



Praktijkproef LED Alstroemeria

Invloed licht spectrum op bladkwaliteit: bouwsteen voor energiebesparing

Nieves García Victoria, Frank van der Helm en Mary Warmenhoven

Rapport GTB-1337



Ministerie van Economische Zaken



Referaat

Een energiezuinige teelt van *Alstroemeria* vraagt om meer dan besparen op warmte. De totale energiebesparing zou tot 40% kunnen oplopen als men op belichting kan besparen en het licht optimaal door de plant kan worden benut. LED belichting kan een besparing van 20% tewegbrengen door een hoger rendement van lamp en installatie. Als met het spectrum van het groeilicht de morfologie en kwaliteit van het blad zijn te sturen, zouden lichtonderschepping en fotosynthese-efficiëntie verbeteren. Om dit te onderzoeken is bij een praktijkbedrijf in de winter 2013/2014 geteeld onder het belichtingssysteem van het bedrijf (SON-T belichting) en vergeleken met LED belichting (spectrum Valoya R300 AP67). De productie en kwaliteit waren onder beide type lampen gelijk; dit biedt perspectief voor energiebesparing met LED. Door de R300 AP67 spectrum van Valoya is een iets hogere huidmondjes geleiding en een hogere fotosynthese gemeten direct na het donkerperiode. Dit heeft zich echter niet vertaald in een hogere productie, meer bloemen of groener blad, maar wel in een bescheiden verlaging van het aantal necrotische bladpunten. Er zijn met de fotosynthese metingen aanwijzingen gevonden dat een lage bladtemperatuur in combinatie met een lange lichtperiode de bladkwaliteit negatief kan beïnvloeden. Een test met betere isolatie in combinatie met ontvochtiging en iets korter belichten wordt daarom aanbevolen.

Abstract

Energy efficient cultivation of *Alstroemeria* requires more than just saving on heat. The total energy demand could be reduced by 40% if saving on lighting is possible. LED lighting can save 20% thanks to the higher efficiency of lamp and installation. If the morphology and quality of the foliage can be improved by manipulating the spectrum of the artificial light, then light interception and photosynthesis efficiency could improve too. The test at a commercial farm in winter 2013/2014 showed that plants grown under the conventional High Pressure Sodium lamps or under LED lamps (spectrum Valoya R300 AP67) did not differ in production and quality; this gives opportunities for energy savings with LED. The spectrum of Valoya R300 AP67 gave a slightly higher conductance of stomata and a higher photosynthesis was measured immediately after the dark period. However, this did not result in a higher production, more flowers or greener leaves, but it led to a modest reduction in the number of necrotic leaf tips. The photosynthesis measurements suggest that low leaf temperatures in combination with long artificial light period may negatively influence leaf quality. A test with better insulation (transparent second screen) combined with dehumidification and shorter light period is therefore recommended.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1337

Projectnummer: 3242184100/3236142702

Disclaimer

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), 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.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR 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 UR 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	5
1	Inleiding	7
	1.1 Doelstelling	7
	1.2 Afbakening	8
2	Methode van onderzoek	9
	2.1 Belichtingsstelsel	9
	2.2 Waarnemingen	10
3	Resultaten en deeldiscussies	13
	3.1 Lichtspectrum onder de lampen	13
	3.2 Productie en kwaliteit	13
	3.3 Fotosynthese	15
	3.3.1 Licht-response curves	15
	3.3.2 Temperatuur-response curves	17
	3.3.3 Huidmondjes geleidbaarheid	19
	3.4 Andere waarnemingen	21
	3.4.1 SPAD- waarde	21
	3.4.2 Gewastemperatuur	21
	3.4.3 Destructieve waarnemingen	22
	3.4.4 Elementen analyse	23
4	Slotdiscussie en conclusies	27
5	Aanbevelingen	29
6	Literatuur	31
	Bijlage I. Licht-response curves	33
	Bijlage II. Huidmondjes geleidbaarheid	37
	Bijlage III. Gewasanalyses	41
	Bijlage IV. Thermische beelden	43

Samenvatting

In de teelt van Alstroemeria zijn al veel stappen gezet in het energiezuinig maken van de teelt. De gerealiseerde besparingen betreffen vooral besparingen op warmte. Een deel van het energiegebruik in deze teelt is veroorzaakt door de nood voor belichting in de winter. Electraverbruik voor belichten bij Alstroemeria bedroeg in 2011 gemiddeld ca. 126 KWh/m².jaar. De volgende stap naar een energiezuinige teelt van Alstroemeria is energie-efficiënte en optimale belichting. Door toepassing van moderne LED belichting kan een besparing van 20% bereikt worden door beter rendement van de lamp en installatie. De totale besparing op energie zou op termijn kunnen oplopen tot 40%. Hiervoor is er wel veel meer nodig dan alleen LED lampen: het licht moet ook optimaal door de plant benut worden; er moet belicht worden naar de behoefte van de plant, en niet meer dan het lichtniveau waarbij de plant met maximaal rendement fotosynthese uitvoert; met het spectrum van het groeilicht moet de morfologie van de plant en de kwaliteit van het blad zo te sturen zijn dat maximale lichtonderschepping en fotosynthese efficiëntie bereikt worden.

Om te onderzoeken of de fotosynthese efficiëntie van de plant, de kwaliteit van het blad en de productie door LED belichting kan worden verbeterd is tussen 1 november 2013 en 1 april 2014 een onderzoek uitgevoerd bij een praktijkbedrijf. Vergeleken is het belichtingssysteem van het bedrijf (SON-T belichting) met LED belichting van een specifiek spectrum (Valoya R300 AP67).

Onder LED is de productie in termen van aantal takken, takgewicht en kwaliteit (percentage 2^e soort) gelijk aan onder SON-T. Dit biedt perspectief voor energiebesparing met LED. Twee bedden voorbij de LED lamp is er minder productieverlies dan te verwachten valt op grond van het lichtverlies (2 bedden voorbij de SON-T lamp is het productieverlies, conform verwachting, evenredig aan het lichtverlies).

Door belichting met R300 AP67-LED lampen van Valoya is een iets hogere huidmondjes geleiding en een hogere fotosynthese bij de start van de belichting gemeten. Dit heeft zich echter niet vertaald in een hogere productie, noch in een meer gevulde bloem of een groener blad. Doordat er in het onderzoeksperiode (winter 2013/2014) zich bijna geen bladproblemen hebben voorgedaan, is een eventuele bladkwaliteit verbetering niet vastgesteld. Er is in ieder geval geen verslechtering van de kwaliteit waargenomen, en een bescheiden daling van het deze winter optredende bladpunten.

De metingen van fotosynthese en bladkwaliteit in dit onderzoek geven aanwijzingen dat een lage bladtemperatuur in combinatie met een lange lichtperiode de bladkwaliteit negatief kan beïnvloeden. Gemeten hoge concentraties CO₂ (>1200 ppm) vragen ook om verder onderzoek. Aanbevolen wordt om op zoek te gaan naar een meer optimale balans in het energieverbruik (korter belichten en beter isoleren). Het gebruik van een beter isolerend scherm (tweede transparante energiescherm) in combinatie met een ontvochtigingssysteem zou de mogelijkheden tot energiebesparing kunnen vergroten. Dit wordt de komende winter bij een Alstroemeria bedrijf verder onderzocht.

1 Inleiding

Bij Alstroemeria, een gewas dat geteeld wordt bij relatief lage temperaturen, is belichten in de winter noodzakelijk om knopverdroging te voorkomen en regelmaat in groei, kwaliteit en scheutontwikkeling te houden. Zonder belichting is winterproductie van Alstroemeria niet of nauwelijks mogelijk. In de teelt van Alstroemeria wordt belicht als de instraling lager is dan 125 W/m^2 (buiten gemeten) met hoge druk natrium lampen (SON-T) met een intensiteit van ongeveer $50\text{-}100 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$. Gebruikelijk wordt vanaf het tijdstip dat de zon onder gaat tot 02.00 uur niet belicht. Het aantal uren dat belicht wordt is verschillend per bedrijf, maar vaak niet minder dan een daglengte van 17-18 uur per dag, want Alstroemeria is een kwantitatieve lange dag plant. Een bodemtemperatuur van rond 15°C is echter de belangrijkste factor bij de generatieve sturing van Alstroemeria.

Voor energiebesparing bij Alstroemeria is tot nu toe vooral gezocht naar een effectieve vochtregeling. In "Het Nieuwe Telen" Alstroemeria is in onderzoek aangetoond dat zowel energiebesparing als verbetering van de kwaliteit mogelijk is door toevoer van droge buitenlucht via slurven. De volgende stap naar een energiezuinige teelt van Alstroemeria is energie-efficiënte en optimale belichting. Door toepassing van moderne LED belichting kan een besparing van 20% bereikt worden door beter rendement van de lamp en installatie. Daarnaast moet het licht ook optimaal door de plant benut worden. Dit betekent in de eerste plaats, niet meer belichten dan het lichtniveau waarbij de plant met maximaal rendement fotosynthese uitvoert. In de tweede plaats betekent dit niet meer kunstlicht toevoegen dan de plant aan assimilaten nodig heeft voor het laten uitgroeien van de aanwezige bloemknoppen. In de derde plaats betekent dit niet belichten als dit de temperatuur boven de optimum temperatuur opvoert. Ten slotte dient het spectrum van het groeilicht de morfologie van de plant en de kwaliteit van het blad zo te sturen dat maximale lichtonderschepping en fotosynthese efficiëntie bereikt worden.

Het is voor de teelt van Alstroemeria niet bekend bij welk PAR lichtniveau het rendement van de fotosynthese precies begint af te nemen. Daarnaast is niet bekend welke lichtsom minimaal nodig is in mol/tak in relatie tot de plantbelasting. Daarnaast kan de kas en planttemperatuur niet altijd voldoende worden beheerst, mede door het gebruik van WKK op veel bedrijven. Ten slotte zijn er zichtbare signalen dat de bladkwaliteit door SON-T belichting negatief wordt beïnvloed, daarmee vermoedelijk ook de fotosynthese efficiëntie.

Voor een efficiënte belichting bij Alstroemeria zijn enerzijds kengetallen nodig voor het aansturen van de belichting in relatie tot temperatuur en CO_2 . Dit wordt op het moment van schrijven van dit rapport onderzocht door PlantDynamics en Plantlighting in het project "Meer rendement uit licht en CO_2 " waar gewerkt wordt bij verschillende gewassen (waaronder Alstroemeria) aan het opstellen van de belichtingsstrategie. Vervolgens kan door lichtintegratie en door te schakelen in hoge en lage intensiteit beter ingespeeld worden op zowel daglengte behoefte als lichtbehoefte. Daarnaast kan door belichting met lampen die minder warmte straling geven en een bedrijfsvoering waarbij warmte en elektra onafhankelijk zijn in te zetten een betere licht/temperatuur balans gerealiseerd worden. Tot slot kan door belichting met een spectrum die geen negatieve impact heeft op de bladkwaliteit en wellicht zelfs een positieve invloed op de lichtonderschepping een betere fotosynthese efficiëntie bereikt worden.

Met LED belichting lijkt, met name door verbetering op deze laatste twee punten, een betere efficiëntie van de belichting mogelijk. Hier ligt de focus van dit onderzoek.

1.1 Doelstelling

Onderzoeken of de fotosynthese efficiëntie van de plant en de productie door LED belichting is te verbeteren.

Energiedoelstellingen

Electraverbruik voor belichten bij Alstroemeria bedroeg in 2011 gemiddeld ca. $126 \text{ kWh/m}^2\text{-jaar}$, maar is naar verwachting inmiddels hoger.

Besparing door beter rendement van LED ten opzichte van SON-T is maximaal 20% op elektraverbruik.

Verbetering van de fotosynthese efficiëntie door betere bladkwaliteit en betere licht/warmte balans.

Doelstellingen lange termijn waarvoor dit onderzoek de basis biedt

Dit biedt in combinatie met lichtintegratie perspectief voor vervolgonderzoek naar verdere energiebesparing met als doelstelling 40% op elektraverbruik en 40% op warmte door toepassing van LED belichting, lichtintegratie, buitenlucht aanzuiging en intensief schermen. Totaal wordt op lange termijn dan een energiebesparing van 40% op het totaalverbruik voorzien.

Nevendoelstellingen

Verbetering van de bladkwaliteit en verlaging van de kostprijs verbeteren de concurrentiepositie van de Nederlandse Alstroemeria.

1.2 Afbakening

Deze proef vond plaats in een praktijksituatie waarin minder controle en aandacht is voor de specifieke proeftechnische omstandigheden.

Het macroklimaat kon niet beïnvloed worden en de warmtetoevoer kon niet losgekoppeld worden van de WKK.

De proefvakken zijn voldoende groot gekozen om de invloed van strooilicht van de SON-T belichting in het proefvak te minimaliseren.

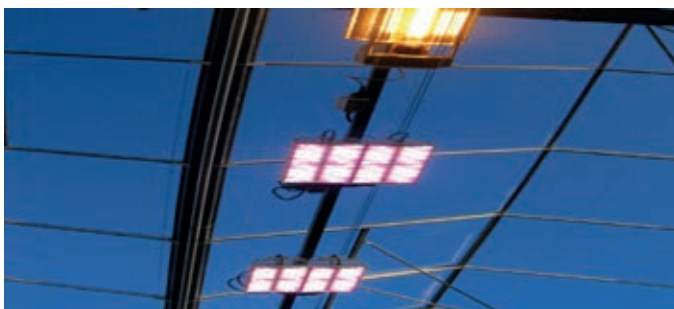
Het onderzoek heeft in 1 cultivar plaatsgevonden. Onderzoek en ervaring geven aan dat Alstroemeria cultivars sterk kunnen verschillen in reactie op licht en temperatuur.

2 Methode van onderzoek

Het onderzoek is bij het bedrijf Tesselaar Alstroemeria tussen 1 november 2013 en 1 april 2014 uitgevoerd. Er zijn hiervoor twee proefvakken ingericht: een vak onder het normale belichtingssysteem van het bedrijf (SON-T belichting) en een vak waar de bestaande SON-T lampen vervangen zijn door een aantal LED lampen. Hierdoor zijn twee belichtingsbehandelingen ontstaan: LED en SON-T.

2.1 Belichtingssysteem

Het LED vak is voorzien van 12 LED lampen van Valoya (R300 AP 67, 260 W). De gebruikte lampen (Figuur 1) bevatten een gedeelte verrood licht en blauw licht dat dichter tegen UV frequentie aan zit dan bij gangbare rood/blauwe LED belichting (zie Figuur 3). Het proefvak is omgeven met SON-T lampen (Figuur 2).



Figuur 1 Detail van de Valoya R300 AP67 lampen in de rail van de SON-T lampen.

De PAR output per wat is met 1,39 W/ μ mol lager dan SON-T. Verbeterd rendement van de lamp zal met deze lampen en dit spectrum niet mogelijk zijn. Dit moet op dit moment nog goedge maakt worden door verbeterde licht efficiëntie onder invloed van het spectrum dat beter aansluit bij de plantbehoefte en hogere lichtbenutting, dan wel fotosynthese efficiëntie verbetering. Dit type lamp is sterk in ontwikkeling en de verwachting is dat het rendement op termijn aanzienlijk zal verbeteren (nieuwe lampen al 1,69 W/ μ mol).



Figuur 2 Het LED vak omringd door SON-T lampen.

De lichtintensiteit en spectrum in de telvelden in het proefvak zijn eerst door simulatie en vervolgens door te meten, vastgesteld en aan die van de SON-T gelijk gemaakt. Het gemeten lichtniveau bij de start van de waarnemingen is weergegeven in Tabel 1 voor beide behandelingen, en voor het bed direct onder de lampen, een teeltrij naast de rij onder de lampen en twee teeltrijen naast de rij onder de lampen.

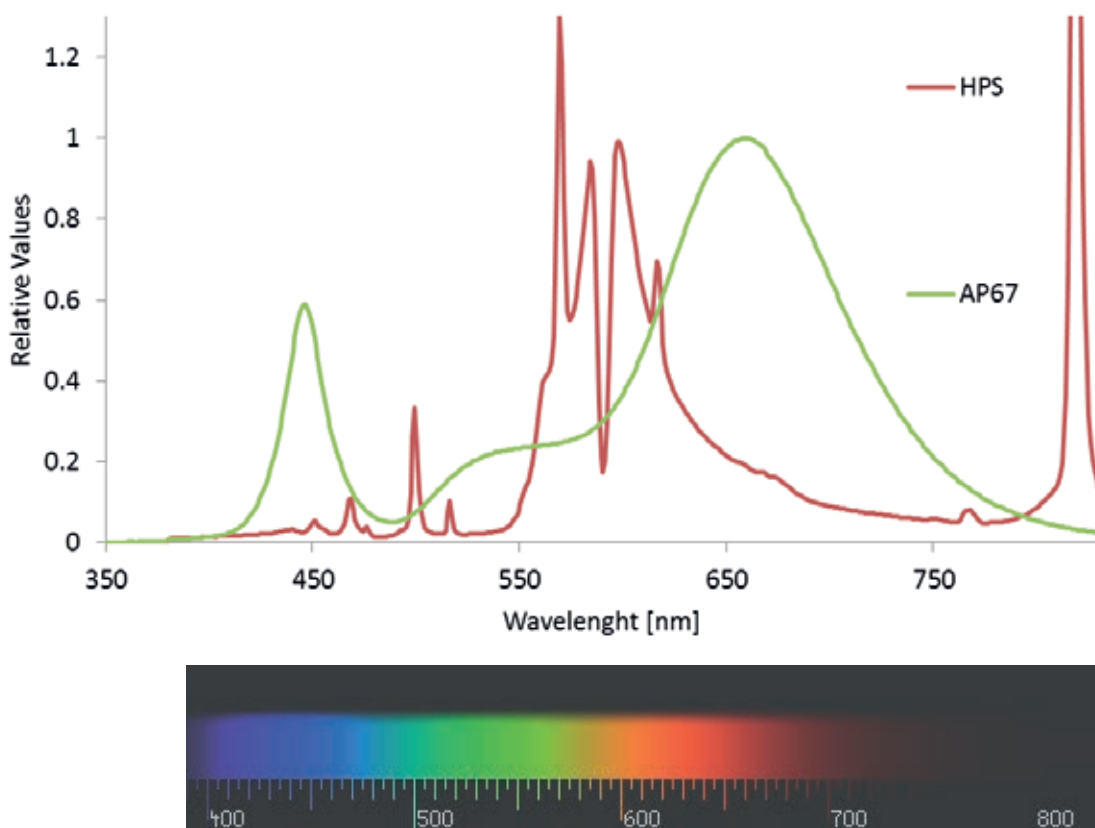
Tabel 1

Gemeten lichtintensiteit PAR in $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ op gewashoogte in het bed onder de lampen, en in de 2 bedden ernaast.

Lichtintensiteit	pad onder lamp	1 ^{ste} pad naast lamp	2 ^{de} pad naast lamp
SON-T	79.2	77.3	76.2
LED	81.4	70.5	55.9

Te zien is dat door de verstrooiing van het licht, is er midden in het vak onder de LED lampen maximaal LED licht en minimaal SON-T licht. Doelstelling is om tenminste 50% van het spectrum kunstlicht uit LED licht te laten bestaan. Ook door deze verstrooiing, is het lichtniveau onder de SONT-lampen vrij homogeen over de drie gemeten bedden, en voor de LED lampen niet: in het pad onder het bed is het gemeten lichtniveau vergelijkbaar met SON-T, maar het niveau daalt naarmate we verder van de lampen meten.

Voor daglengte en belichtingsstrategie is de gangbare strategie op het bedrijf aangehouden.



Figuur 3 Boven, spectrum Valoya R300 AP67 LED (groen) en spectrum SON-T (rood). Onder, de lichtkleuren die bij een bepaalde golflengte horen.

2.2 Waarnemingen

Aan het systeem, het klimaat en het gewas zijn diverse waarnemingen gedaan.

De meetbox van het bedrijf voor deze kasafdeling is bij een telvak in de SON-T behandeling. Aangezien er op het bedrijf maar 1 temperatuur en 1 lichtsom wordt aangehouden kan geen inzicht verkregen worden in afwijking van de aangehouden licht temperatuur/relatie als gevolg van de LED lampen.

Door de kweker zijn productie en kwaliteit bepaald in afgebakende telvakken in het proefvak en onder SON-T belichting in hetzelfde ras. Bijgehouden zijn:

- Productie in aantallen
- Kwaliteit, uitgedrukt als:
 - Lengte
 - Takgewicht na het snijden op 80 cm,
 - % 1^{ste} en 2^{de} soort
 - Aantal bladpunten in het veld



Figuur 4 Bladfotosynthese is op 6 tijdstippen per dag gemeten in november, december en februari met behulp van de Li-Cor fotosynthesemeter.

Daarnaast zijn op drie tijdstippen in november, december en februari aanvullende waarnemingen door medewerkers van Wageningen UR Glastuinbouw gedaan:

- Time-lapse beelden met een warmtebeeldcamera van het gewas voor bepaling van planttemperatuur gedurende de nacht (2 nachten per vak in november, december en februari).
- Blad fotosynthese metingen met twee Li-Cor fotosynthese meters (LI-6400 XT) in de intensiteit tussen lineair en afvlakken op 6 tijdstippen per dag om invloed van licht, CO₂ en temperatuur op de fotosynthese vast te stellen in november, december en februari onder SON-T en LED belichting.
- Huidmondjes weerstand op verschillende tijdstippen van de dag, eveneens met de Li-Cor fotosynthese meter.
- SPAD meting voor bepaling bladkleur in november, december en februari in proefvak en onder SON-T.
- Extra klimaatwaarneming door eenvoudige Testo loggers voor temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de proefvakken te plaatsen.
- Chemische bladanalyses voor het bepalen van de opgenomen voedingselementen.
- Takmorfologie door aanvullende waarnemingen aan 10 takken per behandeling: aantal bladeren, bladoppervlakte, aantal bloemen, vers en drooggewicht van blad, bloem en steel.

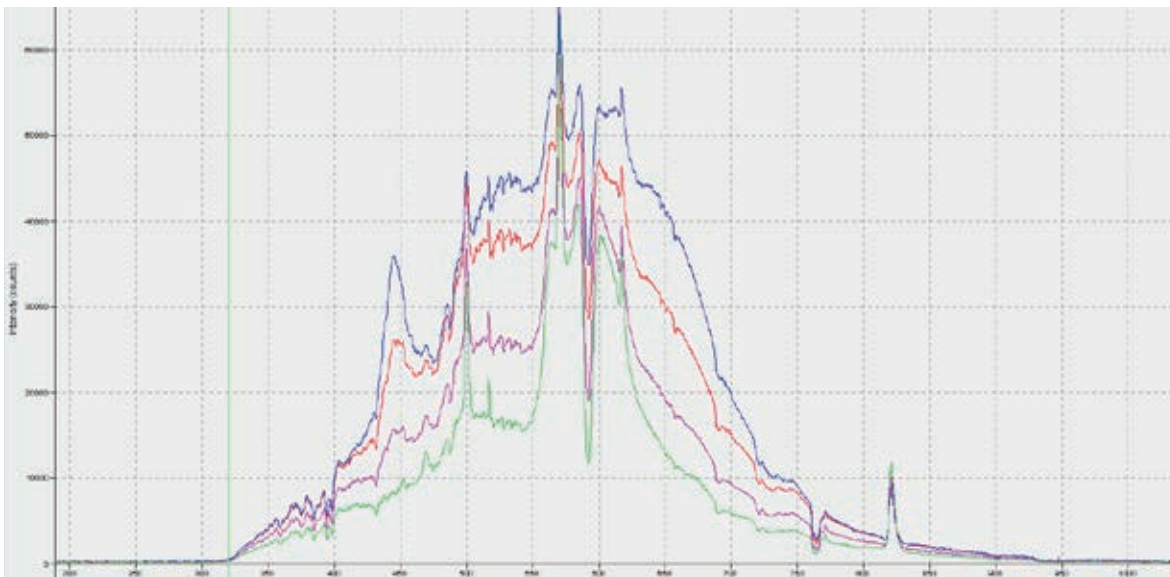
Valoya heeft ook spectrumlichtmetingen gedaan onder de LED rij.

3 Resultaten en deeldiscussies

De behaalde resultaten worden hieronder per type meting toegelicht.

3.1 Lichtspectrum onder de lampen

Het door Valoya gemeten lichtspectrum op gewashoogte in de proefvakken is te zien in Figuur 5. Op de horizontale as de golflengte; op de verticale de intensiteit. Te zien is dat op de tweede rij onder het bed nog nauwelijks iets van de LED spectrum ontvangen wordt. Op de bed onder de lamp en het bed ernaast is er nog een piek in het blauw te zien, karakteristiek voor het R300 AP 67 lamp spectrum.



Figuur 5 Lichtspectrum als gemeten bij Valoya. Blauw onder lamp, rood 1 bed naast, paars 2 bed naast, groen SON-T (onder de lamp gemeten).

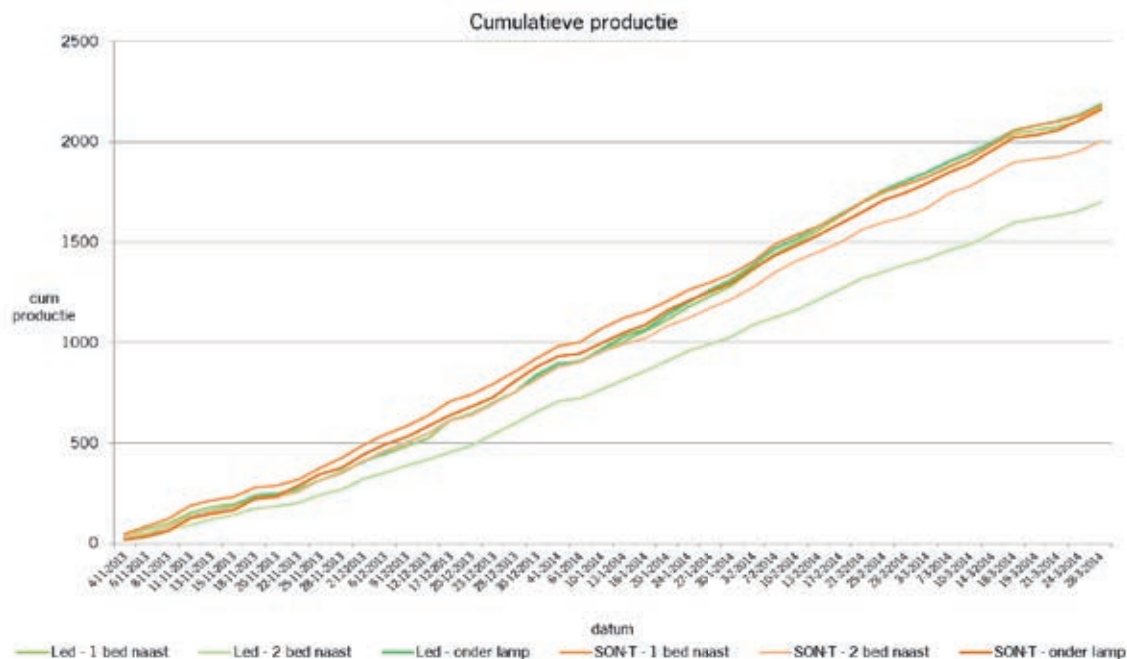
3.2 Productie en kwaliteit

De cumulatieve productie voor alle proefvelden (onder de lampen en 1 bed of 2 bedden verwijderd van de lampen) is getoond in Figuur 6. Te zien is dat bij gelijke lichtniveau, onder de verschillende lichtspectra, geen verschil is in totale productie binnen de meetperiode (in het bed onder de LED lampenrij zijn 2187 takken geoogst; in het bed onder de SON-T lampenrij zijn 2161 takken geoogst).

In het bed 2 bedden verwijderd van de LED lampen is duidelijk de laagste productie behaald (21,3% minder takken). Dit is niet heel verwonderlijk, aangezien daar bijna 30% minder licht ontvangen werd, waarvan een groot deel SON-T strooilicht. De verhouding is hier dat 1% minder (lamp) licht, leidde tot 0,7% minder productie.

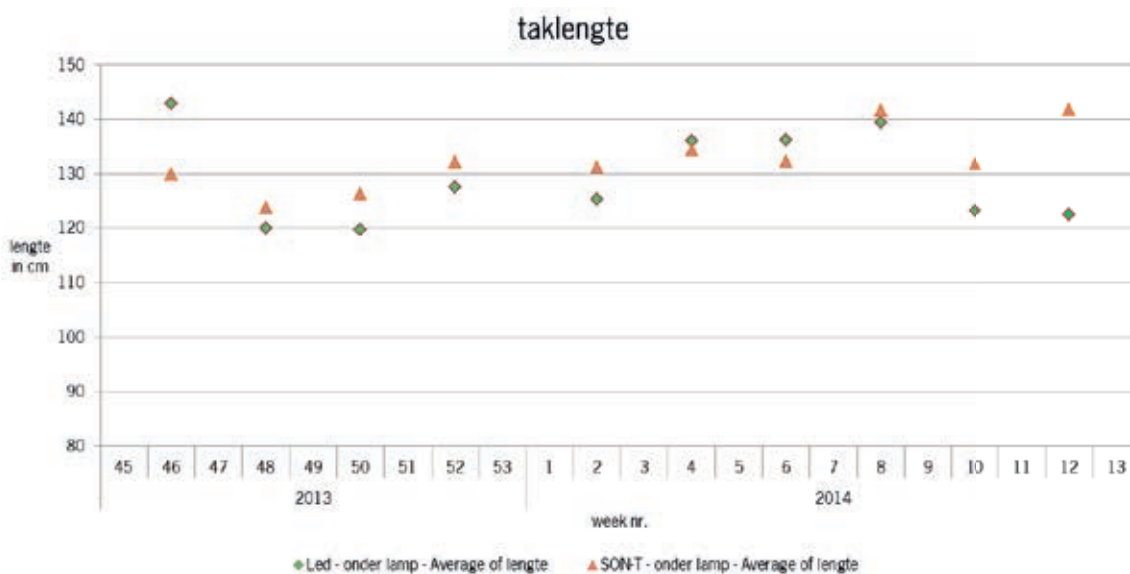
In het 2^e bed voorbij de SON-T lampenrij zijn ook minder bloemen geoogst (7,3%), terwijl het gemeten lichtverschil, maar 3,8% lager was dan direct onder het bed. Verhoudingsgewijs is dit 1,9% minder productie voor iedere 1% minder licht.

Van de totale productie was het % takken van kwaliteitsklasse II 23% onder de SON-T en 26% onder de LED.



Figuur 6 Cumulatieve productie in stuks geogst uit de 6 gemeten proefvelden.

De gemiddelde taklengte over de onderzoeksperiode bedroeg 124 cm voor de takken onder de LED lampen, en 127 cm voor de takken onder de SON-T lampen. De lengte werd slechts een keer per 2 weken gemeten (Figuur 7); op de verschillende meetmomenten waren de verschillen verwaarloosbaar. Alleen in week 46 en week 12 waren de verschillen groot (meer dan 10 cm), maar dit was de ene keer in het voordeel van de LED, en de andere keer in het voordeel van de SON-T.

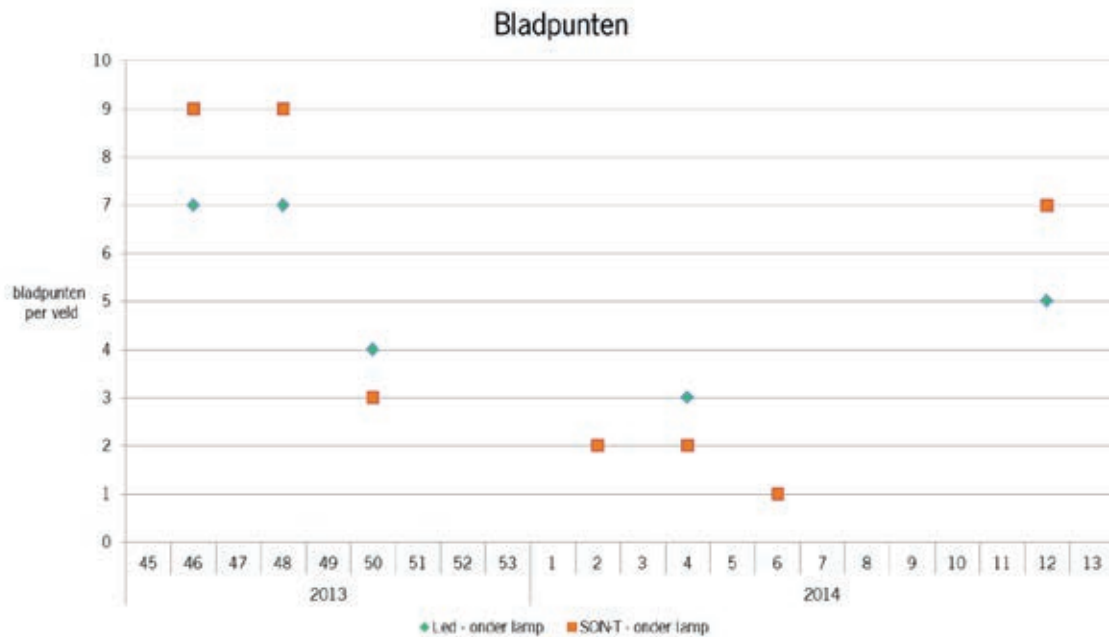


Figuur 7 Week verloop van het gemiddelde taklengte van de geogste bloemen uit de vakken onder de LED (groene symbolen) of onder de SON-T (orange symbolen) lamp.

De takken zijn gewogen nadat ze op 80 cm lengte zijn afgesneden. Het gemiddelde gewicht per tak bedroeg 52,5 gram; er was hierbij geen verschil tussen takken geogst onder de LED of de SON-T lampen.

Door de teler werd nauwlettend bijgehouden of bladpunten in het gewas optraden. Per veld werd een 2-wekelijkse telling in elk veld uitgevoerd. Bladpunten zijn een negatieve kwaliteitsaspect. Sommige winters kunnen veel bladpunten voorkomen; deze winter, echter, zijn nauwelijks bladpunten waargenomen: altijd minder dan 10 bladeren per veld (iedere veld 14,4 m²).

Uit de tellingen is te zien dat er wat minder bladpunten worden waargenomen onder de LED lampen. Maar door de zeer lage incidentie, is de invloed van LED op het voorkomen van bladpunten onvoldoende bewezen.



Figuur 8 Week verloop van het aantal "bladpunten" geteld in de vakken onder de LED (groene symbolen) of onder de SON-T (orange symbolen) lampen.

3.3 Fotosynthese

In november, december en februari is met twee Li-Cor fotosynthese meters (LI-6400 XT) fotosynthese gemeten in de lichtintensiteit tussen lineair en afvlakken op 6 tijdstippen per dag. Er zijn lichtresponse curves en temperatuur-response curves gemaakt onder SON-T en LED belichting.

Tevens is ook met de Licor fotosynthese meters huidmondjes weerstand gemeten op verschillende tijdstippen van de dag.

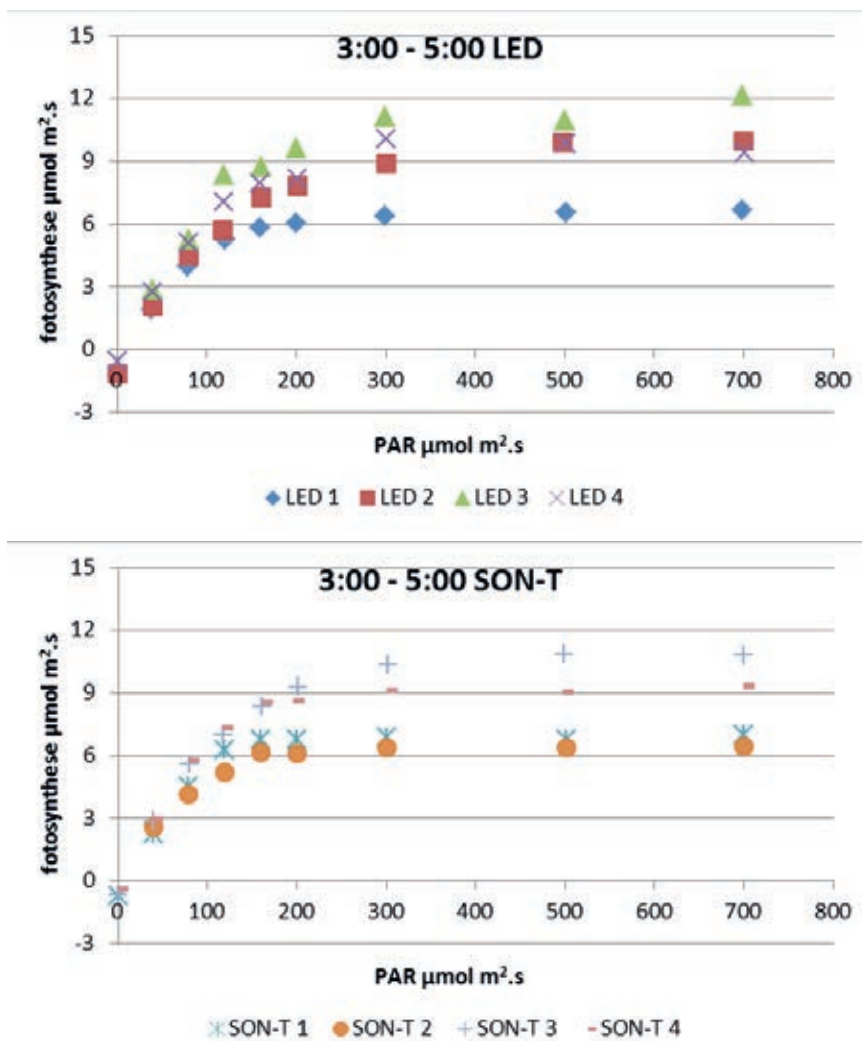
3.3.1 Licht-response curves

De bladfotosynthese metingen, uitgevoerd vroeg in de ochtend (alleen lamplicht), midden op de dag (alleen buitenlicht behalve in december) en aan het einde van de dag (met lamplicht en een beetje buitenlicht tot het scherm dicht ging) zijn te zien in bijlage 1.

De metingen zijn uitgevoerd bij de op dat moment heersende CO₂ concentratie en kastemperatuur, en het licht is gevarieerd.

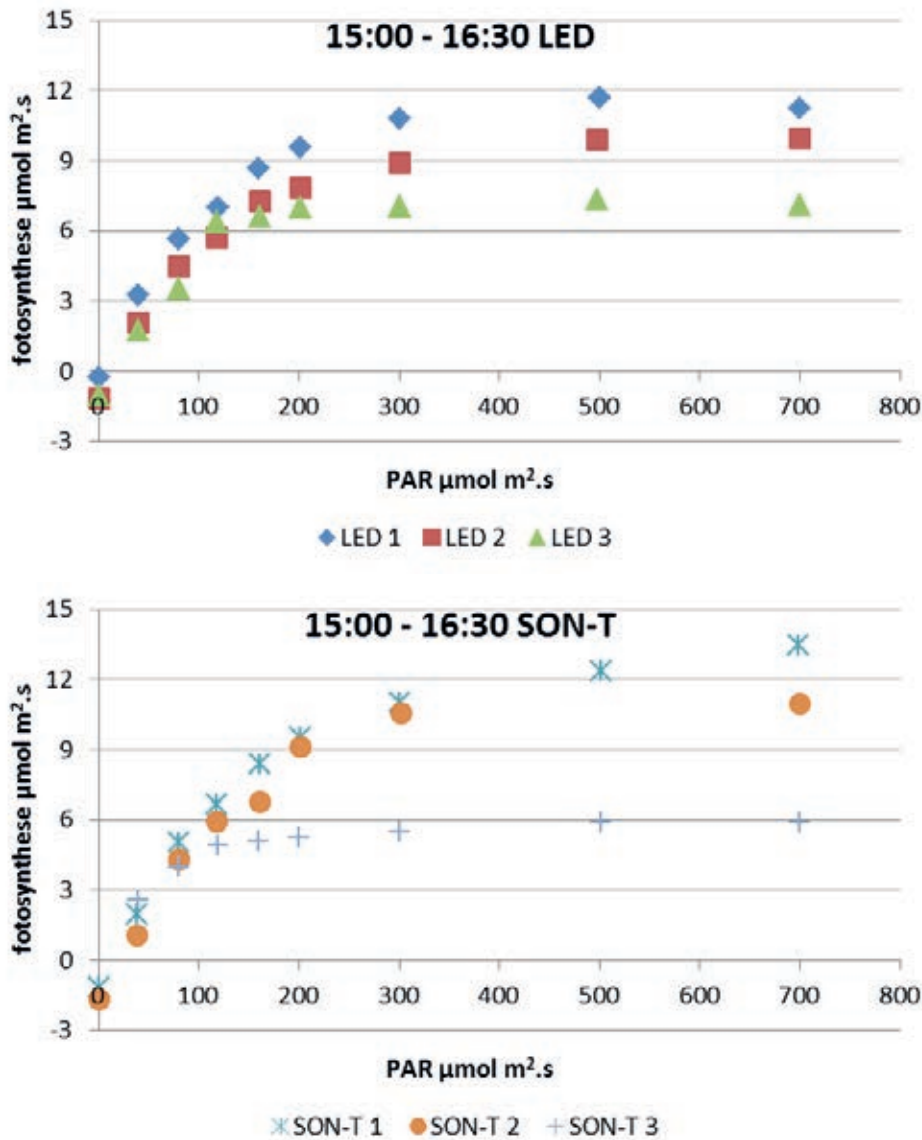
Aan deze metingen vallen een paar zaken op:

- In het lineaire gedeelte van de curves, tot ca. 160-200 μmol licht, is er nauwelijks verschil tussen de planten die groeien onder Led of onder SON-T.
- In de hogere lichtniveaus, is er soms een positief verschil waarbij de LED planten iets hogere fotosynthese kunnen hebben, vooral aan het begin van de dag.
- Vanaf ongeveer 200 μmol licht, vlakkt de fotosynthese van het blad redelijk af bij een niveau van ca. 9 μmol vastgelegde CO_2 . Een uitzondering hierop vormt de meting in februari: met een hele zonnige dag buiten, is de stijging in fotosynthese met het lichtniveau lineair tot 300 μmol , en loopt de fotosynthese op tot 21 μmol vastgelegde CO_2 .
- Aan het begin van de belichtingsperiode na het donkerperiode, moeten de planten, zo lijkt het, eerst "op gang komen": bij zowel LED als SON-T merken we op dat de eerst gemeten blad altijd eerder verzadigt dan de bladeren waar later aan gemeten wordt (Figuur 9). Dit effect kan ook veroorzaakt worden door een lage bladtemperatuur aan het begin van de dag, zie ook Figuur 15.



Figuur 9 Licht-response curves kort na het aangaan van de lampen na de donkerperiode van planten geteeld onder LED (boven) en planten geteeld onder SON-T (onder) lampen. De verschillende lijnen (genummerd met 1, 2, 3, 4,) geven de volgorde van de bladeren aan. 1 is het eerst gemeten blad direct na het aangaan van de lampen; 2 is het tweede blad, etc.

Aan het einde van de dag, als het donker doek dicht gaat omdat het te koud aan het worden is, gaat het hele gewas in een soort van "nachtstand": ondanks dat op het gedeelte van het blad waar wij aan het meten zijn, onder een lichtbron van het apparaat staat, treedt er schijnbare lichtverzadiging op bij 100 μmol , net voorbij het niveau van de belichting. Dit is te illustreren met de metingen getoond in Figuur 10 die gemaakt zijn op twee bladeren net voor het doek dicht ging, en een derde blad direct nadat het doek dicht ging om 16:20. Het blad dat gemeten wordt direct nadat het doek gesloten was verzadigt al bij 100 μmol licht.



Figuur 10 Licht-response curves kort voor en na het sluiten van het donker doek om 16:20, van planten geteeld onder LED (boven) en planten geteeld onder SON-T (onder) lampen. De verschillende lijnen (genummerd met 1, 2, 3, 4,) geven de volgorde van de bladeren aan; 3 is het eerst gemeten blad direct na het sluiten van het doek.

3.3.2 Temperatuur-response curves

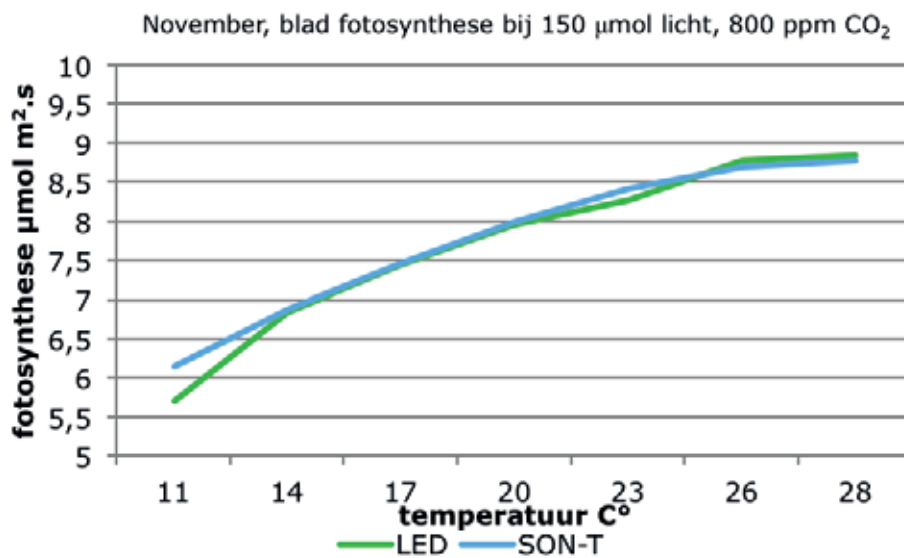
Voor deze metingen is het licht op 150 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$ PAR gehouden, en de CO_2 concentratie op 800 ppm. De temperatuur van de meet-blok ingesteld tussen 11 en 28 graden; de blok kon echter niet meer dan 2-3 graden lager worden ingesteld dan de kastemperatuur; 11 graden was vooral in de meting van februari een onhaalbaar lage temperatuur.

De meting van november (Figuur 11) laat zien dat bij dit lage lichtniveau, 25% meer CO₂ kan worden vastgelegd bij 18 graden dan bij 11 graden. Tot 26 graden is de stijging in fotosynthese met de temperatuur vrijwel lineair; boven de 26 graden is het licht kennelijk limiterend.

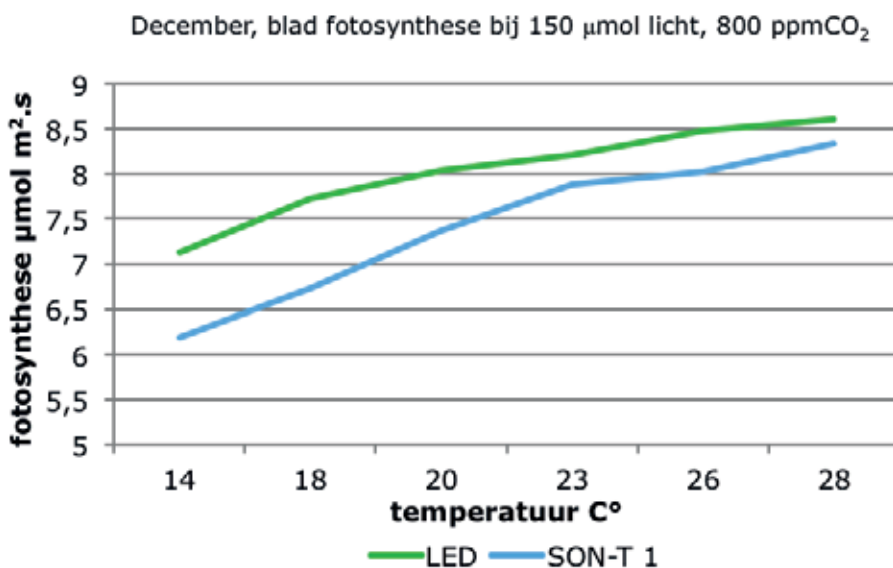
In het traject boven 14 graden is er geen verschil in bladfotosynthese gemeten tussen de planten in de LED of in de SON-T vakken. Maar onder de 14 graden, verandert voor de LED planten echt de hellingshoek, en bij 11 graden is onder de LED 10% minder fotosynthese dan bij de SON-T planten; het is verleidelijk om hier een rol voor het verschil in warmte van de lampen te willen zien.

Echter, in de december metingen, zien we een vergelijkbare trend voor wat betreft hellingshoek en stijging met de temperatuur, maar daarbij vertoont juist het gewas onder LED lampen een hogere fotosynthese niveau.

In de februari meting zien we een duidelijke afname van de fotosynthese in beide behandelingen vanaf 26 °C.



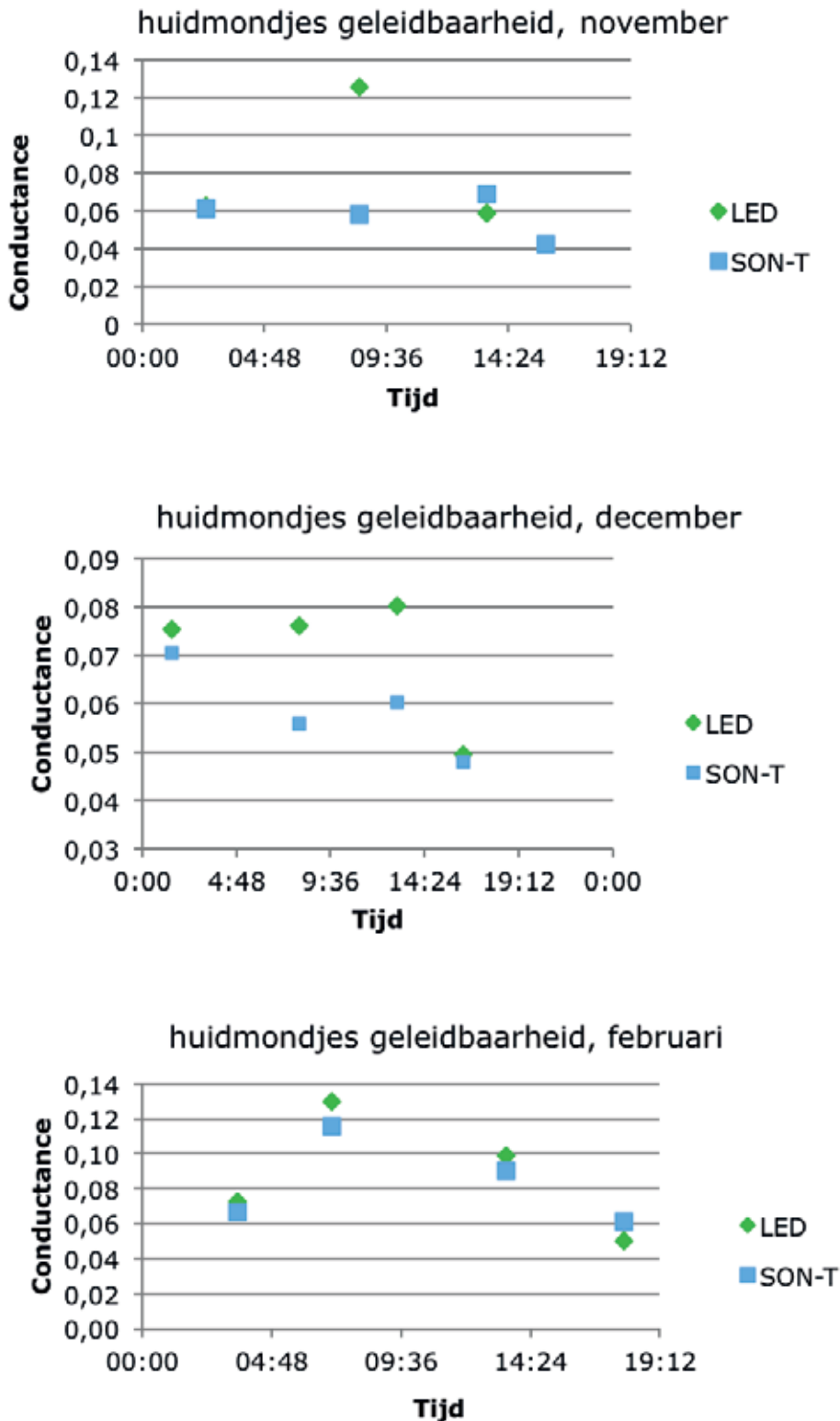
Figuur 11 Temperatuur response curves in november bij LED en SON-T gewas, bij 150 μmol/m²s en 800 ppm CO₂.



Figuur 12 Temperatuur response curves in december bij LED en SON-T gewas, bij 150 μmol/m²s en 800 ppm CO₂.

3.3.3 Huidmondjes geleidbaarheid

Bij de heersende condities, is de geleidbaarheid van de huidmondjes (een maat voor de huidmondjes opening) op verschillende momenten van de dag gemeten, ook met de Li-Cor. De gemiddelden per tijdstip zijn in Figuur 13 weergegeven.

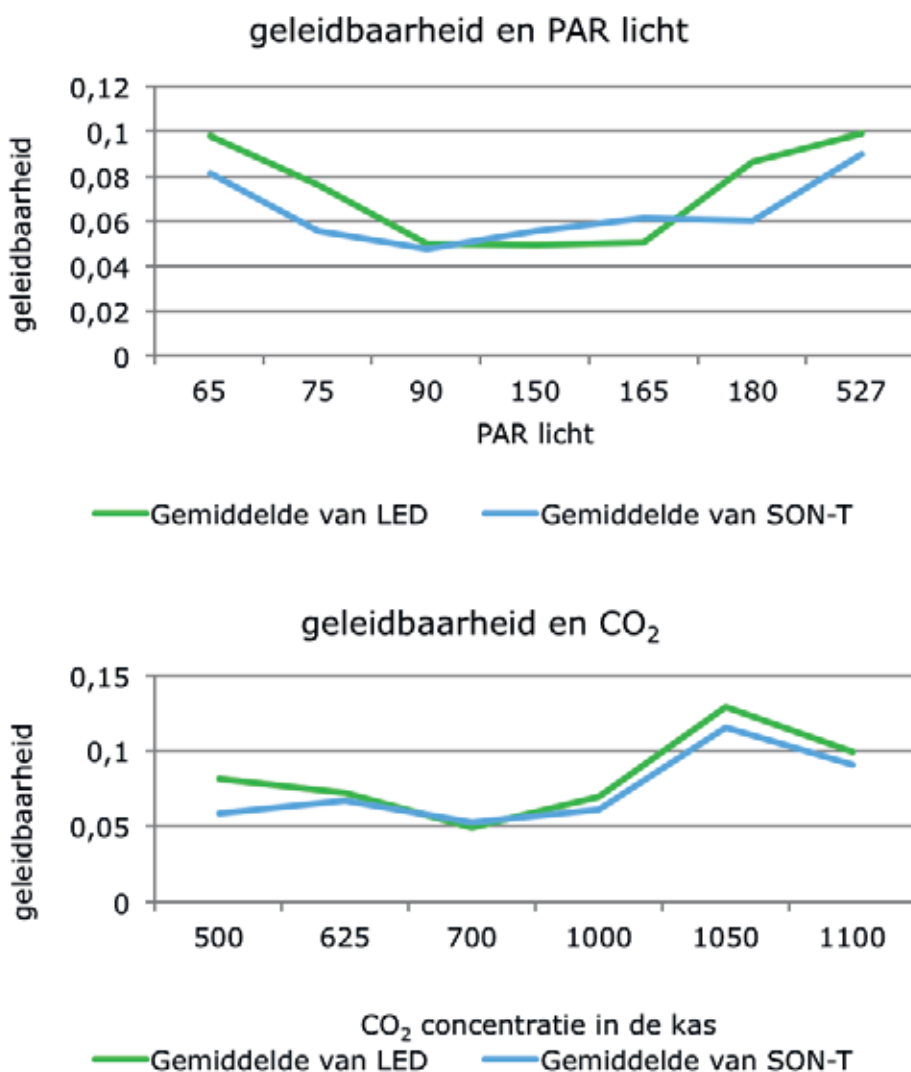


Figuur 13 Huidmondjes geleidbaarheid per meettijdstip onder de heersende condities van licht en CO₂.

De gemiddelde geleidbaarheid aan het begin van de belichtingsperiode is in alle metingen laag (0.06-0.07). De grootste geleiding wordt gemeten tussen 8:30 en 13:00, als het lichtniveau het hoogst is onder invloed van zonlicht. Aan het einde van de dag is de geleiding weer laag bij alle metingen, vaak lager dan aan het begin van de dag.

In december blijven de huidmondjes, en dan vooral bij de SON-T planten, ook overdag behoorlijk dicht.

De huidmondjes opening wordt door voornamelijk het licht gestuurd en door de CO₂ beïnvloed: Als alle metingen worden uitgezet tegen de heersende condities ten tijde van de meting, dan wordt de relatie tussen huidmondjes opening en PAR licht en CO₂ voor de LED en de SON-T belichte planten zichtbaar (Figuur 14). De gemeten geleidbaarheid van de huidmondjes is iets hoger in de planten onder de LED (over alle metingen 0,9 versus 0,7 voor de planten onder SON-T): het zou kunnen betekenen dat meer CO₂ kan worden opgenomen voor een iets hogere fotosynthese bij de LED planten.



Figuur 14 Geleidbaarheid van de huidmondjes in relatie tot de ten tijde van deze metingen, heersende CO₂ concentratie in de kaslucht (onder) en PAR licht niveau (boven).

Frappant is de abrupte daling in geleidbaarheid boven 1050 ppm CO₂. Uit de klimaatregistraties door de teler blijkt dat in de koudere weken van het jaar de CO₂concentratie hoog oploopt, waarbij 1000-1200 ppm niet zeldzaam is en meetwaardes van enkele uren in de nacht van 1600-1800 ppm komen sporadisch voor (data niet getoond).

Eveneens frappant is het "dipje" dat in beide grafiekjes zichtbaar is in het middensegment van zowel PAR als CO₂. Deze correspondeert deels met de metingen midden op de dag, met scherm open en laag buitenlicht, bij heersende PAR licht niveaus van 150- 180 µmol en een CO₂ concentratie van 700 ppm.

Door het incidentele van de metingen, is het voorbarig om hier conclusies over te trekken. Maar vraagtekens zijn hier wel terecht: waarom gaan de huidmondjes iets knijpen bij laag lichtniveau met scherm open? Is het een vorm van waterstress? Vochtstress? Is het blad te koud door uitstraling? Uit de beelden genomen met de thermische camera blijkt dat er een gewastemperatuur daling wordt waargenomen met het openen van het scherm in de vroege ochtend (zie 3.4.2.) Dit verdient verder onderzoek.

3.4 Andere waarnemingen

Op drie verschillende tijdstippen (gedurende een etmaal per vak in november, december en februari) zijn op locatie verschillende niet-destructieve metingen gedaan, en er zijn takken geogst in rijpheidstadium en naar het laboratorium vervoerd voor destructieve bepalingen. De bepalingen en het resultaat worden in deze hoofdstuk besproken.

3.4.1 SPAD- waarde

Op de genoemde verschillende momenten is de SPAD-waarde van het blad gemeten (Dit is een momentane, niet-destructieve meting, dat een maat vormt voor de hoeveelheid chlorofyl aanwezig in het blad: hoe hoger de SPAD waarde, hoe meer chlorofyl aanwezig (fotosynthetiserende pigmenten) en hoe "groener" het blad.

meetdatum	SPAD waarde blad					
	LED			SON-T		
	bed onder lamp	1 bed naast	2 bed naast	bed onder lamp	1 bed naast	2 bed naast
20-nov	43.7	43.1	43.7	43.0	41.8	42.5
16-dec	46.8	48.6	46.0	44.3	48.0	43.8
24-feb	46.9	48.1	50.4	47.7	49.9	47.9

De verschillen tussen behandelingen en meetmomenten zijn klein. Wat uit deze waarden opvalt, is de bescheiden maar wel geleidelijke toename van chlorofyl in de tijd: voor alle behandelingen was de gemiddelde SPAD waarde lager in november dan in december, en deze was lager dan in februari.

3.4.2 Gewastemperatuur

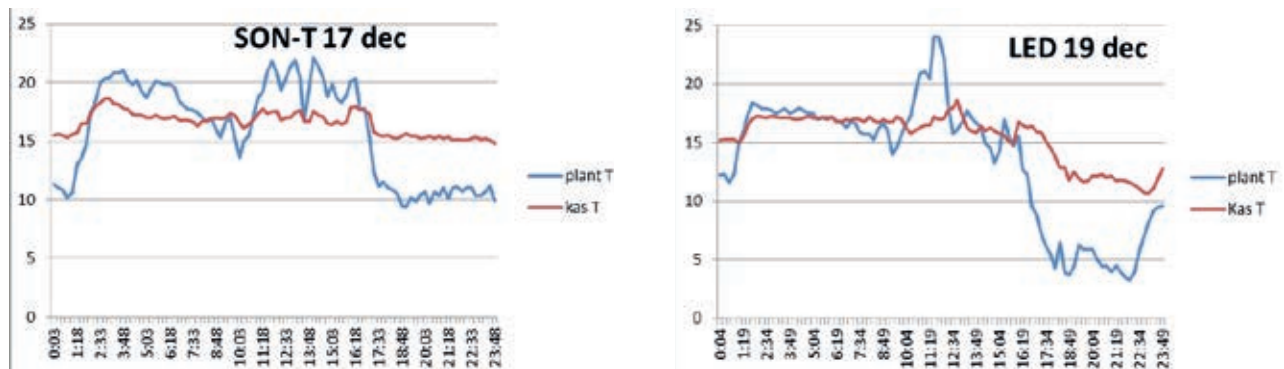
Gedurende 2 etmalen in november, 2 in december en 2 in februari is een thermische camera geplaatst onder de LED en onder de SON-T lampen. De camera maakte gedurende 48 uur time-lapse opnames: elke 15 minuten een digitale en een thermisch beeld van het gewas.

De digitale beelden laten zien dat het gewas, ook gedurende de nacht (donker)periode, voortdurend beweegt met een draaiende beweging, waarbij het blad van oriëntatie verandert.

De warmte beelden, omgezet naar de door de camera gemeten temperaturen van het blad (Figuur 15) en in vergelijking met de gemeten kasttemperatuur, laten zien dat zodra de lampen aan gaan de planttemperatuur boven de kasttemperatuur uitkomt; de bladopwarming is duidelijk groter onder invloed van de SON-T lampen dan onder invloed van de LED lamp. Bij het kieren/ openen van het scherm rond 8 uur zien we de gewastemperatuur dalen onder de kasttemperatuur, waarna het onder invloed van het zonlicht opnieuw steeg. Gedurende de koude nachturen, met een hemeltemperatuur van 10 graden onder 0, is er veel uitstraling van het blad naar de koude hemel, en zonder de warmte van de belichting zakt het bladtemperatuur tot ruim 6 graden onder de kasttemperatuur.

Opgemerkt dient te worden dat dit niet een hele nauwkeurige meting is, te meer omdat er een correctiefactor bij de metingen van december en SON-T januari was vergeten in te stellen. Dat maakt vooral de absolute temperatuur-waarde onbetrouwbaar; de verhouding tussen kas en bladtemperatuur is wel correct; deze geeft het wel een goede indruk van de ongewenste afkoeling van het blad gedurende koude nachten door uitstraling.

In Bijlage 4 zijn enkele van deze thermische beelden te zien.



Figuur 15 Gewastemperatuur als geregistreerd met de time-lapse thermische beelden (blauw), in vergelijking met de op dat moment heersende kastemperatuur (rood). Links, onder de SON-T lampen; rechts onder de LED lampen.

3.4.3 Destructieve waarnemingen

Per meetmoment zijn 10 takken per behandeling geogost en destructief gemeten. Dat wil zeggen dat na het snijden op een lengte van 80 cm, het blad en de bloemen van de steel zijn gescheiden, waarna apart het aantal bladeren en bloemen, en het gewicht van de steel, het blad en de bloemen separaat zijn bepaald. De totale bladoppervlak per tak is tevens met behulp van een Li-Cor bladoppervlaktemeter bepaald.

Voorts zijn de plantdelen apart gedroogd gedurende 3 dagen bij 80°C voor het bepalen van de droge stof gehalte.

Een samenvatting van deze resultaten is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2

Resultaten van de destructieve waarnemingen, gemiddeld over de drie meetmomenten november, december en februari (per behandeling 30 takken totaal).

Bepaling	Behandeling			
	2 bed naast LED	1 bed naast LED	LED	SON-T
Bladoppervlakte per tak (cm ²)	695.3	668.4	635.3	675.2
Aantal Bladeren per tak	29.3	30.7	27.1	28.3
Totaal bladgewicht per tak (g)	25.8	21.1	21.5	22.8
Gemiddelde oppervlak van een blad (cm ²)	23.9	21.8	23.4	23.9
Aantal gram per cm ² blad	0.037	0.031	0.033	0.033
Gemiddeld aantal bloemen per tak	11.4	12.0	11.5	12.8
Totaal bloemgewicht per tak (g)	7.1	8.1	7.9	8.2
Gemiddeld gewicht per bloem (g)	0.651	0.676	0.722	0.669
Gewicht van de steel zonder blad of bloem (g)	27.3	28.6	29.4	31.9
% droge stof bloemen	10.0	10.9	9.5	11.9
% droge stof steel	8.9	10.1	8.6	9.2
% droge stof blad	8.8	9.3	9.5	9.8

De verschillen tussen SON-T en LED zijn statistisch (ANOVA 95%) niet significant, ook niet als de meetmomenten afzonderlijk worden geanalyseerd. Tussen de drie verschillende afstanden naar de LED lampen (rij onder de lamp, 1 rij voorbij de lamp, 2 rijen voorbij de lamp) zijn de verschillen vooral te danken aan het verschil in licht.

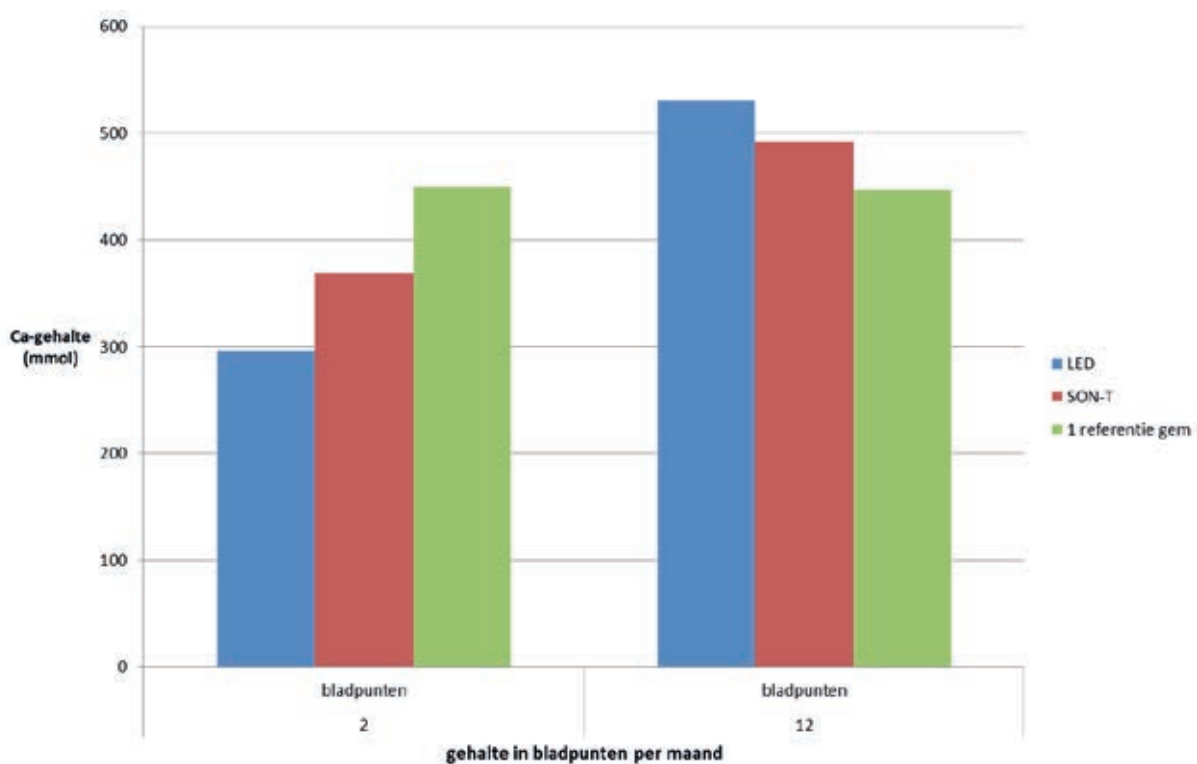
Drie zaken vallen op aan deze meetresultaten:

- De planten onder de laagste lichtniveaus (een en twee rijen voorbij de rij onder de lamp), hebben gemiddeld een iets groter bladoppervlak per tak en iets meer bladgewicht, wat vooral te danken is aan iets meer bladeren per tak.
- Onder afnemend lichtniveau (LED), neemt het gewicht van de steel af (steel zonder blad of bloem, nadat deze is teruggebracht naar 80 cm).
- Het percentage drooggewicht van zowel bloem, als steel en blad is lager onder LED dan onder SON-T. Dit is ook gezien in een Gerbera proef (Van der Helm et al., 2014), en mogelijk speelt de invloed van het licht op de gewastemperatuur van het blad hierbij een rol.

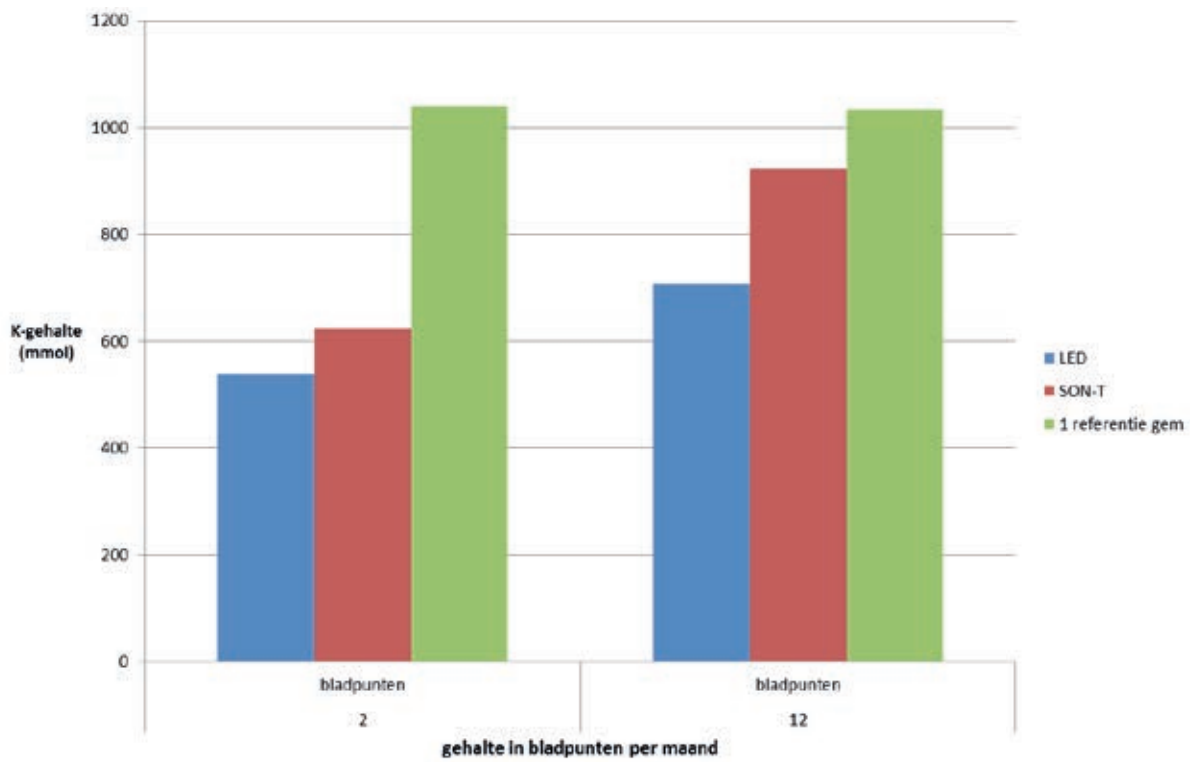
3.4.4 Elementen analyse

Gelijk met de aangegeven periodieke waarnemingen, zijn gewasmonsters genomen voor chemische analyses van het gewas. Het blad is in twee delen apart geanalyseerd: bladbasis en bladpunten. Vergeleken wordt het gehalte aan voedingselementen in het gewas dat onder LED en onder SON-T groeit. Beide worden vergeleken met een referentie, dat bestaat uit gemiddelde gehalten elementen in bladpunten, als verzameld gedurende 3 jaar onderzoek.

De gevonden gehalten aan hoofd en sporelementen zijn weergegeven in bijlage III. In Figuur 16 zijn de gehalten aan Calcium in bladpunten voor december en februari getoond. In Figuur 17 de gehalten aan Kalium. Gebleken is in eerder onderzoek (Knap en Labrie, 2012; Van der Helm *et al.* 2011; Slegers en Van der Helm, 2012) dat een te laag Calcium gehalte in het blad, en vooral in de punten, leidt tot meer kwaliteitsproblemen van het blad, zoals vochtblaadjes. Niet alleen een laag gehalte aan Calcium, maar de verhouding Kalium/Calcium blijkt van belang voor het voorkomen van bladproblemen (Van der Helm *et al.* 2013). Daarom wordt het gehalte aan Kalium tevens getoond (Figuur 17). Uit deze waarden blijkt dat in de analyses van februari zowel de planten onder LED als de planten onder SON-T een lager gehalte aan zowel Ca als K vertonen dan de referentie. In de analyses van december is alleen het Kalium gehalte lager dan de referentie. Het gehalte aan Calcium in december is hoger in de LED planten dan in de SON-T planten, wat mogelijk een verklaring geeft voor het verschil in (overigens in beide vakken erg gering) optreden van bladpunten (iets minder onder LED).



Figuur 16 Calcium gehalte in bladpunten in februari (2) en december (12). De groene balk geeft de referentie gehalte.



Figuur 17 Kalium gehalte in bladpunten in februari (2) en december (12). De groene balk geeft het referentie gehalte weer.

4 Slotdiscussie en conclusies

In het licht van de resultaten van de vele metingen (Tabel 3. geeft een samenvatting) kunnen verschillende leerpunten worden getrokken.

Allereerst ten aanzien van de effecten van de toegepaste LED lamp type R300 AP67 van Valoya. Gebaseerd op resultaten en ervaring van eigen onderzoek van Valoya in klimaatkamers (waar geen "verstoring" door het natuurlijk lichtspectrum mogelijk was), zijn de volgende verwachtingen geformuleerd:

- Verwacht werd een hogere productie bij gelijke energie-input. Of anders gezegd: een mogelijkheid om energie te besparen bij gelijkblijvende productie.
- Verwacht werd ook een verbetering van de kwaliteit: een betere bladkwaliteit door een verbeterde licht/warmte balans en groener blad.
- Ook werden meer bloemen per tak verwacht.

Tabel 3

Samenvatting resultaten voor de vakken LED en SON-T apart.

	SON-T	LED
Totale productie/m ²	150	152
Gemiddelde lengte	127 cm	124 cm
Gemiddeld takgewicht op 80 cm	52.3 g	53.3 g
Bladpunten per veld	27	22
% tweede soort	23 %	26 %
Aantal bloemen per tak	12.8	11.5
Bladoppervlakte per tak	675.2	635.3
% droge stof bloemen	11.9	9.5
% droge stof steel	9.2	8.6
% droge stof blad	9.8	9.5

De resultaten hebben niet aan deze verwachtingen voldaan: er zijn niet meer bloemen per tak gevormd, het blad is niet groener en de waargenomen productie onder LED was slechts 2 takken per m² meer (1,5%) dan onder SON-T. Dit is waarschijnlijk te verklaren door het gemeten verschil in PAR -licht onder de lampen (2,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) Een eventuele bladkwaliteit verbetering kon niet worden vastgesteld door het praktisch uitblijven gedurende het onderzoeksperiode (winter 2013/2014) van de bladproblemen, die in andere winters een veelvoorkomend probleem waren onder de standaard SON-T belichting. Er is in ieder geval geen verslechtering van de kwaliteit waargenomen, en een bescheiden daling van het deze winter optredende bladpunten.

Drie positieve effecten van de belichting met R300 AP67 LED lampen van Valoya zijn waargenomen:

- Er is een hogere huidmondjes geleiding en een hogere fotosynthese gemeten in de minder gunstige momenten (bij de start van de belichting).
- Ook is bij gelijke bladtemperatuur een iets hogere fotosynthese gemeten bij de planten die onder deze lamp groeien. Dat deze niet geleid hebben tot een hogere productie kan betekenen: a) dat er geen verbetering mogelijk is, of b), dat er andere factoren zijn dan de fotosynthese, die op dat moment limiterend zijn. Bij voorbeeld de orientatie van het blad en de onderschepping van het licht, de omzetting in groei (temperatuur? Vocht? CO₂? Nutriënten?).

Gedurende de besprekingen van de resultaten met de betrokken telers en de Begeleidingscommissie van dit onderzoek zijn interessante leerpunten genoemd:

- Onder LED is de productie in termen van aantal takken, taggewicht en kwaliteit (percentage 2e soort) gelijk aan die van onder SON-T. Dit biedt perspectief voor energiebesparing.
- Er was te weinig bladschade om een verbetering door de LED waar te nemen; de tellingen en de hogere Calcium gehalte in de punten in vooral de moeilijkste periode (december) geven aan dat de toegepaste LED belichting de potentie had kunnen hebben om de schade enigszins te beperken.
- Hoewel dit lastig is vast te stellen omdat de vakken in enkelvoud zijn waargenomen, lijkt het erop dat het lichtverlies twee rijen voorbij de LED lamp tot minder productieverlies leidt dan te verwachten valt op grond van het lichtverlies. Twee rijen voorbij de SON-T lamp is de productieverlies evenredig aan het lichtverlies.
- De concentratie CO₂ in de nacht en het begin van de belichtingsperiode zou wel eens aan de hoge kant kunnen zijn.
- Het blad koelt 's nachts door uitstraling ver onder de kasttemperatuur.
- Het blad koelt 's ochtends na het openen van het (donker) doek iets onder de kasttemperatuur. Deze afkoeling is iets minder sterk in de SON-T vak dan in de LED vak. Dit zou wel eens een aanduiding kunnen zijn ervan dat er belicht wordt om de afkoeling tegen te gaan meer dan om de fotosynthese zelf.
- Nadat het dichte doek gesloten wordt aan het einde van de dag, lijkt de plant in een soort "nachtmodus" te komen, waarbij lichtverzadiging bij lage lichtniveaus (het niveau van de belichting) optreedt.

5 Aanbevelingen

De metingen van fotosynthese en bladkwaliteit in dit onderzoek geven aanwijzingen dat een lage bladtemperatuur in combinatie met een lange lichtperiode de bladkwaliteit negatief kan beïnvloeden. Gemeten hoge concentraties CO₂ (>1200 ppm) vragen ook om verder onderzoek.

Aanbevolen wordt om op zoek te gaan naar een meer optimale balans in het energieverbruik (korter belichten en beter isoleren). Het gebruik van een beter isolerend scherm of een dubbele scherm zou de mogelijkheden tot energiebesparing kunnen vergroten.

De WKK is op veel bedrijven aanwezig en beperkend voor het werkelijk realiseren van energiebesparing. Voor telers wordt besparing op warmte pas interessant als de vraag naar elektra afneemt.

In overleg met de BCO is gedacht aan een vervolg onderzoek om de leerpunten van dit onderzoek verder in de praktijk te brengen. Dit heeft geresulteerd in het onderstaande proefplan:

Een Alstroemeria bedrijf zal komende winter voor het vervolg project investeren door een kasafdeling in te richten met een tweede transparante energiescherm (XLS 10 revolux) en een ontvochtigingssysteem. In de proefafdeling zal de winterdaglengthte terugschroefd worden van de praktijk duur van 17-18 uur naar maximaal 15 uur. Dit geeft de grootste energiebesparing (15%). Naar meer besparing (5%) op belichting zal gestreefd worden door toepassen van lichtintegratie en sneller afschakelen als de warmtebalans voor die dag klopt. Ook de CO₂ dosering wordt verlaagd naar een niveau niet hoger dan 800 ppm, omdat meer doseren zeer weinig meer fotosynthese oplevert en er minder CO₂ beschikbaar is bij minder draaiuren van de WKK. De teelt in de proefafdeling wordt vervolgens uitgevoerd volgens de principes van "Het Nieuwe Telen". Er wordt een VD nagestreefd van boven 1,5 gr/m³, dat volgens de resultaten uit eerder onderzoek voldoende is om vochtblaadjes te beheersen.

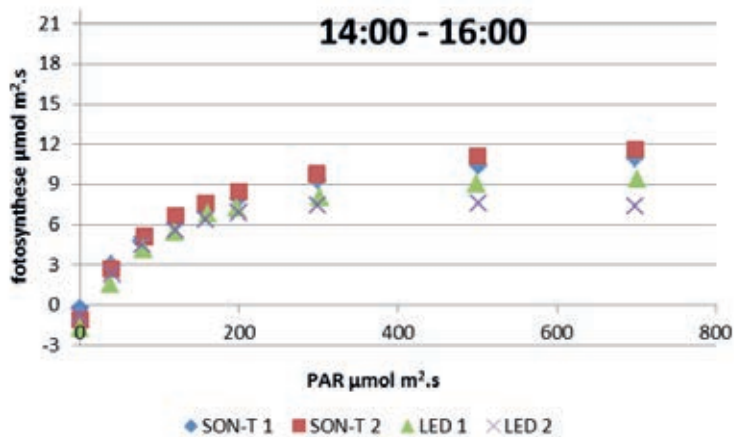
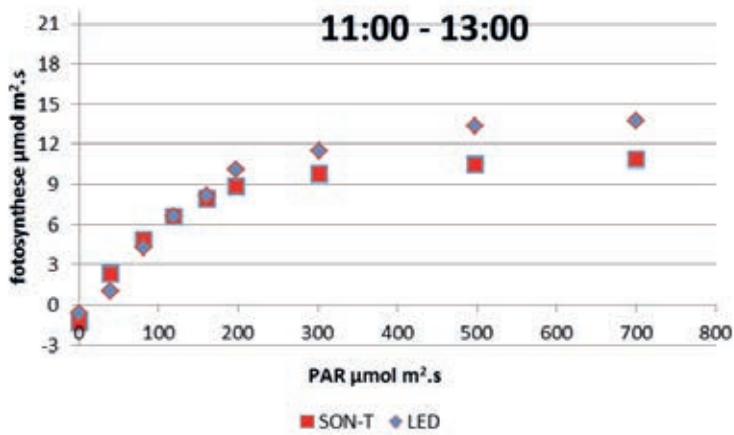
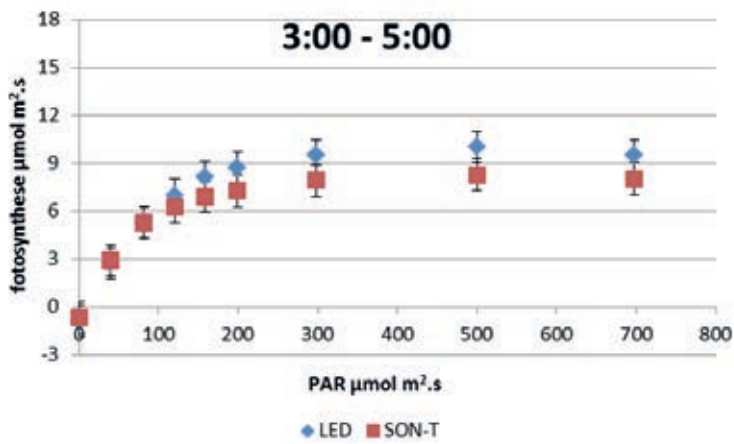
Dit vervolgonderzoek die op financiering van het programma Kas als Energiebron kan rekenen zal meer kennis genereren over de invloed van intensief schermen en vochtbeheersing op (blad-)kwaliteit van Alstroemeria. Het zal een aansprekende praktijkcase voor integratie van besparing op belichten en besparing op warmte bij een toonaangevend Alstroemeria bedrijf, waarbij duurzaamheid en kwaliteit prevaleren boven maximaliseren van de productie.

6 Literatuur

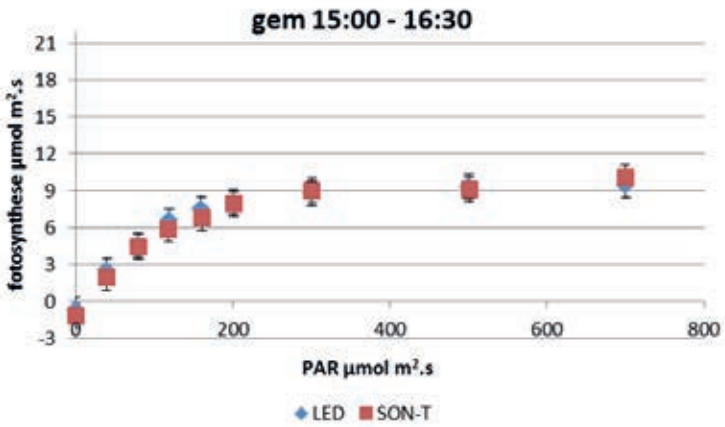
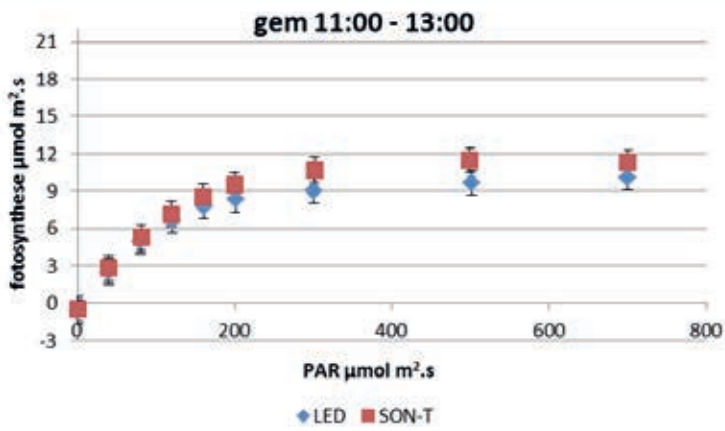
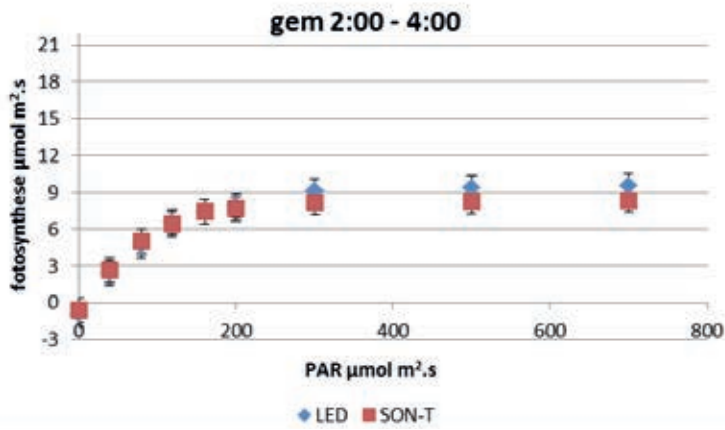
- Helm, F.P.M. van der; Weel, P.A. van; Labrie, C.W. ; Zwart, H.F. de, 2011.
Het nieuwe telen Alstroemeria, praktijk-implementatie Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, Landelijke Alstroemeriadag, 2011-10-05
- Helm, F.P.M. van der; Labrie, C.W., 2011.
Activeren microklimaat met lucht. Snijbloemen.actueel. editie Snijbloemen onder glas / uitg. van de landelijke Cie Snijbloemen van LTO Groeiservice 14 (1). - p. 1 - 2.
- Helm, F.P.M. van der; Weel, P.A. van; Labrie, C.W. ; Zwart, H.F. de, 2011.
Het nieuwe telen Alstroemeria, praktijk-implementatie. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, Landelijke Alstroemeriadag, 2011-10-05
- Helm, F.P.M. van der; Labrie, C.W. ; Mourik, N.M. van; Groot, M. de; Voogt, W., 2013.
Bemesting Alstroemeria: Invloed van EC en K:Ca verhouding in de teelt van Alstroemeria op kokossubstraat. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapporten WUR GTB 1249) - p. 74
- Kamminga, H. ; Labrie, C.W., 2010.
Nieuwe Telen Alstroemeria: betere kwaliteit met minder energie (interview met Caroline Labrie). Vakblad voor de Bloemisterij 65 (39).
- Knaap, I. ; Labrie, C.W., 2010.
Vochtblaadjes in Alstroemeria te lijf (interview met o.a. Caroline Labrie). Vakblad voor de Bloemisterij 65 (7). - p. 42 - 43.
- Labrie, C.W. ; Zwart, H.F. de, 2010.
Energy efficient climate control for cut flower Alstroemeria. ISHS 28th Int. Horticultural Congress - Science and Horticulture for People - Abstracts Volume II (Symposia), 22-27 August 2010, Lisbon, Portugal. - Lisbon, Portugal : ISHS, ISHS 28th Int. Horticultural Congress - Science and Horticulture for People, 2010-08-22/ 2010-08-27 - p. 199
- Labrie, C.W. ; Zwart, H.F. de, 2012.
In: ISHS 28th Int. Horticultural Congress - Science and Horticulture for People (IHC 2010): International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation. - Acta Horticulturae 927 .Lisbon, Portugal : 2010-08-22/ 2010-08-27 - p. 581 - 587.
- Slegers, J.; Helm, van der F.P.M., 2012.
Calcium cruciaal bij vochtblaadjes Alstroemeria (interview met Frank van der Helm). Vakblad voor de Bloemisterij, 67(43), 60 - 61. ISSN 0042-2223

Bijlage I. Licht-response curves

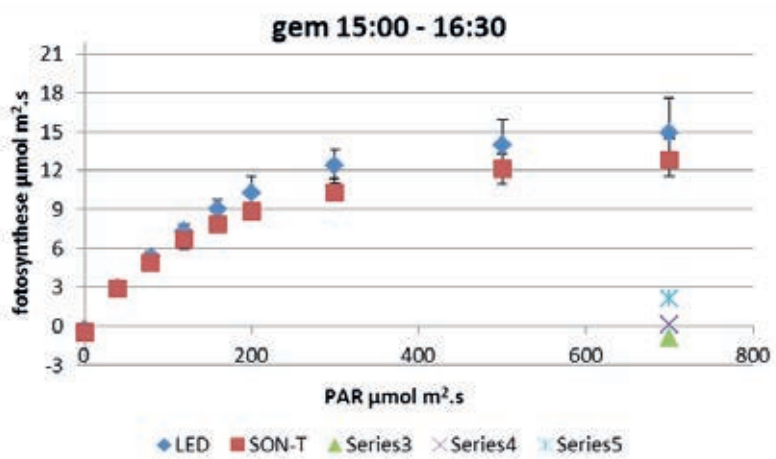
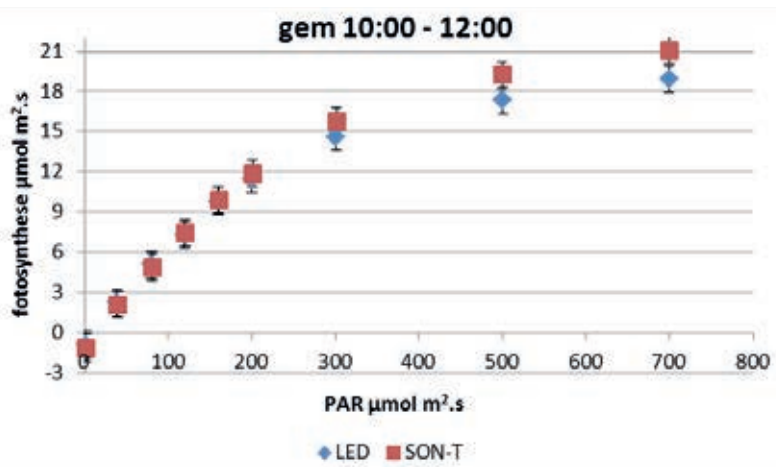
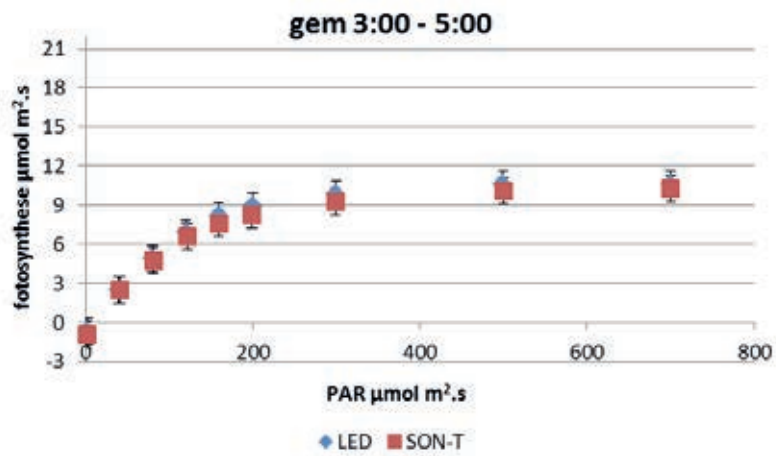
November



December



Februari



Bijlage II. Huidmondjes geleidbaarheid

November

tijd	geleidbaarheid		Omstandigheden
	LED	SON-T	
2:30	0.0582	0.061	scherm dicht
	0.0560	0.055	PAR 65
	0.0580	0.083	CO ₂ 1000
	0.0791	0.046	
	0.0622	0.060	
gem	0.0627	0.0613	
tijd	LED	SON-T	
8:30	0.0483	0.0486	scherm dicht
	0.2093	0.0358	PAR 65
	0.1439	0.0412	CO ₂ 1000
	0.1008	0.1084	
gem	0.1256	0.0585	
tijd	LED	SON-T	
13:30	0.0593	0.0679	scherm open
	0.0592	0.0698	PAR 150
			CO ₂ 700
gem	0.0592	0.0689	
tijd	LED	SON-T	
15:50	0.0281	0.0316	scherm open
	0.0475	0.0536	PAR 150
	0.0528		CO ₂ 700
gem	0.0428	0.0426	

December

tijd	conductance		Omstandigheden
	LED	SON-T	
1:30	0.078052	0.054037	scherm dicht
	0.076774	0.073401	PAR 75
	0.067297	0.067519	CO ₂ 500
	0.056711	0.074572	
	0.076745	0.082777	
	0.080117	0.079376	
	0.091108	0.060604	
	0.077041	0.086576	
gem	0.0753	0.0705	

tijd	LED	SON-T	
8:00	0.081309	0.06599	scherm dicht
	0.062566	0.053339	PAR 75
	0.080318	0.053244	CO ₂ 500
	0.090621	0.045256	
	0.078651	0.059643	
	0.070641	0.050384	
	0.076782	0.052183	
	0.068154	0.065791	
gem	0.0761	0.0557	

tijd	LED	SON-T	
13:00	0.050517	0.056837	scherm open
	0.05509	0.062762	PAR 180
	0.114737	0.069823	CO ₂ 700
	0.052724	0.050017	
	0.121771	0.054712	
	0.08457	0.065314	
	0.08245	0.050556	
	0.129369	0.071601	
gem	0.0803	0.0602	

tijd	LED	SON-T	
16:20	0.05977	0.053213	scherm dicht
	0.04626	0.057529	PAR 90
	0.057129	0.055436	CO ₂ 700
	0.035091	0.025623	
gem	0.0496	0.0480	

Februari

tijd	conductance		Omstandigheden
	LED	SON-T	
3:30	0.038362	0.049094	scherm dicht
	0.082538	0.057779	PAR 65
	0.068065	0.058988	CO ₂ 1250
	0.084901	0.072796	
	0.096036	0.056274	
	0.054867	0.1108	
	0.081082	0.030237	
	0.061007	0.068573	
	0.068279	0.087687	
	0.089298	0.071023	
gem	0.0724	0.0663	
tijd	LED	SON-T	
7:00	0.104005	0.071585	scherm dicht
	0.1425	0.181566	PAR 65
	0.083389	0.127949	CO ₂ 1050
	0.103396	0.100966	
	0.119331	0.148001	
	0.076747	0.109049	
	0.136854	0.094715	
	0.195949	0.075031	
	0.11	0.109882	
	0.224904	0.137717	
gem	0.1297	0.1156	

tijd	LED	SON-T	
13:30	0.084119	0.219798	scherm open
	0.074981	0.178665	PAR 527
	0.12069	0.086512	CO ₂ 1100
	0.117098	0.100452	
	0.084484	0.111904	
	0.072842	0.056692	
	0.120153	0.030358	
	0.087751	0.025328	
	0.1178	0.044186	
	0.104449	0.047037	
	0.106646	0.070688	
		0.112063	
gem	0.0992	0.0903	

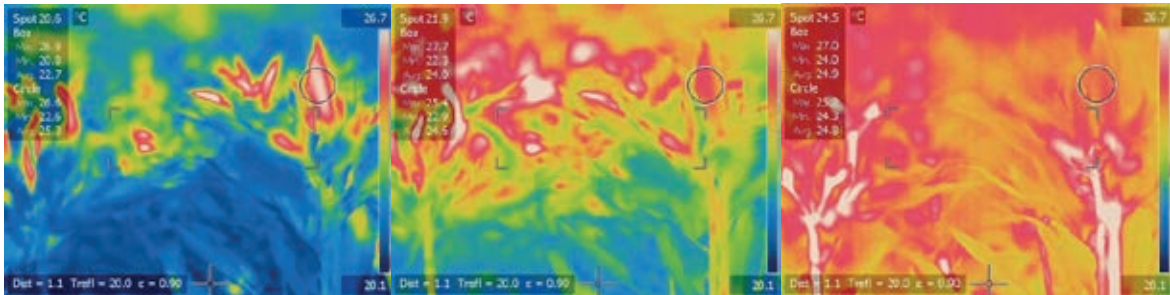
tijd	LED	SON-T	
15:50	0.020045	0.013583	scherm loopt dicht
	0.031864	0.008455	PAR 165
	0.046661	0.05856	CO ₂ 1000
	0.060878	0.055072	
	0.062315	0.050496	
	0.043459	0.075004	
	0.074996	0.08653	
	0.048267	0.059952	
	0.0585	0.082	
	0.056688	0.09373	
		0.091361	
gem	0.0504	0.0613	

Bijlage III. Gewasanalyses

datum	bladdeel	behandeling	DS	K	Na	Ca	Mg	N-tot	P-tot	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Cu
			[%]	[mmol/ kg ds]	[mmol/ kg ds]	[mmol/ kg ds]	[mmol/ kg ds]	[mmol/ kg ds]	[mmol/ kg ds]	[mmol/ kg ds]	[mmol/ kg ds]	[µmol/ kg ds]	[µmol/ kg ds]	[µmol/ kg ds]	[µmol/ kg ds]
november	heel blad	LED	11.0	1070	21.4	417	188	3663	136.0	1.8	0.8	0.5	1.7	25.3	77.6
november	heel blad	SON-T	12.0	876	18.5	422	178	3426	104.0	1.7	0.7	0.4	1.6	27.4	85.1
november	bladpunten	Wit	13.0	864	< 10	474	210	4274	116.0	2.3	0.8	0.6	2.6	23.1	113.0
november	bladbasis	Wit	9.7	1806	12.5	802	211	3783	113.0	1.6	0.6	0.7	1.9	22.8	82.2
december	bladpunten	Wit	12.0	992	11.5	668	216	3966	113.0	2.2	0.9	0.6	3.8	21.7	81.3
december	bladbasis	Wit	8.6	1934	13.1	916	194	3802	117.0	1.5	0.7	1.0	2.1	21.8	65.4
december	heel blad	WIT	10.3	1463	12.3	792	205	3884	115.0	1.9	0.8	0.8	3.0	21.8	73.4
december	bladpunten	LED	13.0	707	14.0	531	234	3966	114.0	2.0	0.8	0.4	1.9	26.7	65.2
december	bladbasis	LED	8.3	1805	26.1	502	182	3845	119.0	1.3	0.5	0.6	1.6	25.1	46.2
december	heel blad	LED	10.7	1256	20.1	517	208	3906	116.5	1.7	0.6	0.5	1.8	25.9	55.7
december	bladpunten	SON-T	12.0	923	12.8	492	244	3800	128.0	2.2	0.7	0.4	2.1	23.5	77.8
december	bladbasis	SON-T	8.4	1954	26.1	564	212	3519	138.0	1.4	0.4	0.7	1.9	22.9	60.3
februari	bladbasis	LED	10.0	1721	21.0	351	120	3473	115.0	1.2	0.5	0.5	1.3	14.7	55.2
februari	bladpunten	LED	16.0	538	<10	296	131	3785	87.0	1.8	0.8	0.3	1.9	16.8	74.3
februari	bladbasis	SON-T	10.0	1742	20.9	368	122	3638	116.0	1.3	0.5	0.5	1.5	17.9	63.2
februari	bladpunten	SON-T	16.0	624	<10	369	161	4110	101.0	2.1	0.8	0.4	2.0	18.6	75.0
	bladpunten	ref gem	12.3	1040	6.5	450	195	4416	192.2	5.4	1.7	0.6	2.8		29.0
	bladpunten	ref laag	12.3	918	6.5	542	184	4484	197.7	5.2	1.7	0.7	2.7		33.9
	bladpunten	ref hoog	12.5	1118	6.5	359	224	4320	184.5	5.6	1.8	0.5	2.9		25.5
	bladpunten	ref gem	10.5	1252	5.8	392	170	4218	170.9	4.5	1.5	0.5	2.7		42.1
	bladpunten	ref laag	10.3	1165	5.6	470	169	4347	179.0	4.2	1.4	0.5	2.6		45.6
	bladpunten	ref hoog	10.7	1308	6.1	309	185	4143	166.2	4.7	1.5	0.5	2.9		38.5
	bladpunten	ref gem	11.2	1033	6.8	448	186	4300	175.8	6.1	1.9	0.6	3.6		61.8
	bladpunten	ref laag	11.2	933	6.5	541	175	4393	183.2	5.8	1.9	0.6	3.5		76.5
	bladpunten	ref hoog	11.7	1080	6.8	346	215	4224	170.5	6.2	2.0	0.5	3.7		49.0

Bijlage IV. Thermische beelden

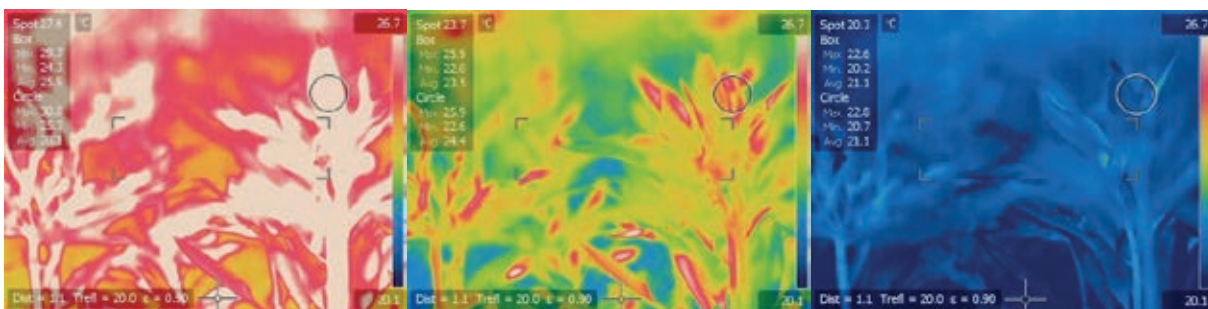
Gewastemperatuur gedurende de dag als vastgelegd met thermische beelden, februari 2014, proefvak SON-T belichting.



9:30

9:46

12:00



15:16

16:00

16:46

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



Wageningen UR 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.wageningenUR.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1337

Wageningen UR 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 UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University 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 Wageningen UR 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.