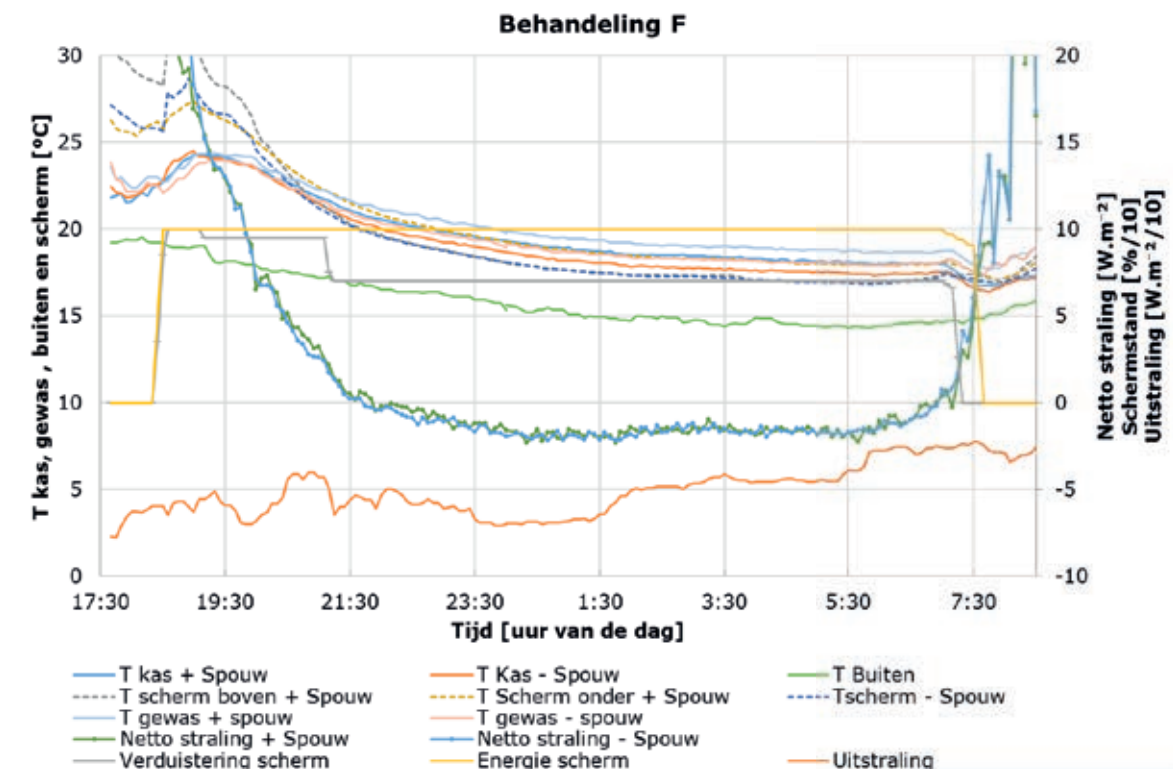
Figuur 56 Resultaten behandeling C, Beide doeken geheel dicht houden, eronder tot 22 uur stoken tot een temperatuur van 25 graden. Luchten boven de doeken is niet toegestaan.



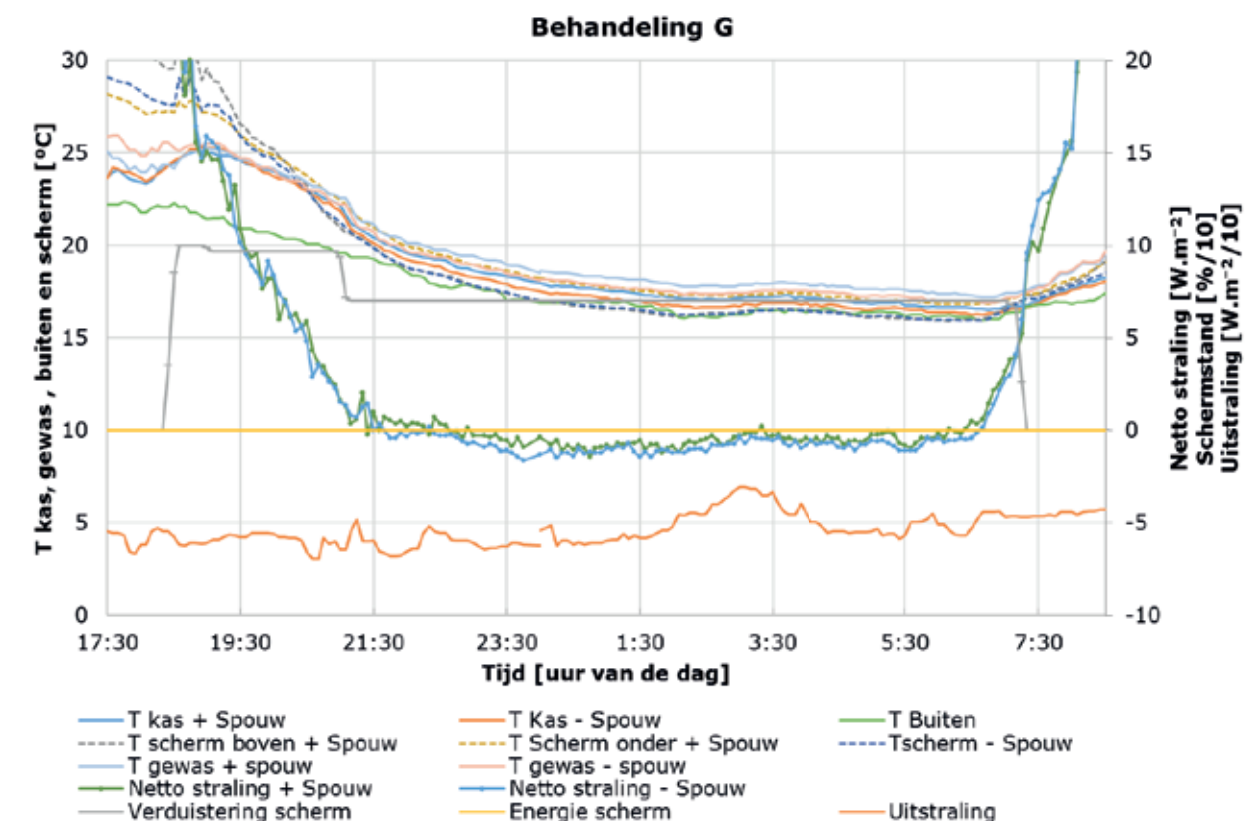
Figuur 57 Resultaten behandeling D. verduisteringsdoek geheel dicht houden, eronder tot 22 uur stoken tot een temperatuur van 25 graden. Luchten boven de doeken is niet toegestaan. Met het energiedoek mag tot 50% worden gekierd.



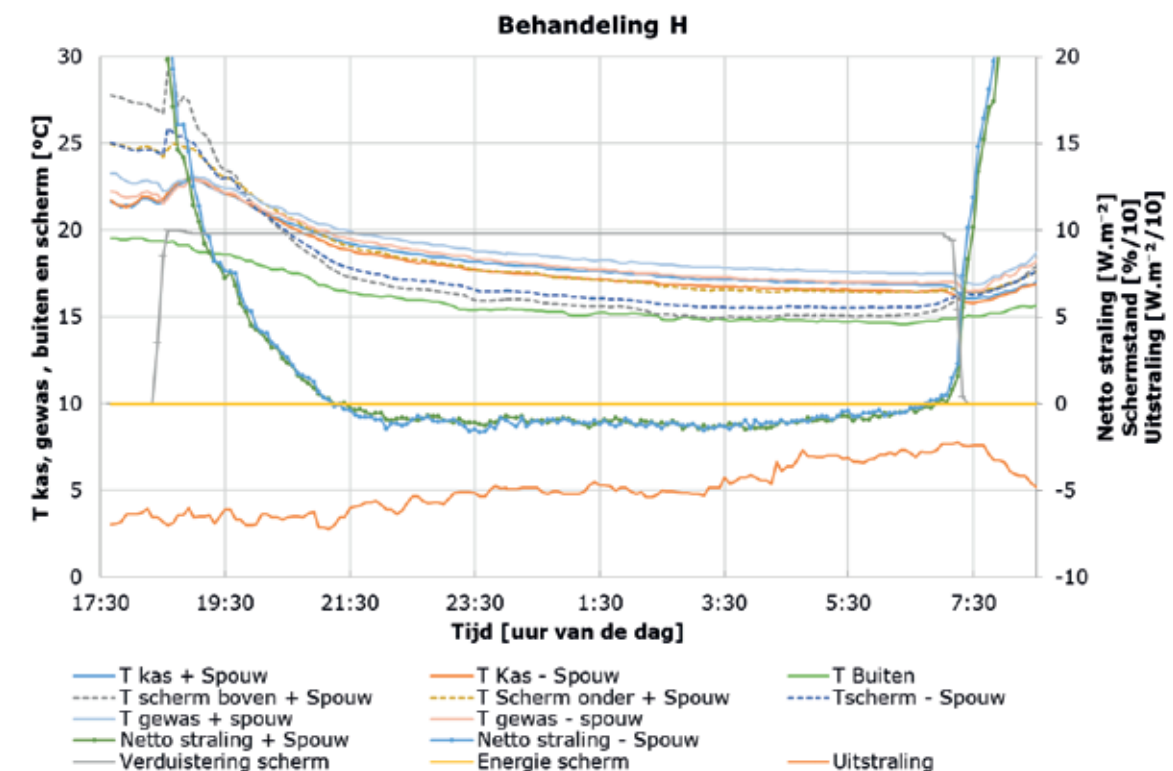
Figuur 58 Resultaten behandeling E. Verduisteringsdoek geheel dicht houden, energiedoek blijft de hele nacht open. Er wordt niet in de kas gestookt. Luchten boven de doeken is tot maximaal 25% toegestaan.



Figuur 59 Resultaten behandeling F. Hier blijft het energiedoek dicht, en mag juist met het verduisteringsdoek tot 30% worden gekierd (als het buiten donker is). Gelucht mag worden tot 25%.



Figuur 60 Resultaten behandeling G. Hier blijft het energiedoek de hele nacht open, en mag bovendien met het verduisteringsdoek tot 30% worden gekierd (als het buiten donker is). Gelucht mag worden tot 25%.



Figuur 61 Resultaten behandeling H. Hier wordt het energiedoek niet gebruikt, en mag iets (2%) met het verduisteringsdoek worden gekierd (als het buiten donker is). Gelucht mag worden tot 25%.

6.5 Discussie en leerpunten

Uit de grafieken zijn een aantal leerpunten te halen:

- De netto straling liep na het sluiten van de doeken geleidelijk naar een negatieve waarde van maximaal 6 W.m⁻². Dit is een kleine uitstraling, maar dit wordt ook gemeten bij de 2SaveEnergy kas en in het project met Paprika bij het Improvement Centre waar met dubbele schermen wordt gewerkt.
- De netto straling in de avond wordt negatief nadat de doektemperatuur onder de gewastemperatuur komt. Dit is fysisch verklaarbaar. Er kan pas sprake zijn van netto straling van gewas naar boven als de doektemperatuur laag is.
- De gemeten planttemperatuur is in beide afdelingen de hele nacht boven de gemeten kastemperatuur.
- De temperatuur van het onderste doek met spouw is dichterbij de kastemperatuur dan het bovendoek en het doek zonder spouw. Het bovendoek en het doek zonder spouw komen in temperatuur meer overeen.
- Kieren in een doek zorgt dat de doektemperatuur meer gelijk is aan de kastemperatuur. Zonder kier is de doektemperatuur lager, waarschijnlijk door de koudere lucht boven het doek. De mate van ventilatie maximaal 25% of 100% had hierop weinig effect. Bij maximaal 100% ventileren daalde de temperatuur meer. Dat is logisch omdat er meer uitwisseling is met de omgeving.
- De netto straling is minder negatief als het verschil tussen doektemperatuur en kastemperatuur klein is. Dit is fysisch verklaarbaar.
- Een scherm met een spouw zorgt voor een nog hogere isolatie van de kas, dit is af te leiden uit de hogere kastemperatuur bij de afdeling met scherm met spouw.
- De doektemperatuur in de avond daalt sterker dan de kastemperatuur. Dit kan alleen als er sprake is van uitstraling van het doek.
- In het algemeen is de uitstraling van het gewas bij gebruik van doeken voor verduistering of isolatie zeer beperkt.

- De gemeten uitstraling in de twee behandelingen met verwarming is lager in de kas met spouw. Dit betekent dat de warmte meer blijft hangen, het doek blijft warmer. Dit kan een na-ijlend effect hebben in de periode daarna. De warmte blijft beter opgesloten bij een doek met spouw. De kas temperatuur is ook wel hoger, maar het verschil gewas-doek is blijkbaar kleiner door het warmere doek: de bloem koelt minder af omdat ze "kijkt" naar een warmere doek).

De verschillen tussen de beide afdelingen zijn klein en kunnen binnen de meetfout van sensoren vallen. Dit is bijvoorbeeld te illustreren aan gewas en kas temperatuur. De kastemperatuur is overdag in beide afdelingen gelijk, terwijl de gewastemperatuur een verschil laat zien van 0.4°C. Correctie voor dit verschil in gewastemperatuur zal het verschil in de nacht kleiner maken, dan nu in de grafieken is af te lezen.

Een doek met spouw zorgt in de zomer dat de kas minder afkoelt.

Literatuur

Dai J. and R.E. Paull, 1990.

The role of leaf development on Anthurium flower growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(6): 901-905.

Dueck, Tom; Kempkes, Frank; Visser, Pieter de; Lagas, Peter; 2015.

Besparen op groeilicht en warmte bij Gerbera Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk. Rapport Nr. 1377

Durieux, A., Nijssen, H.M.C., Van Mourik, N.M., 1997.

Invloed van klimaatfactoren op productie en fotosynthese bij snijanthurium. PBG-rapport 82.

Eveleens, B., Helm, F. van der, Visser, P. de; 2011.

Literatuuronderzoek bloei Gerbera: verkenning informatie voor gewasgroeimodel Gerbera. Bleiswijk, NL: Wageningen UR Glastuinbouw 32 p.

García Victoria, N., Weerheim, K., Van der Helm, F., Kempkes, F., Visser, P., De Groot, M., 2016.

Energiebesparing met LED belichting in Gerbera. Resultaten van 1^{ste} jaar LED onderzoek. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1389

Garcia Victoria, N.; De Gelder, A.; Kempkes, F.; Dings, E.; 2017.

Teelt Gerbera in Balans : de invloed van lichtsom, etmaaltemperatuur en daglengte op productie, energiegebruik en plantbalans. Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw, Rapport GTB 1417

Garcia Victoria, N., 2012.

Onderzoek naar de relaties tussen snoeimethode, klimaat en wortelrot bij Snijanthurium. Bleiswijk: Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport GTB 1211) - 74 p.

Hemming, S., Baeza, E., Mohammadkhani, V. and Van Breugel, B., 2017.

Energy saving screen materials; Measurement method of radiation exchange, air permeability and humidity transport and a calculation method for energy saving. Report GTB-1431, 92pp

Mercurio, G., 2002.

Gerbera Cultivation in Greenhouses, Schreurs, ISN 1766987

Noort, F. van, 1999.

Invloed gewasonderhoud op productie en kwaliteit bij gerbera in een vier- en vijfrijensysteem. Klazienaveen: Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Vestiging Klazienaveen, (Rapport/ Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente 229)

Noort, F. van, 2001.

Queen Victoria. Klazienaveen: Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Vestiging Klazienaveen, (Rapport/ Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente)

Reid, M.S. and Kofranek, A.M. 1981.

Recommendations for standardized vase life evaluations. Acta Hort. (ISHS) 113:171-174

Schuddebeurs, L., 2017.

Presentatie Middag Tuinen Paprika. Delphy.

Slootweg G., N. García Victoria en N. van Mourik, 2008.

Stuurfactoren groei en ontwikkeling bij snij-Anthurium Wageningen UR Glastuinbouw, Nota 560

Warmenhoven, M.G.; García Victoria, N.; Van Mourik, N.M., 2005.

Effect van bladsnijregiem bij Anthurium andreanum op productie en kwaliteit. PPO BU Glastuinbouw, Rapport PPO nr. 41717068.

Warmenhoven, M.G.; García Victoria, N., 2005.

Rigoreus anthuriumblad snijden kost productie Vakblad voor de Bloemisterij 60 (41). - p. 50 - 51.

Bijlage 1 Meetrapport verduisteringsdoek

Op 6 maart 2017 is er 's middags een lichtmeting uitgevoerd om de verduisteringsgraad vast te stellen van het in de gerbera WUR proefkassen geïnstalleerde verduisteringsdoek OBSCURA 10070 FR W/B+B/W. Er is gemeten in de eerste kas op de hoek en in de kas ernaast. In beide kassen zijn de twee schermdoeklagen van elkaar gescheiden op zo'n 5 centimeter afstand met behulp van een extra dradenbed. Gedurende de metingen was het bewolkt weer met zo nu en dan de zon die doorbtak. Gedurende de metingen zijn de zijgevelschermen in gesloten positie geweest. Beide OBSCURA verduisteringsdoeken zijn ca. 5 jaar oud.

De meting is uitgevoerd met PAR sensoren, type LI-COR 190SA. De meetopstelling bestaat uit twee meetsensoren die tegelijkertijd worden uitgelezen. De eerste sensor is boven het scherm geplaatst en functioneert als referentie. De tweede sensor is geplaatst in het midden van de kas op een hoogte net boven het gewas. Gedurende twee minuten met een tussentijd van 5 seconden is het lichtniveau gemeten. Eerst met open scherm waarna een correctiefactor bepaald wordt. Daarna met gesloten scherm, waarna samen met de correctiefactor de lichtdoorlatendheid oftewel de verduisteringsgraad bepaald kan worden.

De meetresultaten:

Doek	Referentiemeting boven scherm	Meting op gewasniveau	Licht- doorlatendheid
OBSCURA 10070 FR W/B+B/B kas op de hoek	3236	0,447	0,014%
OBSCURA 10070 FR W/B+B/B tweede kas	1073	0,207	0,019%
Specificatie OBSCURA 10070 FR W/B+B/B			<0.1%

De **conclusie** uit deze lichtmetingen is dat de lichtdoorlatendheid in beide kassen met het OBSCURA verduisteringsdoek met de twee schermdoeklagen op 5 cm afstand, ruimschoots voldoen aan de specificatie van < 0.1%. Onder het verduisteringsdoek in gesloten positie wordt in beide kassen duidelijk minder dan 1 μmol gemeten.

Aanbeveling

De schermdoekinstallatie kan beter sluitend gemaakt worden. Het niet perfect sluiten en de kieren aan de zijgevel springen in het oog. Doordat de kas klein is, lijkt het effect hiervan groter.



Foto: gerbera kas met verduisteringsdoek open en gesloten

(Rapport opgesteld door Ludvig Svenson, P. Arkensteijn)

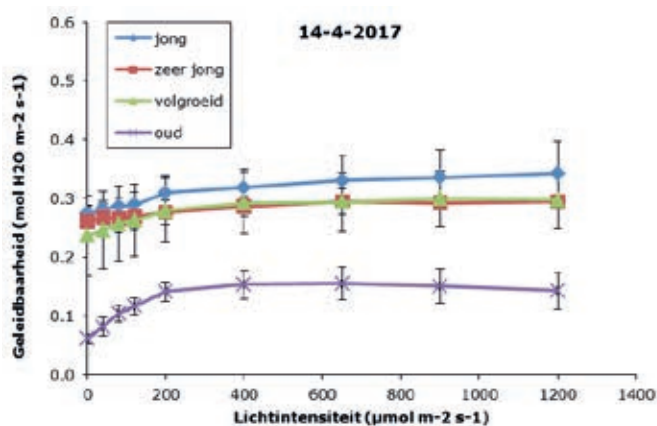
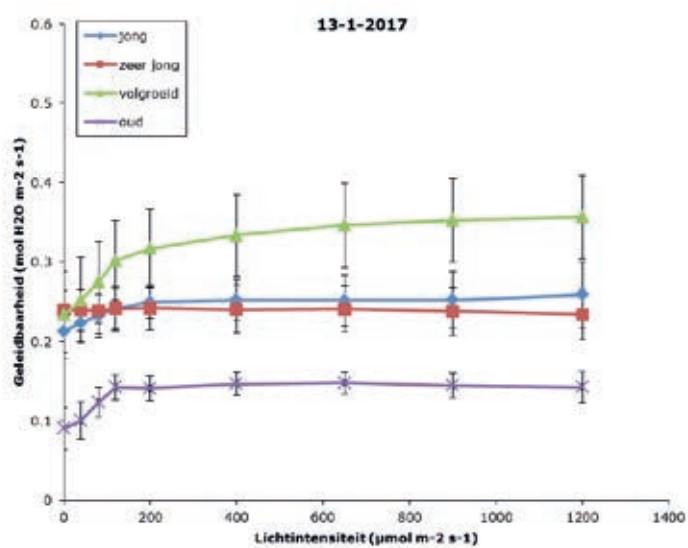
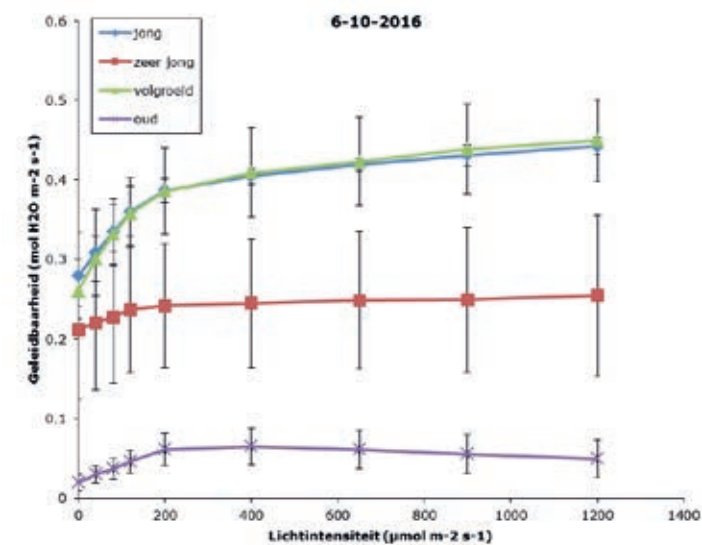
Bijlage 2 Indeling planten in de kas

		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
1/2	Goot													1/2			20 vakjes		
	pad																5.5 planten per vakje van 1 m + 2		
5	Goot													5					
	Goot																pre Semmy		
	Pad																Rich		
4	Goot			P	P	TP	uit 803		P	P	TP	uit 803		4			Whisper		
	Goot			P	P	TP	uit 802		P	P	TP	uit 802					Suri		
	Pad																vul planten		
3	Goot					BP	uit 801		BP			uit 801		deur					
	Goot					BP	uit 801		BP			uit 801					BP= planten voor bladplukproef		
	Pad																P= planten voor productiewaarnemingen		
2	Goot			P	P	TP	uit 802		P	P	TP	uit 802		2			TP= telplanten (uitgroeiduur en aantal knoppen)		
	Goot			P	P	TP	uit 803		P	P	TP	uit 803							
	Pad																vulplanten	64 vakjes x 5.5 = 352	
1	Goot													1			Bison (oranje)		
	Goot																restant alle rassen uit de drie kassen		
	Pad																		
1/2	Goot													1/2			per ras per rij	planten uit dezelfde kas plaatsen	
																	bed nr. Van links naar rechts		

Tabel Flori Consult: temperatuur (etmaalgemiddelde) aan de hand van de week- PAR licht som
Deze vormde de basis voor de temperatuurstrategie van de referentiekas 802.

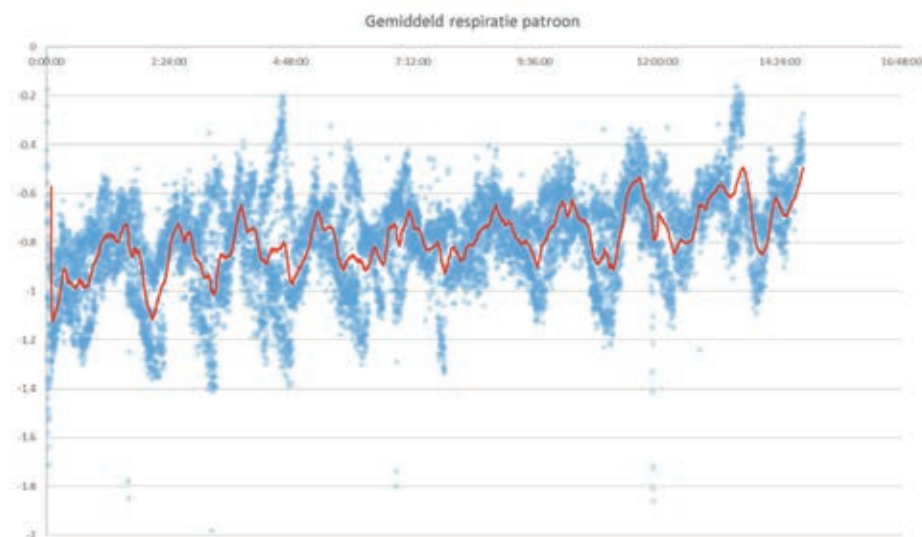


Bijlage 4 Huidmondjes geleidbaarheid per bladleeftijd (overdag)

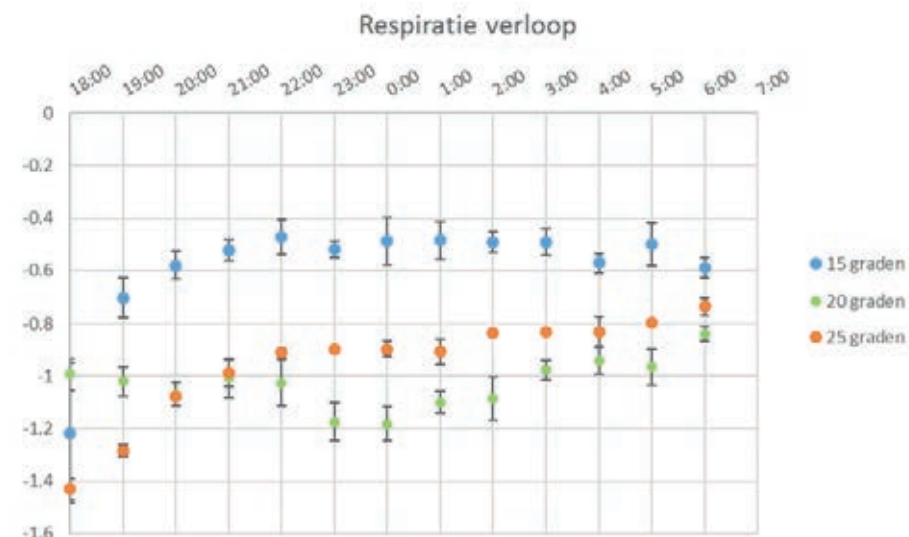


Bijlage 5 Donker ademhaling gedurende de nacht

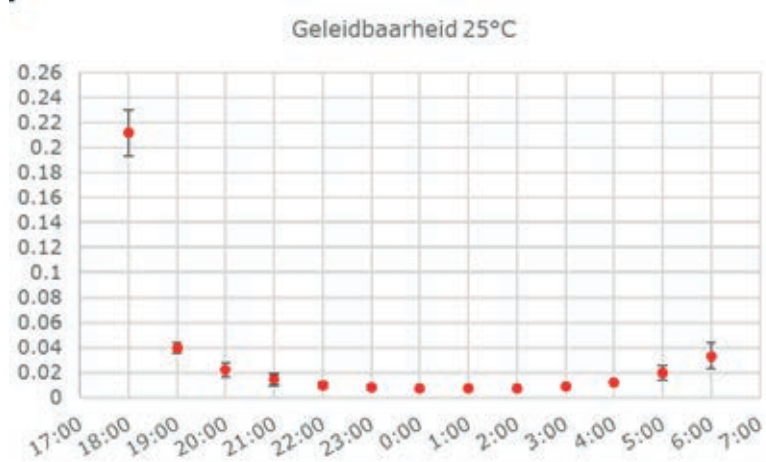
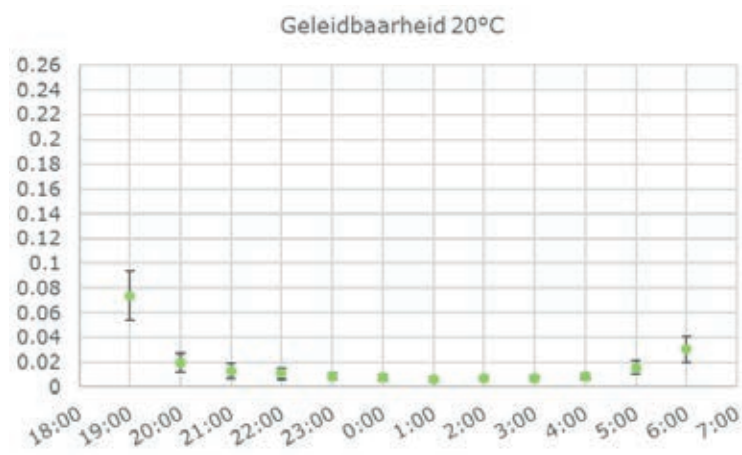
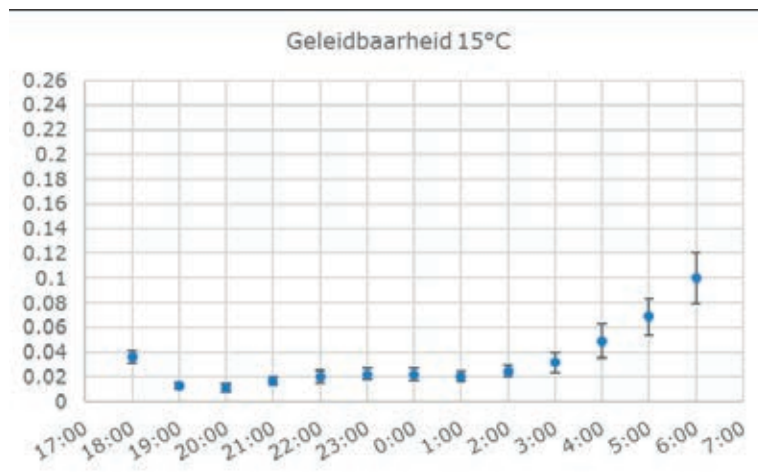
Het patroon van de respiratie is hieronder getoond. De tijdschaal geeft de tijd na de start van de metingen aan het einde van de lichtperiode (0:00:00).



De grafiek hieronder laat het respiratie verloop (gemiddeld per uur) van de planten geplaatst bij drie temperaturen. De tijdsschaal start om 18:00, kort voor het uitzetten van de lampen.

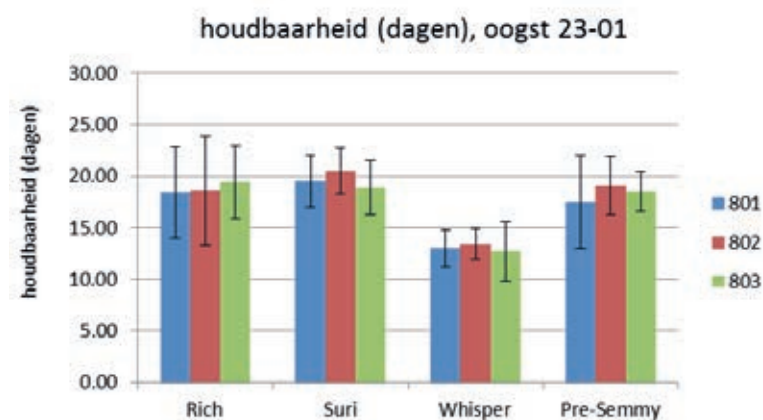
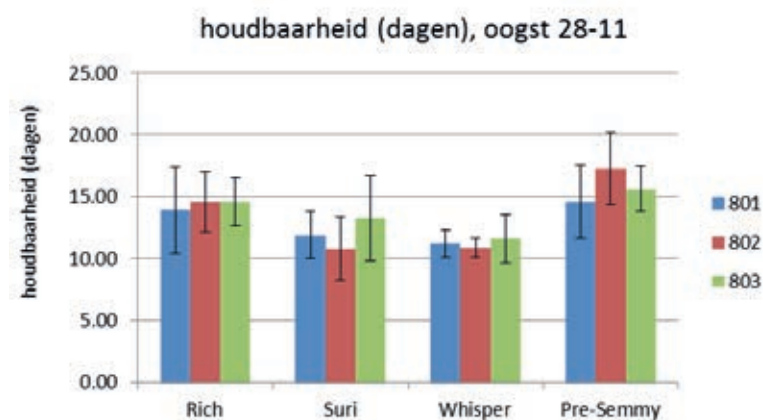
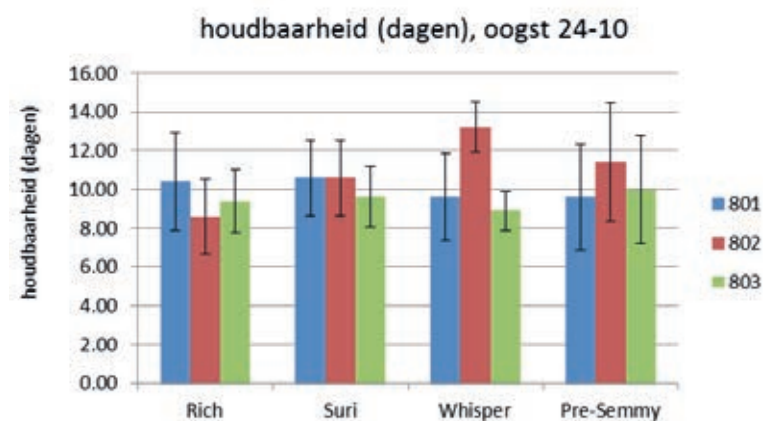


De geleidbaarheid van de huidmondjes gedurende de nacht wordt hieronder per temperatuur weergegeven.

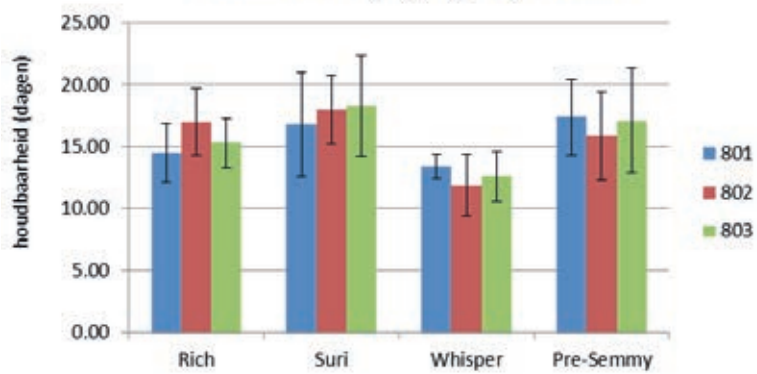


Bijlage 6 Houdbaarheid

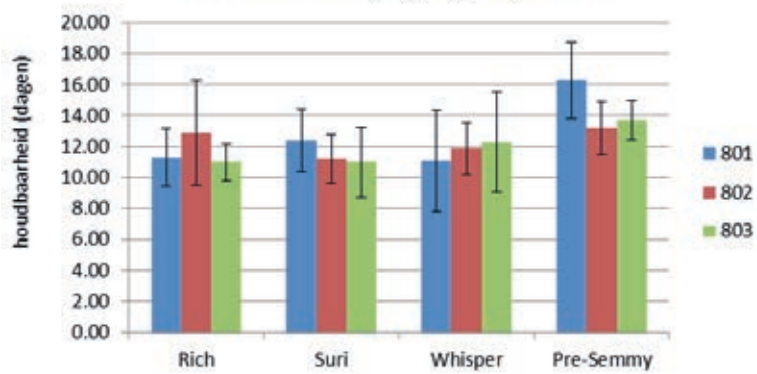
De figuren hieronder tonen de houdbaarheid in dagen van de bloemen op een bepaalde oogstdatum per ras en per behandeling. Voor alle grafieken geldt als behandeling: 801 = middellange dag; 802 = praktijk; 803 = lange dag.



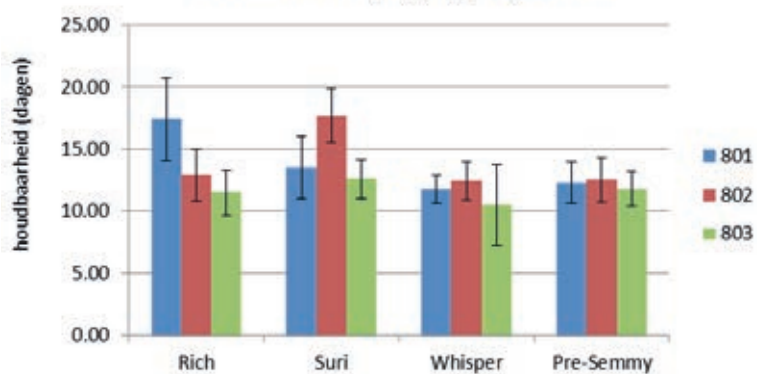
houdbaarheid (dagen), oogst 13-03



houdbaarheid (dagen), oogst 1-05



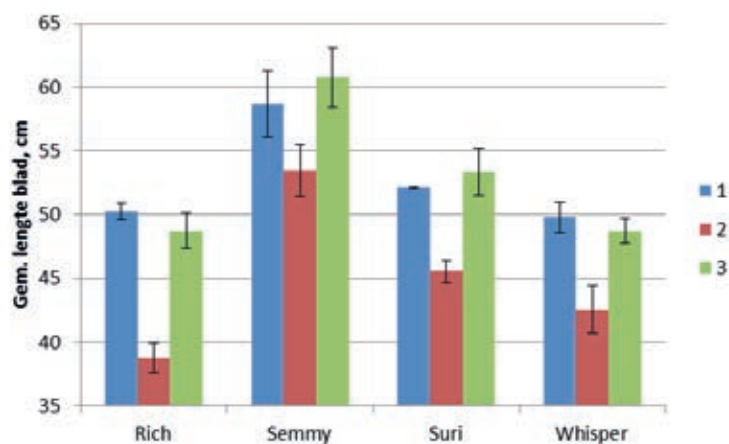
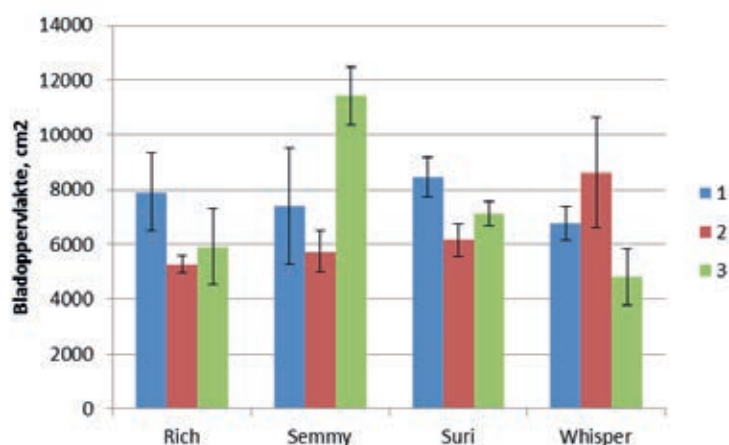
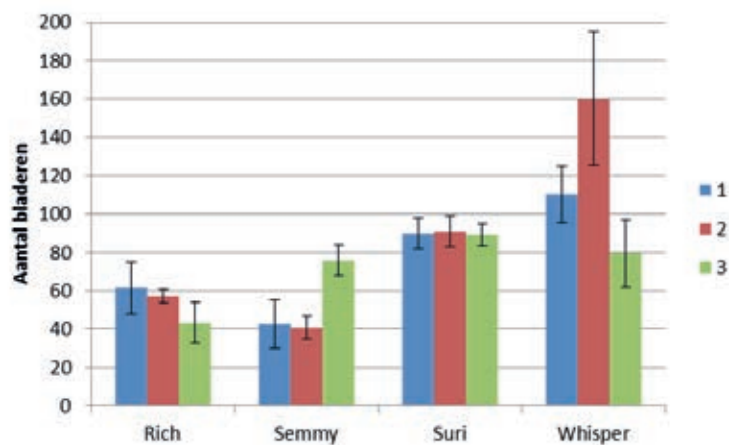
houdbaarheid (dagen), oogst 9-06

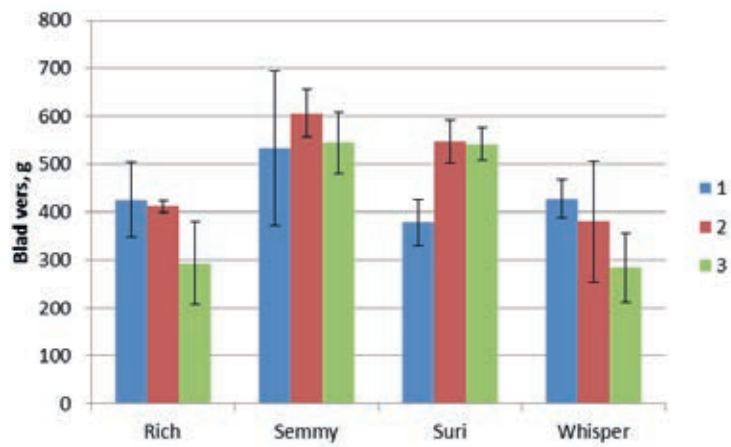


Bijlage 7 Destructieve waarnemingen

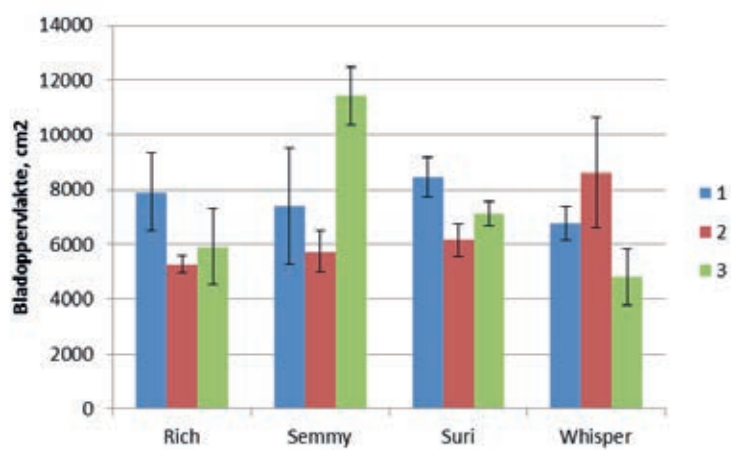
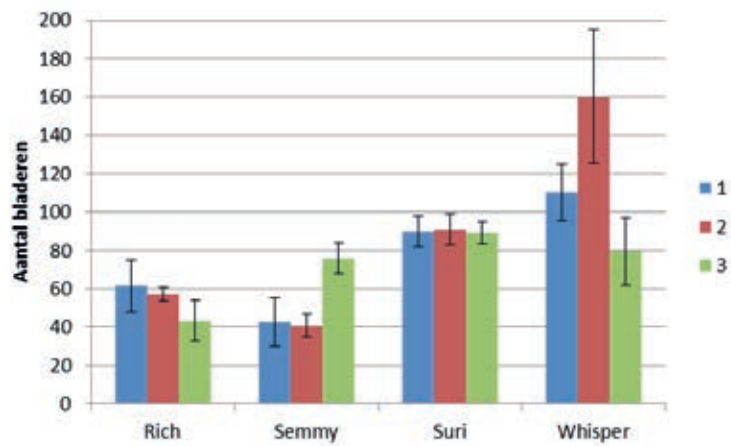
Voor alle hieronder getoonde grafieken, per meetdatum weergegeven, geldt de volgende verklaring voor de legende: 1= kas 801; 2= kas 802; 3= kas 803. Behandelingen kas 801 = middellange dag; kas 802 = praktijk; kas 803 = lange dag.

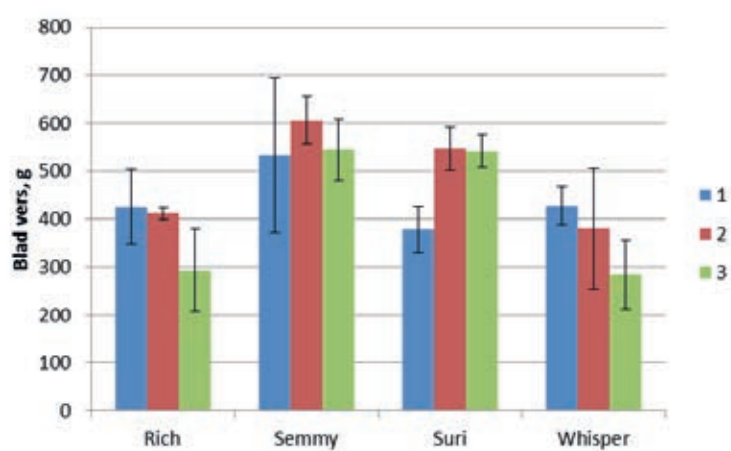
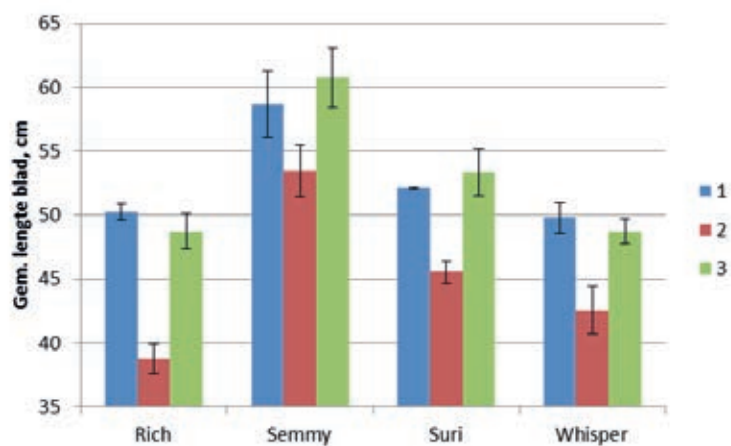
Waarnemingen 30 november 2016



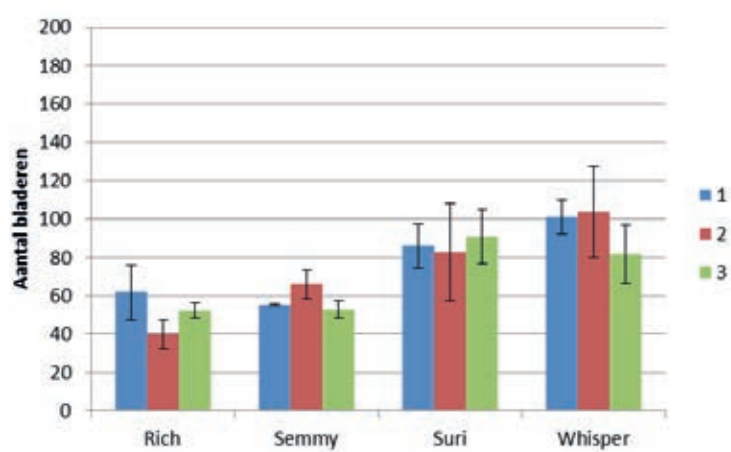


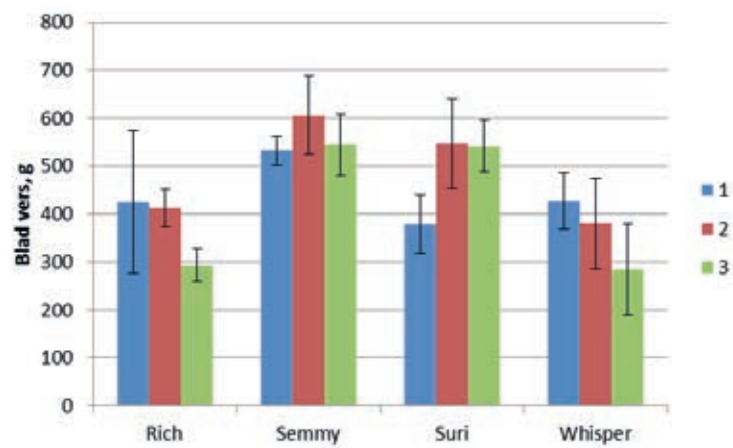
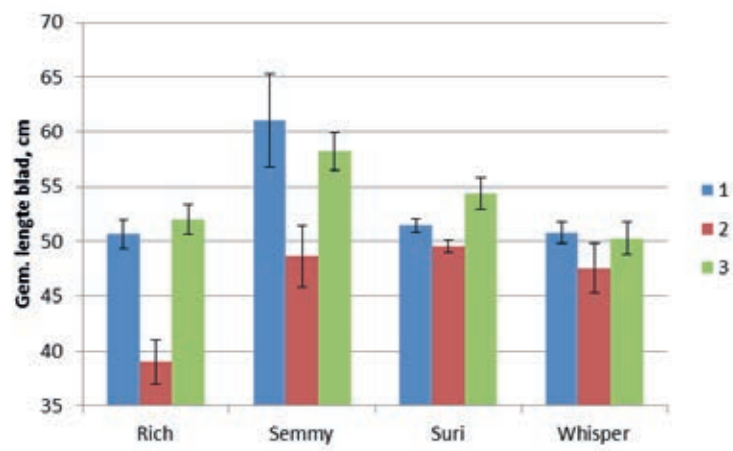
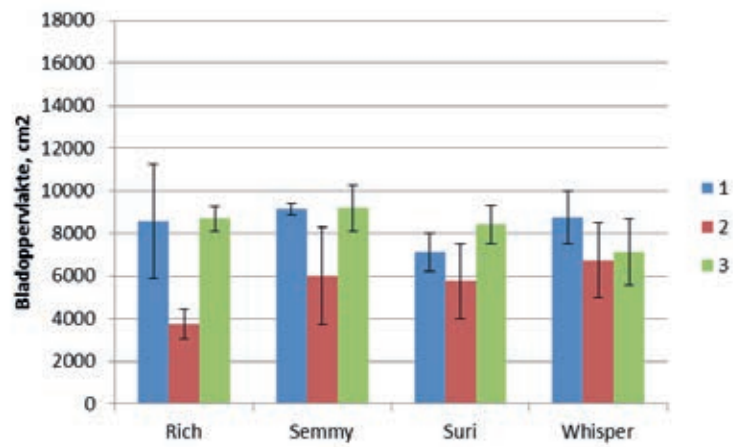
Waarnemingen 29 december 2016

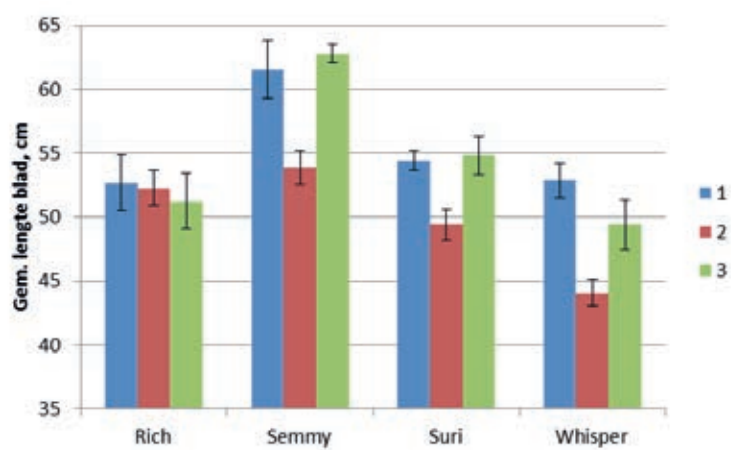
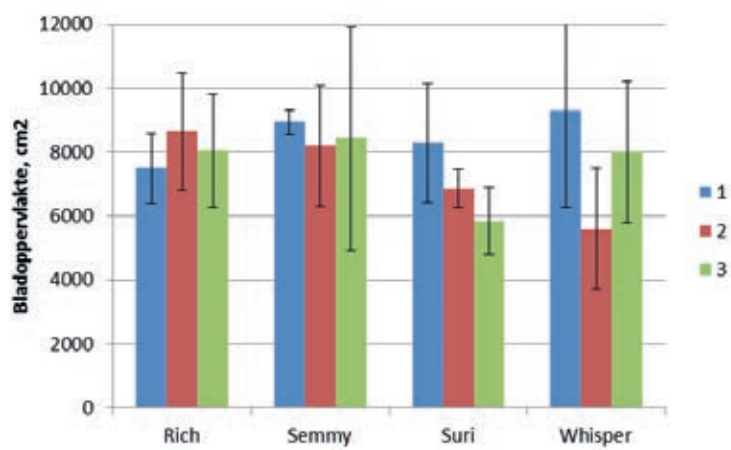
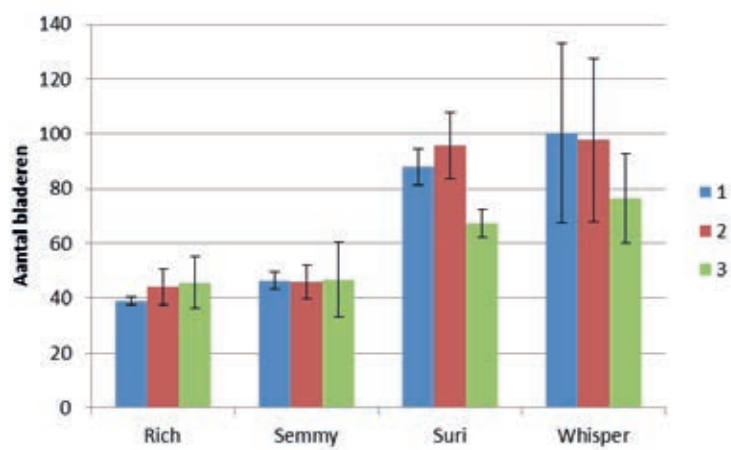


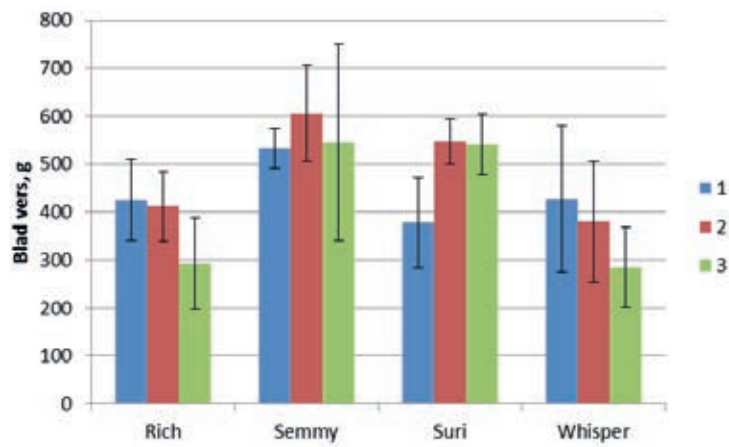


Waarnemingen 31 januari 2017

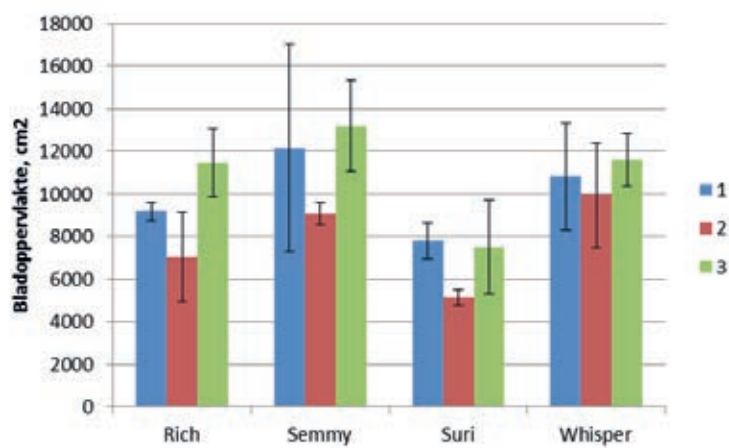
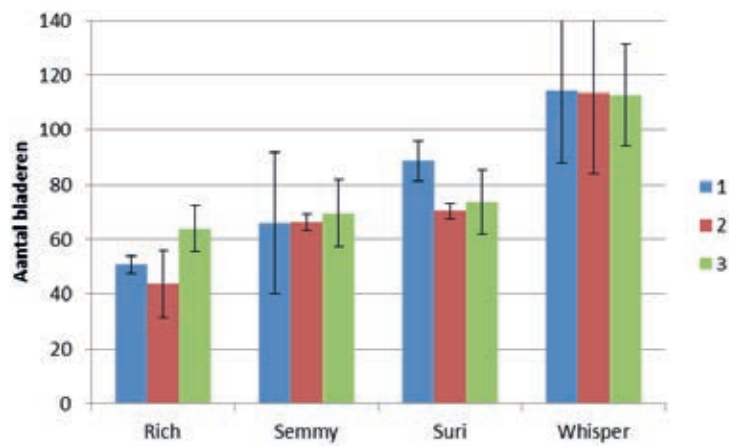


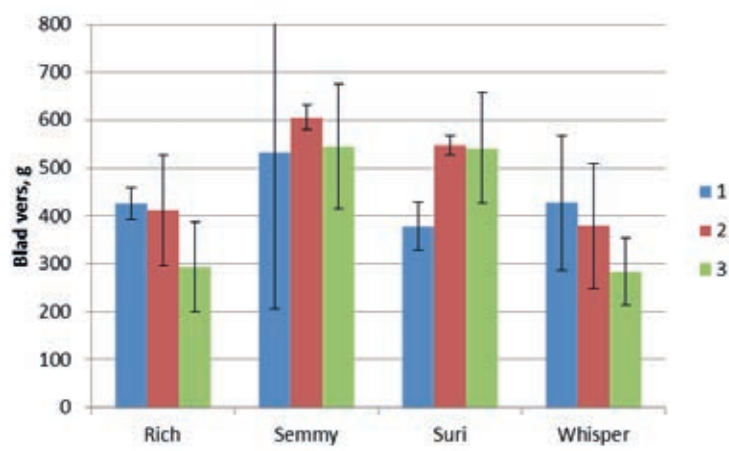
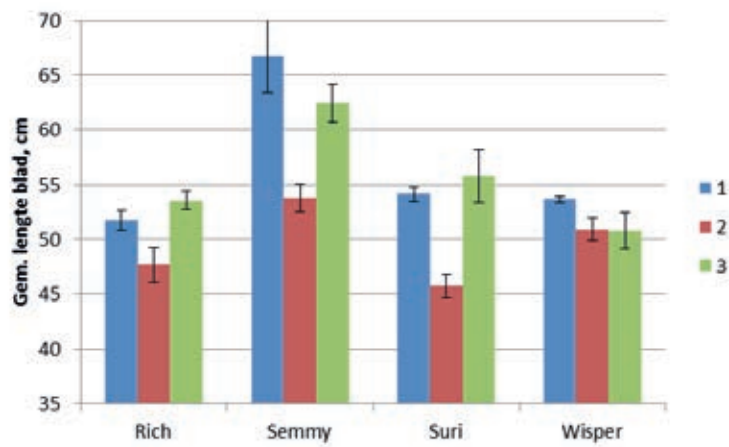




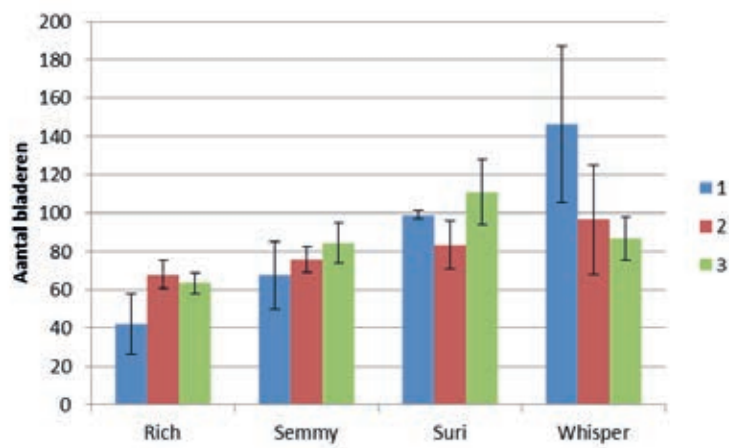


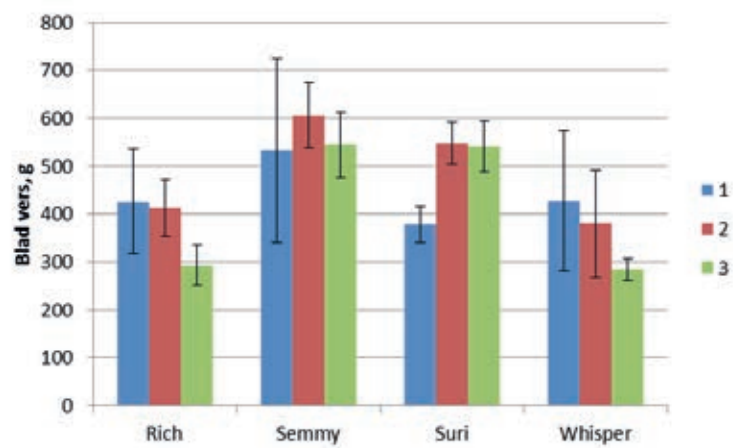
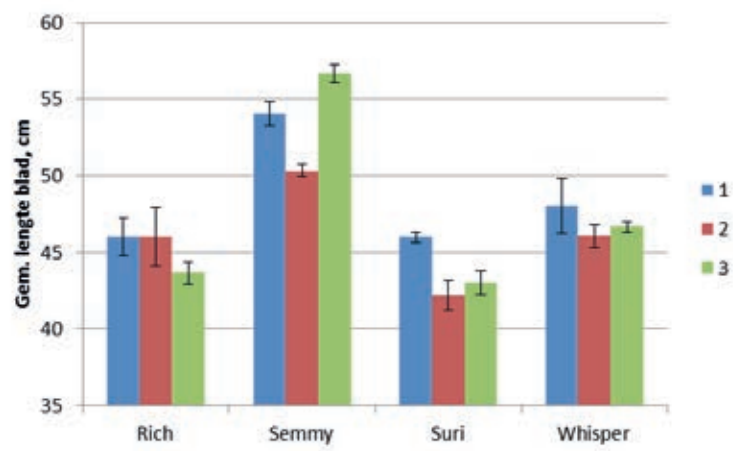
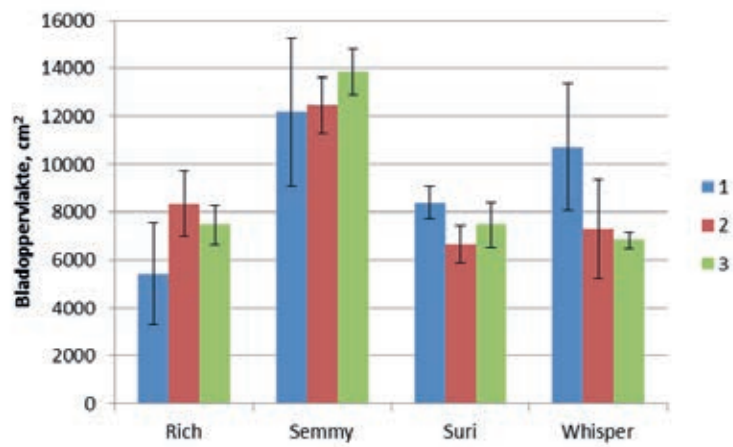
Waarnemingen 28 maart 2017





Waarnemingen 28 juni 2017





Bijlage 8 Ontwikkeling blad en bloem per ras in beeld

Ras/bloem/blad nr 31-10-2016

07-11-2016

17-11-2016

24-11-2017

1-12-2017

08-12-2017

Rich Blad 2



Rich Blad 3



Ras/bloem/blad nr 31-10-2016

07-11-2016

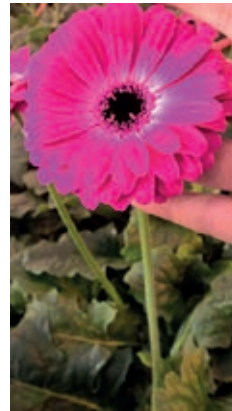
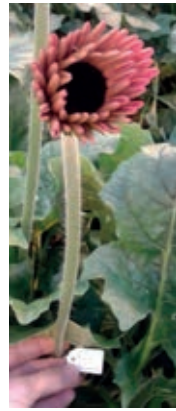
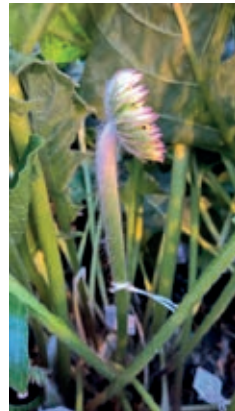
17-11-2016

24-11-2017

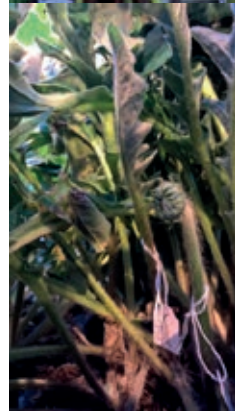
1-12-2017

08-12-2017

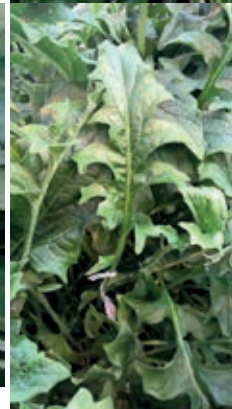
Rich Bloem 2



Semmy blad 1



Suri blad 2



Ras/bloem/blad nr 31-10-2016 07-11-2016 17-11-2016 24-11-2017 1-12-2017 08-12-2017

Suri Bloem 2



Whisper blad 3



Whisper bloem 3



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



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

Glastuinbouw Rapport WPR-698

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

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