



Lichtspectrum als middel voor energiezuinige rozenteelt

Praktijkproef bij Van der Arend Roses

Nieves Garcia Victoria¹ en Sander Pot²

1. Wageningen UR Glastuinbouw, 2. Plant Dynamics

Rapport GTB-1368

Referaat

Bij een rozenteeltbedrijf is in de winter 2014-2015 met financiering van Kas als Energiebron en Valoya een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van een aangepast lichtspectrum op de productie en kwaliteit bij de roos Avalanche. Hiertoe is een deel van het bedrijf belicht met een "hybride" opstelling van 103 μmol SON-T en de Valoya LED lamp G1 in twee verschillende intensiteiten: 57 of 103 μmol . In vergelijking met de gangbare installatie van het bedrijf (191 μmol SON-T), leverde het aangepaste spectrum, afhankelijk van de intensiteit van de toegevoegde LED belichting, een 7.2% tot 9% hogere lichtbenutting door het gewas op. Dit biedt perspectief voor energiebesparing, als de energie-efficiency van de gebruikte Valoya G1 lampen naar een output van 1.7 μmol PAR per Watt elektrisch stijgt. Hier wordt door Valoya al aan gewerkt. De verrichte metingen aan het gewas (SPAD, knoptemperatuur, fotosynthese, bladoppervlakte, etc.) bieden geen verklaring voor dit positief effect. Aanbevolen wordt om aanvullend onderzoek te doen naar de effecten van lichtkleur bij roos. Vragen die onder meer liggen, zijn of andere rassen even sterk reageren op het menglicht, of het gewas in de winter compacter kan worden met meer blauw in het spectrum, en of met een groter aandeel verrood licht de bloemen nog zwaarder worden, met een grotere bloemknop.

Abstract

During the winter 2014-2015 a research was conducted at a commercial rose nursery to learn more about the influence of a special lamp light spectrum on the production and quality of the rose Avalanche. A "hybrid" lighting system was installed with 103 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ PAR from High Pressure Sodium and from Valoya LED lamp G1 in two different intensities: 57 or 103 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ PAR. Compared with the conventional installation of the company (191 micromol SON-T), the spectrum of the hybrid installation allowed, depending on the intensity of the added LED, a 7.2% to 9% higher light use efficiency (LUE) by the crop. This offers possibilities for energy saving, but therefore the energy efficiency of the lamps used (Valoya G1) needs to increase to an output of 1.7 μmol PAR per watt electric. Valoya is already working on this improvement. The performed plant measurements (SPAD, bud temperature, photosynthesis, leaf area, etc.) do not contribute to explain this positive effect. More research about the effects of light colour on the rose production is needed. Remaining questions are if other rose varieties react the same to the combined spectrum, if the crop can grow more compact in winter when there is more blue in the spectrum, and if a larger proportion of far-red light could make the flowers even heavier, with a larger flower bud. The research was funded by the program "Greenhouse as Energy Source" (Ministry of Economy and the Horticultural Product Board) and Valoya.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1368

Projectnummer: 3742194300



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
	Dankwoord	7
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding en achtergrond	9
	1.2 Hypothese	10
	1.3 Doelstelling van dit onderzoek	10
	1.3.1 Technische doelstellingen	10
	1.3.2 Energiedoelstellingen	10
	1.3.3 Nevendoelstelling	10
	1.4 Samenwerking	10
	1.5 Financiering	11
2	Materiaal en methoden	13
	2.1 Behandelingen	13
	2.1.1 Lichtintensiteit	14
	2.1.2 Lichtspectrum	15
	2.2 Metingen en waarnemingen	17
	2.3 Statistiek	17
	2.3.1 Proefopzet	17
	2.3.2 Analyse	17
3	Resultaten en discussie	19
	3.1 Klimaat	19
	3.1.1 Gerealiseerde lichtniveaus	19
	3.1.2 Lichtsom	20
	3.1.3 Kas en planttemperatuur	20
	3.2 Productie	21
	3.2.1 Aantal rozen per m ²	22
	3.2.2 Oogstgewicht per m ²	22
	3.2.3 Productie cumulatief	22
	3.2.4 Relatieve productie	23
	3.2.5 Lichtbenutting	24
	3.2.6 Energiebenutting	24
	3.3 Kwaliteit	25
	3.3.1 Takgewicht	25
	3.3.2 Taklengte	26
	3.3.3 Aandeel A2 kwaliteit	26
	3.4 Planteigenschappen	27
	3.4.1 SPAD	28
	3.4.2 Aantal bladeren, bladoppervlak en bladgewicht	28
	3.4.3 Knoplengte en knopgewicht	29
	3.4.4 Gewicht per cm	29
	3.4.5 Droge stof percentage	29
	3.4.6 Temperatuur van de bloemknop	29
	3.4.7 Bladoriëntatie	30
	3.4.8 Ontwikkelingsduur	32

3.5	Vaasleven na de oogst (houdbaarheid)	32
3.6	Fotosynthese	34
3.6.1	Bepaling van de Fotosynthese capaciteit.	34
3.6.1.1	Resultaten december 2014.	35
3.6.1.2	Resultaten meting januari 2015.	36
3.6.1.3	Resultaten meting maart 2015	36
3.6.2	Meting Fotosynthese snelheid	37
3.6.2.1	Resultaten per periode en per behandeling	38
3.6.3	Huidmondjesopening	41
4	Slotdiscussie	43
5	Conclusies	47
6	Aanbevelingen	49
	Literatuur	51
	Bijlage 1 Proefplattegrond	53
	Bijlage 2 Detail lichtmetingen	55
	Bijlage 3 Detail waarnemingen rozen	57
	Bijlage 4 Ontwikkelingsduur in beeld	59

Samenvatting

Energie is, samen met arbeid, de grootste kostenpost in de Nederlandse rozenteelt. Met financiering van Kas als Energiebron en Valoya is bij een rozenteeltbedrijf in de winter 2014-2015 een praktijkonderzoek uitgevoerd naar de invloed van het spectrum van de belichting op de productie van de cultivar Avalanche+, en de mogelijkheden deze invloed om te zetten in energie besparing.

Voor het onderzoek heeft Valoya een LED lamp (type G1) ontwikkeld, bedoeld om het lightspectrum uit SON-T lampen te complementeren bij gebruik in een "hybride" opstelling van SON-T en LED. Op basis van eerdere oriënterende proeven is de hypothese geformuleerd dat dit 'menglicht' de productie bij roos zal doen toenemen, ook bij lagere belichtingsintensiteit, doordat de planten meer in balans zijn, en dat het licht (ook de combinatie met daglicht) beter wordt benut voor de fotosynthese en de groei.

Als de hypothese juist is, en veranderingen in het lightspectrum dergelijke productieverbeteringen kunnen geven met een lagere lichtintensiteit, dan is er veel ruimte voor energiebesparing. Het gestelde doel was op termijn 25% minder elektriciteit te gebruiken bij de teelt van roos.

Hiertoe is een deel van het bedrijf belicht met een "hybride" opstelling van 103 μmol SON-T plus LED licht van 57 of 103 μmol PAR/ m^2s . Deze behandelingen zijn vergeleken met de gangbare installatie van het bedrijf (191 μmol SON-T).

De hypothese blijkt juist wat betreft productieverbetering: met het gecombineerde spectrum Valoya G1 (LED) + SON-T is afhankelijk van de intensiteit van de LED belichting een gelijke of hogere productie mogelijk (vooral in takgewicht uit te drukken) dan met het SON-T spectrum alleen. Dit resultaat komt het beste tot uitdrukking in de lichtbenuttingsefficiëntie (LBE), dat is de productie in grammen per ontvangen mol licht: deze was 7.2 tot 9% hoger met het menglicht dan met alléén SON-T.

De hogere LBE van de planten onder het menglicht is niet te verklaren door verschillen in bladkleur (SPAD), knoptemperatuur, fotosynthese capaciteit, fotosynthese snelheid, bladoppervlakte, aantal bladeren of bladoriëntatie. Dit deel van de hypothese, dat de productietoename te danken is aan een hogere fotosynthese, is met deze proef niet bevestigd. Mogelijk speelt het vrij hoge aandeel blauw en verrood, en vooral die laatste, een rol in het resultaat.

Het effect op de productie was al na enkele weken zichtbaar; het productievoordeel bleef stijgen ondanks de relatief steeds hogere bijdrage van het daglicht aan het totaal licht in de kas.

De energiedoelstelling (het energiegebruik in de rozenteelt met 25% te verlagen) was waarschijnlijk ambitieuzer dan op grond van dit resultaat realistisch lijkt. Met 16% minder PAR licht geïnstalleerd was in vergelijking met de controle nauwelijks productiederving en daarom een hogere lichtbenuttingsefficiëntie. Om dit productievoordeel om te kunnen zetten in een energievoordeel moet de energie-efficiency van de gebruikte Valoya G1 lampen (een prototype) stijgen naar een minimale output van 1.7 μmol PAR per Watt elektrisch. Hier werken de ontwikkelaars van Valoya aan, wat naar verwachting gerealiseerd gaat worden in de commerciële versie van deze lamp vanaf 2016.

Aanbevolen wordt om de gebruikte Valoya G1 lampen verder te ontwikkelen: ontwerptechnisch (armaturen die een lagere lampdichtheid en minder schaduwwerking mogelijk maken) en in termen van energie-efficiëntie. Aanvullend onderzoek naar de effecten van lichtkleur bij roos is vanuit telersperspectief ook gewenst. Vragen die er onder meer liggen, zijn of het gewas compacter kan worden met meer blauw in het spectrum, en of met een groter aandeel van verrood licht in het spectrum de bloemen nog zwaarder worden, met een grotere bloemknop.

Dankwoord

Onderzoek doen is altijd teamwork. Graag spreek ik hier een woord van dank uit naar het team en organisaties die zich voor deze proef hebben ingezet.

Allereerst het PT-EZ onderzoeksprogramma "Kas als energiebron" die de onderzoekswerkzaamheden heeft gefinancierd.

De coördinatoren van het programma "Kas als Energiebron", Leo Oprel namens EZ en Dennis Medema namens LTO-Glaskracht willen wij in het bijzonder bedanken voor hun betrokkenheid bij het project.

Sander Pot van Plant Dynamics, mede-auteur van dit rapport, voor zijn deskundige bijdrage in het algemeen, maar vooral in het onderdeel licht- en fotosynthesemetingen, en de fijne samenwerking.

Het initiatief voor dit onderzoek is door Richard van der Lans (Van der Arend Roses, Maasland) genomen, samen met Gonçalo Moreira van Valoya. Richard en de medewerkers van Van der Arend Roses, die het bedrijf op soms onmogelijke tijden voor de onderzoekers hebben opengesteld bedank ik graag voor hun inzet, voor, tijdens en na afloop van de proef. Ze hebben dag in dag uit zorgvuldig data verzameld tussen de normale werkzaamheden door.

Dank aan Valoya voor het kosteloos leveren van de lampen, voor de leerzame discussies met Gonçalo en Stiina, en de open communicatie.

Tot slot, wil ik mijn Wageningen UR collega's Mary Warmenhoven, Piet Koornneef, Ben Kashoek, Rob Pret, Frank Kempkes en Waldo de Boer in het zonnetje zetten voor hun vele diensten, zoals hulp met detailmetingen, met de sensoren, dataverwerking en met statistiek.

Nieves García Victoria

1 Inleiding

Van het najaar van 2014 tot het einde van het voorjaar 2015 is een onderzoek uitgevoerd bij een rozenteeltbedrijf naar de invloed van het lichtspectrum op de bloemenproductie, en de mogelijkheden deze invloed in te zetten om energie te besparen.

1.1 Aanleiding en achtergrond

Energie is met arbeid de grootste kostenpost in de Nederlandse rozenteelt. Dat is de reden waarom sinds een aantal jaar onderzoek wordt gedaan naar het effect van de energie-efficiëntere LED belichting op de productie als een manier om het stroomverbruik voor belichting te verlagen. Bij alleen LED belichting missen de planten de warmtestraling van de SON-T en gaat de besparing in elektra voor een deel op aan de extra warmte wat in de kas moet worden ingebracht om de planten op temperatuur te houden. Daarom wordt, net zoals in andere gewassen gekeken naar combinaties tussen SON-T belichting boven het gewas en tussenbelichting met LED ter hoogte van het ingebogen bladpakket en / of van de knippunten om de uitloop te stimuleren. De meeste proeven zijn gedaan met (combinaties van) rode en blauwe LED's, soms met een kleine piek in een andere kleur.

Uit onderzoek in klimaatkamers is het bekend dat de verschillende lichtkleuren van het spectrum een sterk effect hebben op de morfologie en de fysiologie van de planten. Ook is het bekend dat met lampen waaruit licht in een breder spectrum wordt gegeven, er meer biomassa en bloemen worden geproduceerd dan met de rood/blauwe LED lampen of SON-T lampen alléén. Onderzoek in klimaatkamers wordt uitgevoerd uitsluitend onder lamplicht (dus zonder daglicht), wat de geldigheid in een kas-omgeving met veel daglicht ter discussie stelt. In de rozenteelt, waar hele hoge lichtniveaus (200 μmol en hoger) worden gebruikt, is de hoeveelheid zonlicht in de kas in de winter klein: van de totale lichtsom in de huidige praktijkkassen, 60- 80% wordt door de lampen geleverd. Hiermee lijkt de toepassing van LED lamplicht met een breder, meer gebalanceerd spectrum gerechtvaardigd.

Op basis van eigen onderzoek, heeft Valoya een LED lamp (type G1) ontwikkeld dat licht geeft in een breed spectrum. De lamp is ontwikkeld om het lichtspectrum uit SON-T lampen te complementeren, om het warmtestralingseffect van de SON-T lampen te behouden, en om te gebruiken in een "hybride" opstelling van SON-T en LED, beide als Topbelichting. Uitgangspunt hierbij is dat met dit 'menglicht' de planten meer in balans zijn en dat het licht (ook de combinatie met daglicht) beter wordt benut voor de groei.

Oriënterende proeven gedaan bij Velden Rozen en bij Van der Arend Roses met deze hybride combinatie lieten een spectaculaire productieverbetering zien bij White Naomi! (18% meer productie bij gelijke lichtintensiteit). Bij Avalanche bleek uit deze oriënterende proeven bij 30% minder PAR licht uit de lampen, 5.3% meer kg productie bereikt te kunnen worden.

De positieve resultaten werden toegeschreven aan de invloed van het veranderde lichtspectrum. Waarom precies een completer lichtspectrum meer productie geeft is niet bekend.

De oriënterende proeven besloegen echter een heel klein teeltoppervlak en de verrichte metingen konden geen verklaring bieden voor het behaalde resultaat. Naar aanleiding van de veelbelovende resultaten was er behoefte aan een uitbreiding van het oppervlak, verbetering van de proefopzet en aanvullende metingen om meer te leren en begrijpen over de kansen die het aangepaste spectrum biedt in een commerciële omgeving. Het onderzoek wat in dit rapport wordt beschreven, heeft aan deze drie behoeftes voldaan.

1.2 Hypothese

De geformuleerde hypothese voor het onderzoek is dat het gecombineerde licht spectrum SON-T + LED de productie bij roos zal doen toenemen door:

- Vergroten van de fotosynthese capaciteit van het gewas (meer, groter, groener blad).
- Verhoging van P_{max} (maximale fotosynthese), wat voordeel oplevert in de benutting van daglicht (vooral wanneer deze toeneemt in het voorjaar).

Als de hypothese klopt, en veranderingen in het lichtspectrum dergelijke productieverbeteringen kunnen geven met een lagere lichtintensiteit, dan is er veel ruimte voor energiebesparing.

1.3 Doelstelling van dit onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het energiegebruik bij roos met 25% te verlagen door gebruik te maken van LED belichting in een specifiek brede spectrum.

1.3.1 Technische doelstellingen

Om deze doelstelling te bereiken zijn de volgende kennis-technische doelen geformuleerd:

- Kennis opdoen over de invloed van een aangepast belichting spectrum op de productie en de kwaliteit bij roos.
- Het vinden van een verklaring waarom er een productie verbetering is onder invloed van het aangepaste spectrum.
- De mogelijkheden van het aangepaste spectrum te benutten en met minder lampvermogen te telen, met behoud van productie en kwaliteit.

1.3.2 Energiedoelstellingen

Kwantitatief wordt een energiebesparing beoogd van 25% op elektra bij de teelt van roos. Op termijn zal deze energiebesparing toenemen, naarmate LED efficiënter wordt dan SON-T. De ontwikkelaars van Valoya werken aan verbetering van de energie-efficiëntie van de lampen, en verwachten in 2016 een output van 2.24 μmol per W in het volledige spectrum (1.72 $\mu\text{mol}/\text{W}$ in het PAR gedeelte, aangezien een deel van het licht is verrood).

1.3.3 Nevendoelstelling

Doordat de lampen minder warmte afgeven, zal er minder warmteoverschot in de kas zijn, waardoor meer lichtafscherming mogelijk is. Minder warmte van de lampen betekent ook meer mogelijkheden om 's nachts onder een gesloten lichtscherm te telen. Maar ook betekent minder warmte afgifte van de lampen minder luchten, en daardoor minder CO₂ verliezen, wat tot een bescheiden extra energiebesparing leidt (minder gas nodig voor CO₂ productie). Dit is een neven doel voor de toekomst, dat met deze proefopzet, binnen een grote kasafdeling uitgerust met hoge SON-T intensiteiten niet kan worden gemeten.

1.4 Samenwerking

Om de doelstellingen te verwezenlijken is een onderzoek in de praktijk gestart bij Van der Arend Roses en uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw in samenwerking met Plant-Dynamics en Valoya.

Van der Arend Roses

De proef is op initiatief van de bedrijfsleiding van Van der Arend Roses opgezet. Van der Arend heeft de kasruimte ter beschikking gesteld, de installatie van de lampen en de aan/uitschakeling ervan gefaciliteerd en medegefinancierd. Verder hebben medewerkers van het praktijk bedrijf de teelt conform hun eigen standaardwijze verzorgd, de oogst en productiewaarnemingen uitgevoerd en aanvullende metingen en verrichtingen uitgevoerd of gefaciliteerd.

Wageningen UR Glastuinbouw

Voor Wageningen UR Glastuinbouw ligt een rol op het gebied van projectleiding en coördinatie, proefopzet, meten en monitoren en verwerking van de resultaten en rapportage en communicatie.

Plant Dynamics

Voor Plant Dynamics ligt de nadruk in dit project op metingen van lichtintensiteit en -spectrum van de twee type lampen apart en gecombineerd (start van de proef), in de situaties met en zonder daglicht. Tevens voerden ze op drie verschillende momenten diverse metingen uit om de fotosynthese karakteristieken van het gewas in kaart te brengen (huidmondjesopening, fotosynthese).

Valoya

Valoya heeft een bijdrage geleverd in de vorm van materialen (lampen). Daarnaast hebben ze een bijdrage geleverd met hun kennis en ervaring aan de discussies tijdens de proefverloop.

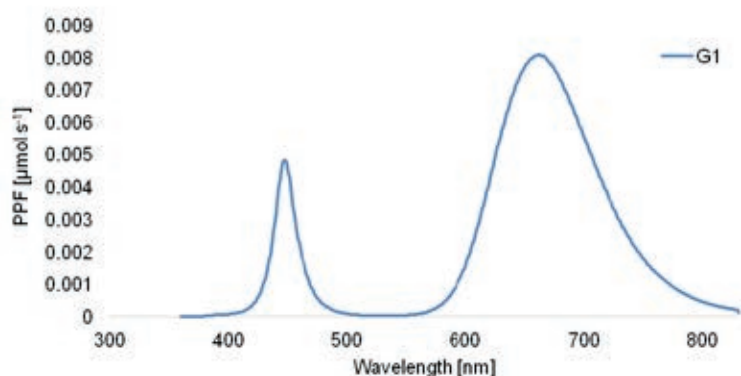
1.5 Financiering

De activiteiten van de kennispartijen zijn gefinancierd door het programma "Kas als Energiebron" van het Ministerie van EZ en het Productschap Tuinbouw.

2 Materiaal en methoden

Valoya LED type G1 lampen (Figuur 1) zijn geïnstalleerd in een hybride opstelling met SON-T belichting in een kas waar het ras Avalanche wordt geteeld. Deze hybride belichting is aangelegd zodanig dat er naast de in het bedrijf normale spectrum en intensiteit (referentie, SON-T (HPS 1000 W Greenpower) met een sterkte van circa $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2$), twee andere lichtspectra en intensiteit behandelingen ontstaan.

Na de installatie is het lichtniveau en het lichtkwaliteit (spectrum) in alle proefvakken door Plant Dynamics gemeten; waar nodig zijn lampen verplaatst of in hoogte versteld, tot het lichtniveau zo dicht mogelijk bij het gewenste niveau kwam te liggen.



Figuur 1 Het spectrum van de gebruikte LED's (type G1) in de proef volgens opgave Valoya.

2.1 Behandelingen

De drie lichtbehandelingen komen in dezelfde kas afdeling, over drie bedden van dezelfde kap. Figuur 2 toont de proef zoals het te zien was in de kas vanaf het middenpad. Op de voorgrond is de behandeling 100 μmol LED (dubbele rij LED's type G1) in combinatie met 100 μmol SON-T. Gescheiden met een randzone van 1 meter is vervolgens de behandeling 50 μmol LED (enkele rij LED's type G1) in combinatie met 100 μmol SON-T. De genoemde lichtniveaus zijn de beoogde waarden! De gerealiseerde waarden staan weergegeven in 2.1.1.

Drie poten naar achter ligt de controle: 200 μmol SON-T.

Voor een zo goed mogelijke lichtverdeling zijn korte schermen opgehangen (Figuur 3).

De proefvakken van de drie behandelingen hebben een lengte van 8 meter met drie herhalingen (3 teeltbedden). Alle kasinstellingen (lichtafscherming, warmte input via de buizen, raamstanden, watergiften, CO_2 dosering) zijn voor alle behandelingen gelijk en conform het voor dit bedrijf gebruikelijke.

De LED en de SON-T lampen schakelen altijd tegelijk aan en uit, waarbij "aan" is met de volledige lichtsterkte (dus niet in fases te schakelen zoals op de rest van het bedrijf). De SON-T vak brandt altijd op 100% gedurende de onderzoeksperiode. De LED en SON-T belichting kunnen handmatig wel apart aan en uitgezet worden voor het meten van de lichtspectra en lichtintensiteit van ieder type lamp apart en bij elkaar.



Figuur 2 De proef zoals opgezet in de kas. Met de gekleurde lijnen is de positie van de behandelingen aangegeven.

2.1.1 Lichtintensiteit

Na de installatie zijn de lichtsterktes gecontroleerd en gemeten. Het lichtniveau van de SON-T vak bleek geen 200 μmol , maar gemiddeld 191 μmol te bedragen. Hierdoor weken de gerealiseerde lichtniveaus af van de voor de behandelingen geplande. Tabel 1 toont de gemiddelde lichtniveaus en samenstelling bij de drie behandelingen zoals gepland; Tabel 2 zoals gerealiseerd.



Figuur 3 Korte schermen zorgen voor een goede lichtverdeling.

Te zien is dat er in het vak met 50% SON-T en 50% LED, het totale lichtniveau 8% hoger ligt dan in de referentie, en dat het totale lichtniveau van de belichting in het vak waar beoogd werd 50% SON-T en 25% LED, het totale lichtniveau maar 16% lager is dan de referentie, hoewel er beoogd werd 25% minder lamplicht.

Tabel 1

Geplande lichtniveaus in de verschillende behandelingen

Behandeling	SON-T 200	LED 150	LED 200
μmol SON-T:	200 (100%)	100 (50%)	100 (50%)
μmol LED:	0 (0%)	50 (25%)	100 (50%)
μmol Totaal:	200 (100%)	150 (75%)	200 (100%)

Tabel 2

Gerealiseerde lichtniveaus in de verschillende behandelingen

Behandeling	SON-T 200	LED 150	LED 200
μmol SON-T:	191 (100%)	104 (54%)	103 (54%)
μmol LED:	0 (0%)	57 (55%)	103 (54%)
μmol Totaal:	191 (100%)	161 (84%)	206 (108%)

In Bijlage 1 is er een proefplattegrond opgenomen; te zien is dat bij elke behandelingen drie meetvelden zijn gecreëerd van 8 meter lang over de volledige breedte van het bed. In Bijlage 2 is het lichtniveau zoals gemeten na installatie in detail voor elke rij over het volledige meetveld weergegeven.

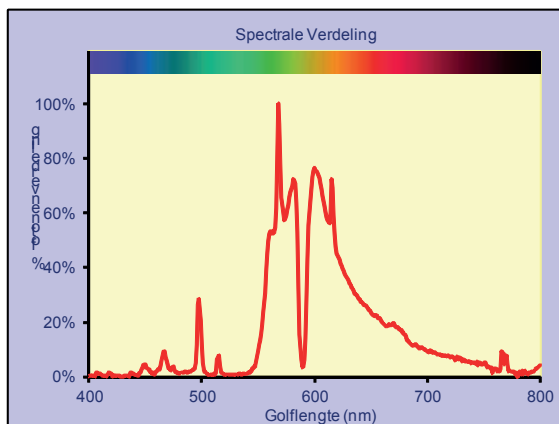
2.1.2 Lichtspectrum

Omdat bij deze proef sprake is van een mengspectrum (LED + SON-T) is van alle behandelingen de spectrale samenstelling van het kunstlicht door Plant Dynamics gemeten.

Figuur 4 geeft de spectrale samenstelling van de SON-T belichting weer (gemiddelde van 3 opnames).

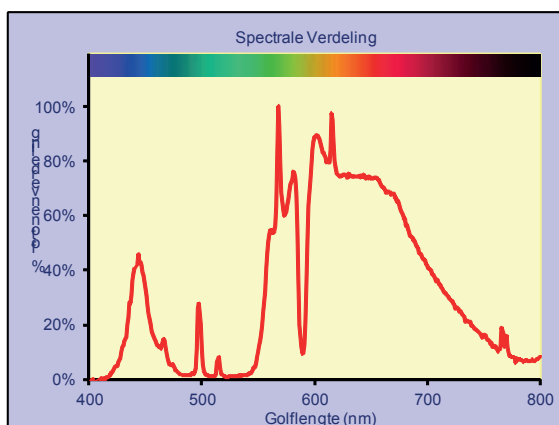
De spectrale verdeling van het menglicht is te zien in Figuur 5 (Behandeling LED150), en Figuur 6 (Behandeling LED200). Het spectrum van het menglicht is in beide behandelingen gemeten tussen 2 SON-T lampen in.

Duidelijk is te zien een grotere piek in het blauw en een bredere schouder in het rood & verrood. De spectrale verdeling is afhankelijk van meetpositie: wanneer recht onder een SON-T lamp wordt gemeten is het aandeel blauw en verrood wat lager in het menglicht (9 en 15% bij LED 150; 12.5 en 17.5% bij LED 200).



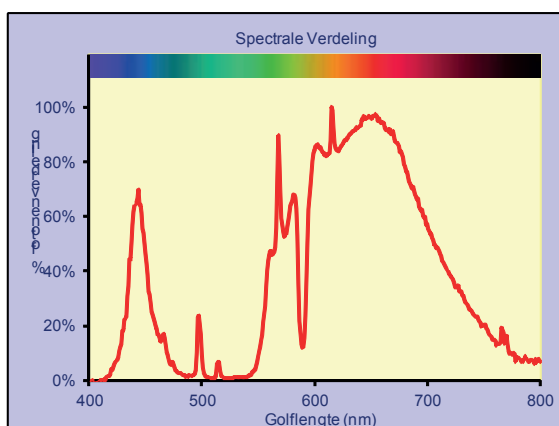
Parameter	waarde	Definitie
PAR 400-700nm ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	179.5	400-700nm
% UV tov PAR	nvt	370-399nm/400-700nm
% BLAUW tov PAR	4.4%	400-499nm/400-700nm
% CYAAN tov PAR	42.9%	500-599nm/400-700nm
% ROOD tov PAR	52.7%	600-700nm/400-700nm
% VERROOD tov PAR	8.1%	701-800nm/400-700nm
rood/verrood (breed)	6.478	600-700/701-800nm

Figuur 4 Spectrale verdeling en specificaties van SON-T (Green Power 1000W-EL), referentiebehandeling, referentie (behandeling HPS 200 of SON-T 200).



Parameter	waarde	Definitie
PAR 400-700nm ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	136.8	400-700nm
% UV tov PAR	nvt	370-399nm/400-700nm
% BLAUW tov PAR	10.9%	400-499nm/400-700nm
% CYAAN tov PAR	24.9%	500-599nm/400-700nm
% ROOD tov PAR	64.2%	600-700nm/400-700nm
% VERROOD tov PAR	16.8%	701-800nm/400-700nm
rood/verrood (breed)	3.815	600-700/701-800nm

Figuur 5 Spectrale verdeling van het menglicht (behandeling LED 150).



Parameter	waarde	Definitie
PAR 400-700nm ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	204.6	400-700nm
% UV tov PAR	nvt	370-399nm/400-700nm
% BLAUW tov PAR	13.1%	400-499nm/400-700nm
% CYAAN tov PAR	19.4%	500-599nm/400-700nm
% ROOD tov PAR	67.5%	600-700nm/400-700nm
% VERROOD tov PAR	18.3%	701-800nm/400-700nm
rood/verrood (breed)	3.682	600-700/701-800nm

Figuur 6 Spectrale verdeling van het menglicht (behandeling LED 200).

2.2 Metingen en waarnemingen

In elke behandeling is een set sensoren geïnstalleerd die via Let's Grow kunnen worden afgelezen. De sensoren monitoren PAR-licht, kasttemperatuur en gewastemperatuur.

Van 24 november 2014 tot 30 april 2015 is de productie van iedere meetvak handmatig geteld en gewogen door medewerkers van het bedrijf. Aanvullend is de productie van iedere behandeling door de sorteermachine beoordeeld. Hiermee is informatie verkregen over taklengte, takdikte en de verhouding eerste en tweede kwaliteit. Daarnaast is van enkele takken de ontwikkelingsduur bepaald.

Periodiek zijn metingen verricht door Wageningen UR Glastuinbouw en Plant Dynamics. Deze metingen zijn bedoeld om eventuele effecten op de productie te helpen verklaren.

Concreet is er gekeken naar de impact van de behandelingen op:

- Huidmondjes weerstand.
- Fotosynthese (met lichtbron en onder de heersende lichtcondities).
- Planteigenschappen (taklengte, knopgrootte, droge stof, SPAD, aantal bladeren per tak).
- Bladmorfologie (bladoppervlak en vers / drooggewicht).
- Knopgrootte (lengte, breedte bodem, vers/ drooggewicht).
- Bladoriëntatie.
- Vaasleven na de oogst (houdbaarheid).

Meer details over de methode worden, waar nodig, bij de toelichting van de resultaten van de betreffende metingen gegeven.

2.3 Statistiek

2.3.1 Proefopzet

De proef is aangelegd als een blokkenproef met in de lengte richting drie bedden, binnen elk bed vinden drie lichtbehandelingen plaats. De lichtintensiteit is niet gerandomiseerd over de bedden (praktijkproef). Vanaf 26 november is dagelijks geoogst. Het aantal takken per m² en het takgewicht per m² is geregistreerd.

2.3.2 Analyse

De oogstgegevens worden gecumuleerd vanaf het eerste oogsttijdstip en geanalyseerd met een gemengd model. Als random model worden de oogstdata genomen. Vaste effecten zijn bed, vak (lichtintensiteit) en de interactie tussen vak en de lineaire component van tijd. In GenStat:

```
vcomp [fixed = bed + vak*tijdlin] random = datum  
reml [prin = #,effects] y
```

Op drie verschillende momenten zijn diverse, additionele metingen gedaan aan de planten. Deze metingen aan planteigenschappen zijn geanalyseerd met behulp van variantie analyse (ANOVA).

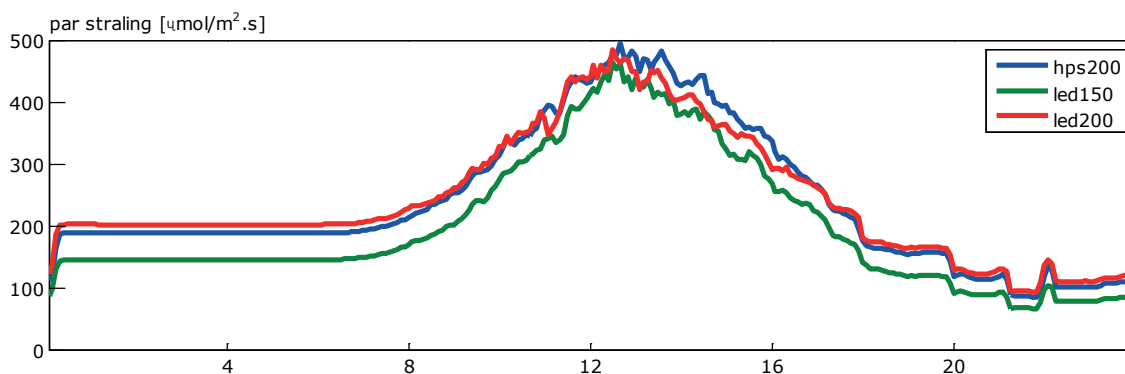
3 Resultaten en discussie

3.1 Klimaat

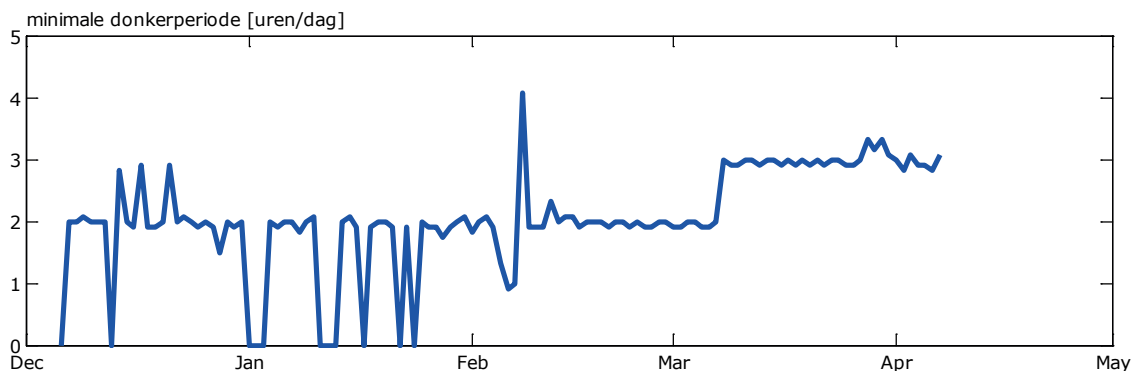
De gemeten parameter PAR-licht, kasttemperatuur en gewastemperatuur zijn hieronder grafisch weergegeven. Gekozen is voor de weergave als "cyclische gemiddelde", waarbij de getoonde waarde het gemiddelde is van de gemeten waarden op alle dagen op dezelfde tijdstip van de dag. Dagen met meer dan 24 waarnemingen uitval per dag zijn niet meegerekend.

3.1.1 Gerealiseerde lichtniveaus

Figuur 7 toont het cyclisch gemiddelde lichtniveau dat in de drie behandelingen is gerealiseerd in de periode 6 december tot 6 april (daarvoor zijn er trendveranderingen te zien). Goed te zien is het verschil in PAR licht in afwezigheid van natuurlijk licht. Ook is het effect van de schaduw dat vermoedelijk de LED armaturen op de sensor tussen 12:30 en 17 uur werpen in het cyclisch patroon te zien. Dat in het cyclisch gemiddelde het niveau 0 nooit voorkomt, geeft aan dat er ook dagen zijn waarin er de hele nacht wordt doorbelicht; de meeste nachten zonder donkerperiode kwamen in januari voor (Figuur 6).



Figuur 7 Cyclisch gemiddelde van het PAR licht als gemeten in de drie behandelingen van 6 december t/m 6 april.

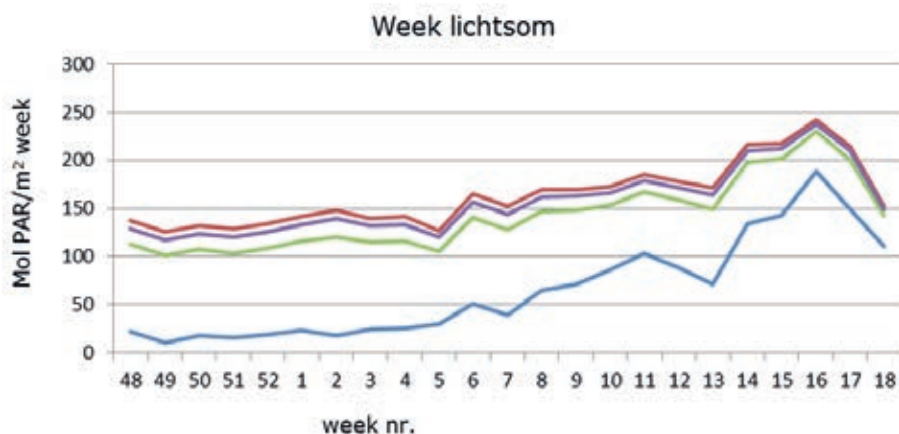


Figuur 8 Duur van de donkerperiode (uren per dag) van 6 december tot 6 april.

3.1.2 Lichtsom

Door de eerder genoemde "gaten" in de data zijn de weeklichtsommen per behandeling zoals getoond in Figuur 9 een berekende waarde, verkregen op basis van globale straling, lichtmetingen, aan/uitschakelmomenten van belichting en schermuren. Gerekend is met een kastransmissie van 70%.

In de figuur is te zien dat tot week 5 de wekelijkse lichtsommen tussen 100 en 150 mol bijdragen, waarvan het aandeel van de zon minder dan 20% bijdraagt, (ongeveer 20-30 Mol). Vanaf week 5 neemt het aandeel van de zon geleidelijk toe, in week 11 is het ruim 50%. Dit verkleint de verschillen tussen behandelingen.

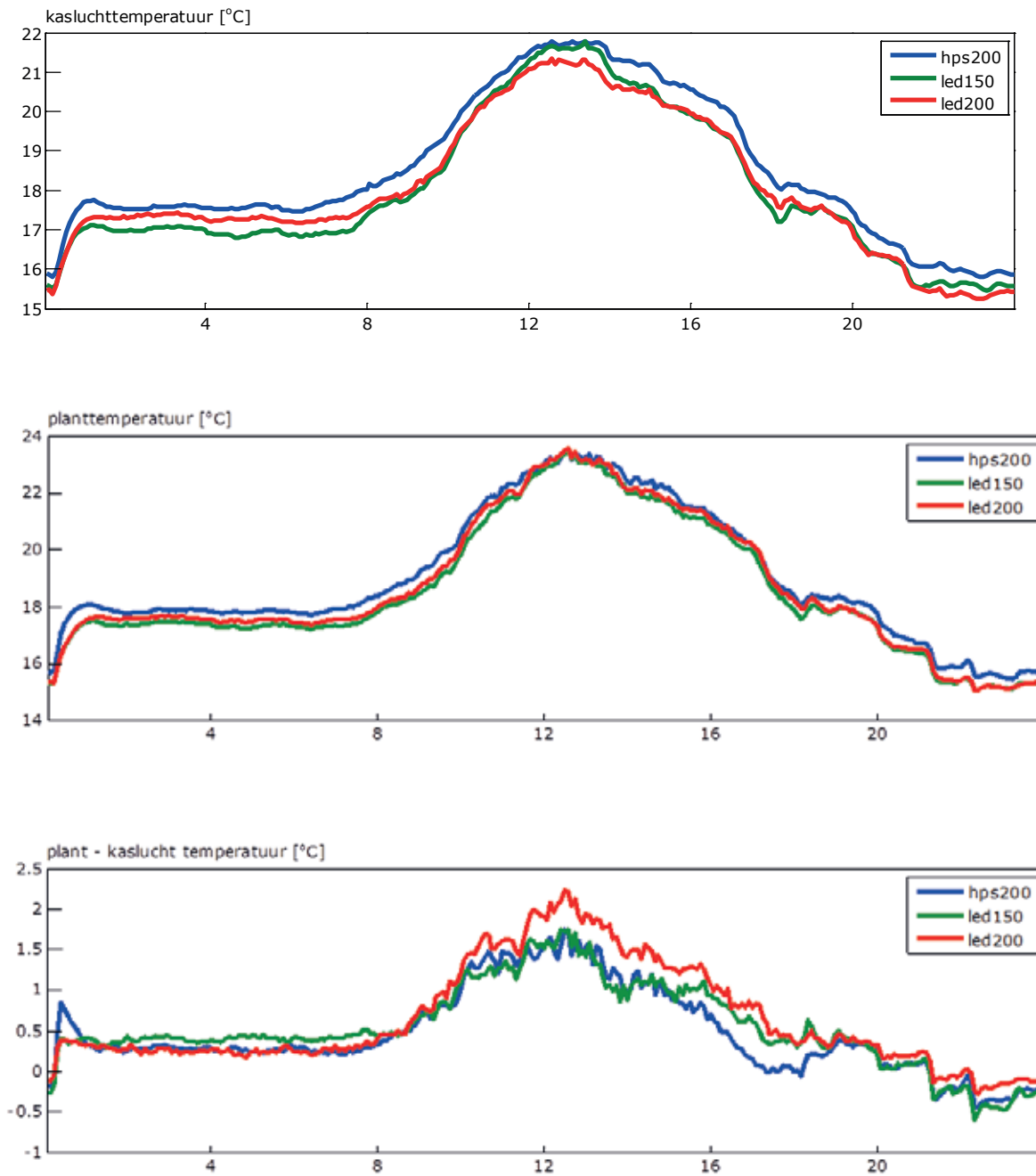


Figuur 9. Berekende weeklichtsommen in alle behandelingen. De blauwe lijn toont het aandeel van het zonlicht; de rode, paarse en groene lijn geven de totaal berekende PAR lichtsom (zonlicht plus lamplicht) per week weer van respectievelijk de behandelingen LED 200, HPS 200 en LED 150.

3.1.3 Kas en planttemperatuur

De stralingswarmte van de SON-T lampen (HPS) heeft lokaal invloed op de temperatuur van zowel de lucht onder de lampen als van de plant. Figuur 10 hieronder laat van boven naar beneden het cyclische gemiddelde van de kasluchttemperatuur (cyclisch vanaf 29 januari) lokaal gemeten op bloemknophoogte onder de lampen, de planttemperatuur (gemeten met een IR camera, cyclisch vanaf 6 december) en het verschil: plant minus de kasluchttemperatuur.

Gemiddeld over de gehele periode was de kaslucht onder de 191 μmol SON-T 0.7 graad warmer dan onder de twee hybride behandelingen, met ca. 104 μmol SON-T. Een verschil van 2.3 graden tussen beide lichtbronnen kwam 's nachts regelmatig voor. De planttemperatuur bedroeg gemiddeld 19.1 graad onder volledig SON-T en 18.6 -18.8 onder de hybride belichting.



Figuur 10 Cyclisch gemiddelde van de lokale kastemperatuur (boven), planttemperatuur (midden) en verschil tussen plant en kasluchttemperatuur (onder).

3.2 Productie

De productie in aantallen en takgewicht is dagelijks handmatig bijgehouden en wordt hieronder getoond en besproken.

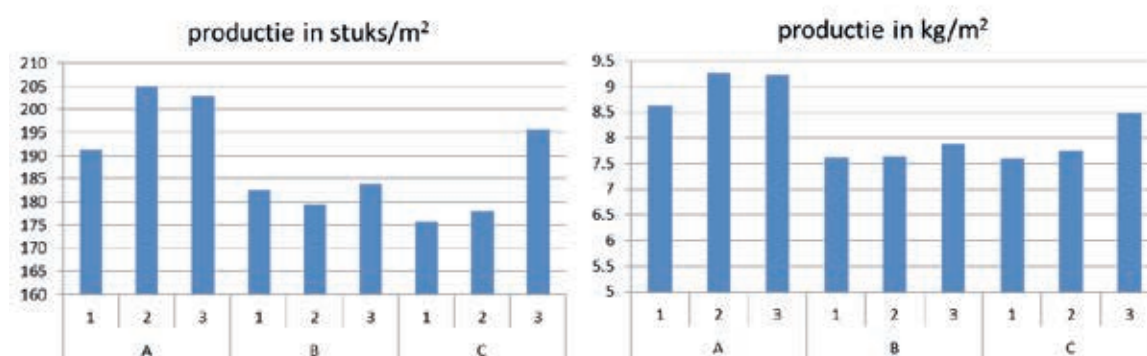
De geproduceerde aantallen zijn representatief voor de rest van het bedrijf, waar in dezelfde periode van 23 weken gemiddeld 189 rozen/m² en 7.8 kg/m² zijn geoogst.

3.2.1 Aantal rozen per m²

In de 9 meetvelden zijn tussen 175 en 205 takken per m², geoogst met een totaal oogstgewicht tussen 7.6 en 9.3 kg per m². Er was in de data zowel een positie als een behandelingseffect te zien (Figuur 12). Ondanks het effect van de positie, is de interactie tussen vak (behandeling) en de lineaire component van tijd significant ($p < 0.01$). Dit betekent dat per tijdseenheid op vak A (=LED 200) betrouwbaar meer takken per m² zijn geproduceerd dan op vak B (=LED 150) en C (=HPS 200). Vak B en C verschillen niet significant van elkaar.

3.2.2 Oogstgewicht per m²

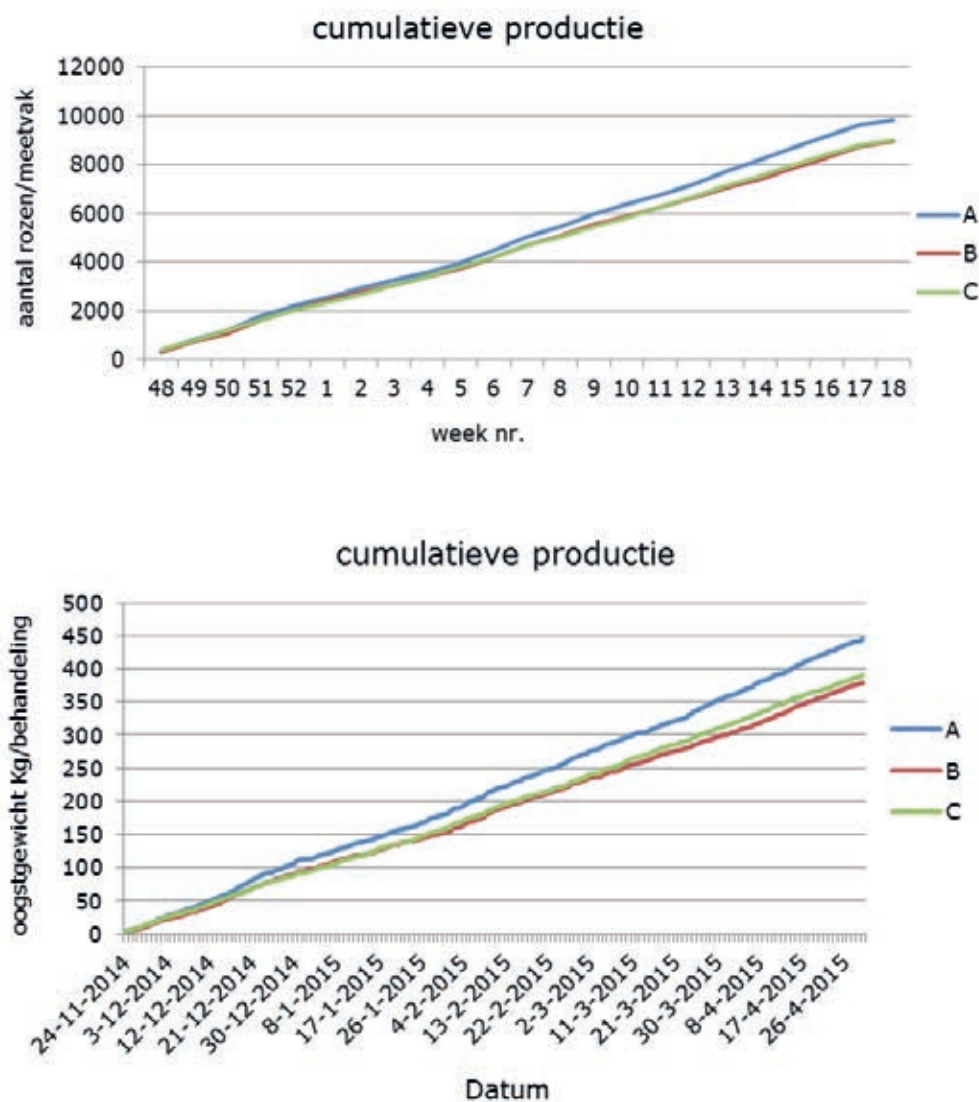
In de 9 meetvelden varieerde het totale oogstgewicht tussen 7.6 en 9.3 kg per m². Even als voor het aantal rozen, was er in de data zowel een positie als een behandelingseffect te zien (Figuur 11). De verschillen tussen behandelingen zijn echter groter dan tussen de drie bedden van een behandeling, blijkt uit de statistische analyse. Op vak A (LED 200) is per tijdseenheid het grootste gewicht aan takken per m² geproduceerd, dan volgt vak C (HPS 200). Op vak B (LED 150) is de productie het laagst. Zowel vak A, als B als C verschillen significant ($p < 0.01$) van elkaar.



Figuur 11 Productie in de 9 meetvelden, in aantal rozen per m² (links) en in kg per m² (rechts). A=LED 200; B=LED 150; C=HPS 200.

3.2.3 Productie cumulatief

Uit de cumulatieve weergave van de productie (Figuur 12) is af te lezen dat de verschillen tussen de LED 200 behandelingen en de andere twee behandelingen al in week 5 duidelijk aanwezig waren en vanaf dat moment zijn toegenomen. Uit de drie meetvelden van behandeling A (LED 200) werden wekelijks meer rozen geoogst dan uit de meetvelden van de behandelingen B (LED 150) en C (HPS 200, referentie); de lijnen van deze twee lagen dan ook de hele onderzoeksperiode praktisch op elkaar voor het aantal rozen, maar gingen vanaf maart voor het gewicht uit elkaar lopen.



Figuur 12 Cumulatieve productie in (boven), aantal rozen per behandeling (de drie meetvelden per behandeling opgeteld) en (onder) in geoogste kg per behandeling. A=LED 200; B=LED 150; C=HPS 200.

3.2.4 Relatieve productie

De productie ten opzichte van de referentie met alléén SON-T is weergegeven in Tabel 1. Hierbij is de referentie op 100% gesteld. Er zijn 9% meer rozen geoogst in de LED 200 behandeling (menglicht met de helft LED en de helft SON-T) dan in de referentie. Dat is ongeveer gelijk aan het gemeten verschil in geïnstalleerde (lamp) lichtniveau tussen beide behandelingen. Rekenen we het zonlicht erbij, dan blijkt het verschil in totaal lichtniveau tussen deze behandeling en de referentie 5% te zijn, en is er dus 4% meer productie per eenheid licht. De gemiddelde roos uit deze LED 200 behandeling was wel 2 gram zwaarder dan de gemiddelde roos uit de referentiebehandeling met alléén SON-T (zie ook Figuur 13). Het totale oogstgewicht was daarom 14% hoger, en dat is meer dan het uit het verschil in lichtniveau (zowel lamp als totaal licht) verwacht zou mogen worden.

De productie van de LED 150 behandeling was slechts 1% minder takken en 3% minder gewicht dan de referentie, ondanks de in totaal 16% minder lamplicht geïnstalleerd.

De behandelingen met gemengd licht (SON-T + LED) lijken dus een positief effect te hebben op de productie in vergelijking met het SON-T licht alleen.

Tabel 3

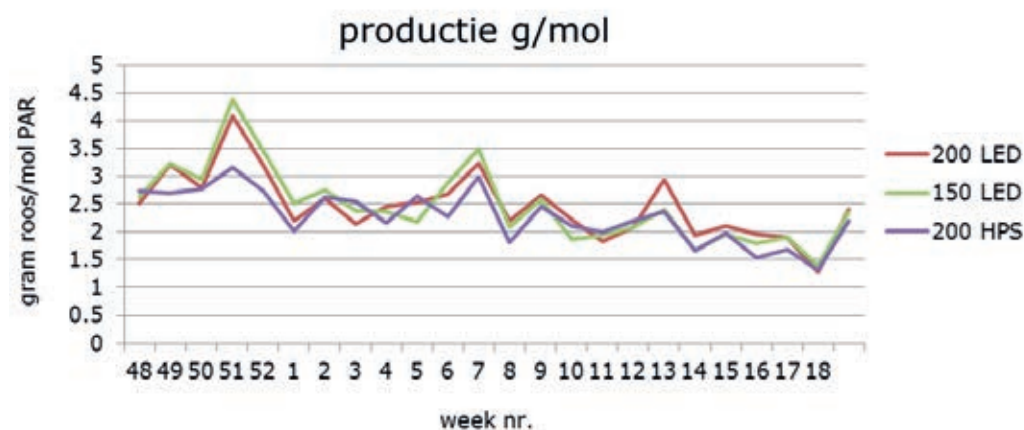
Relatieve productie in % van referentiebehandeling (gesteld op 100%).

Behandeling	Productie Aantal takken	Productie Kg	Lichtniveau $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ lamp	Lichtsom totaal Mol/m^2 zon+lamp	Productie g/mol	Energie- efficiënte (gram/kWh)
HPS 200	100%	100%	100%	100%	2.20	100 %
LED 200	109%	114%	108%	105%	2.40	87.5%
LED 150	99%	97%	84%	91%	2.36	100.7%

3.2.5 Lichtbenutting

De verschillen in lichtintensiteit bemoeilijken een zuiver vergelijking tussen behandelingen. Daarnaast hebben we te maken met een toenemend aandeel van het zonlicht en een afname van het aantal uur belichting per dag vanaf week 5, die het verschil tussen de behandelingen kleiner maken in de weken voor het einde van het experiment in vergelijking met de periode tot week 5. Om deze verschillen uit te schakelen, is in Tabel 3 de productie in grammen roos per Mol licht, of wel de lichtbenutting van het gewas over de gehele periode berekend. Figuur 13 laat zien het weekverloop van de productie op deze manier uitgedrukt. De behandelingen met gemengd licht (SON-T + LED) hebben een 7 tot 9% hogere lichtbenutting in vergelijking met het SON-T licht alleen.

De lichtbenutting bij de geteelde cultivar, Avalanche+, varieerde in dezelfde periode in deze kas tussen 1.5 (week 18) en 3.4 (week 51); gemiddeld over de weken 48 tot 19 was het 2.36. De behaalde waardes zijn daarom als representatief voor de soort in deze kas te beschouwen.



Figuur 13 Productie in gram/ mol PAR per week voor de drie behandelingen.

3.2.6 Energiebenutting

Een andere weergave van de productie, belangrijk voor de teler omdat het bepaalt de verhouding tussen input (energie) en output, is om deze uit te drukken als de benodigde elektriciteit om een kg roos te produceren, of andersom, het aantal grammen verkoopbare rozen dat met een kWh kan worden geproduceerd.

De gebruiken in kWh voor de hele periode 24 november t/m 30 april zijn weergegeven in Tabel 4. Hiertoe is gerekend met een efficiency van SONT van 1.85 μmol per Watt elektrisch, en van LED van 1.31 μmol per Watt elektrisch (volgens metingen en opgave door Valoya, zie Tabel 7). De reden voor de lagere elektrische efficiency van de Valoya lampen wordt verder in de algemene discussie toegelicht.

De aldus berekende energiebenutting is ook opgenomen in Tabel 3 en Tabel 4. Door de lagere efficiency van deze generatie Valoya lamp, was de energiebenutting van de controle SON-T behandeling in deze proef gelijk aan de behandeling met lager licht (LED 150) maar 12.5% hoger dan in de LED 200 behandeling.

Tabel 4

Totaal elektriciteitsgebruik per behandeling en energiebenutting

	behandeling		
	200 LED	150 LED	200 HPS
totaal elektriciteitsgebruik [kWh/m ²]	410	304	315
energiebenutting (gram roos/Kwh)	22.04	25.36	25.19

3.3 Kwaliteit

Visueel vond de teler de kwaliteit van de rozen uit de behandeling LED 200 hoger dan in de andere twee behandelingen. Voor het objectiveren van deze visuele waarneming en het aanduiden van de kwaliteit hebben we in deze proef gebruik gemaakt van drie numerieke waarden: het takgewicht, de lengte van de geoogste takken en het % rozen dat niet aan de hoogste kwaliteitseisen voldoen, en daarom als A2 kwaliteit worden geveild.

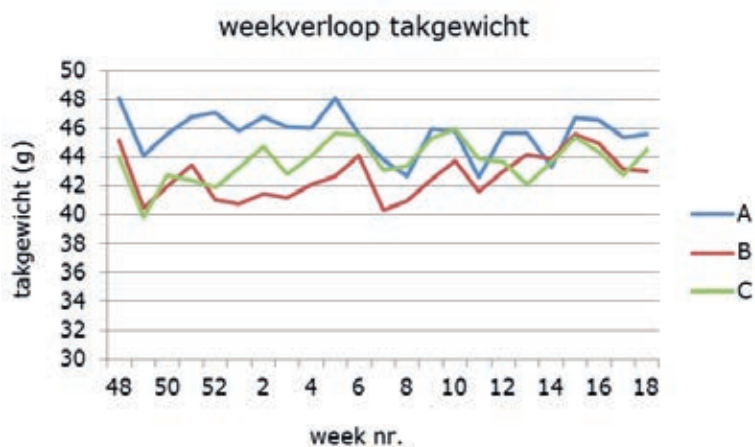
De takgewichten zijn na elke oogst handmatig bepaald op veldniveau (zie Figuur 11); de lengte van de rozen en het % A2 rozen zijn om praktische redenen door de sorteermachine op behandeling niveau (drie velden bij elkaar gevoegd) bepaald.

3.3.1 Takgewicht

Gemiddeld waren de rozen uit de LED 200 behandeling zwaarder (45.6 gram), en de rozen uit de LED 150 behandeling het lichtst (42.7 gram). De referentie SON-T behandeling leverde rozen van gemiddeld 43.7 gram. Buiten de proefvelden bedraagt het gemiddeld gewicht op het bedrijf in dezelfde periode (week 48 tot en met week 18) 41.6 gram. Opgemerkt dient te worden dat dit laatste getal betreft het gewicht van de bloemen na sorteren, indien van toepassing lengte degraderen, en het voorwateren; het gewicht van de bloemen uit de proefvelden is het gewicht direct na de oogst.

Met deze kanttekening kunnen we stellen dat het gewicht van de referentie en de LED 150 behandeling representatief zijn van de gewichtskwaliteit op het bedrijf, en levert de LED 200 behandeling een iets beter takgewicht op.

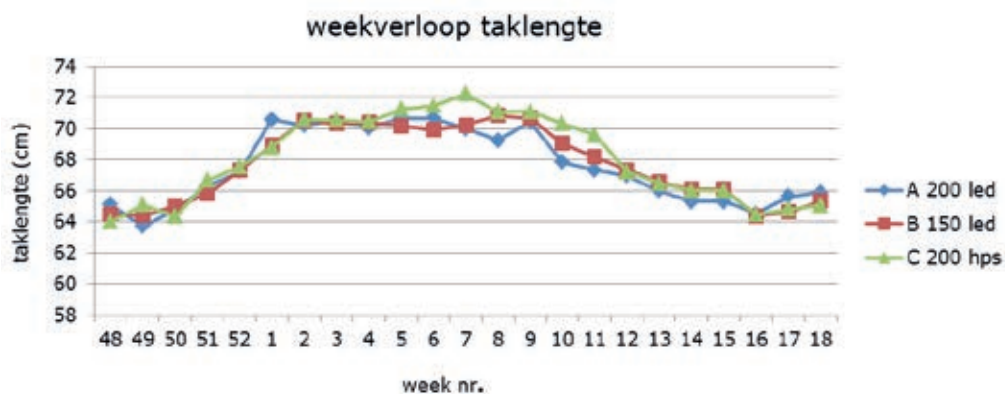
Het weekverloop voor alle velden van één behandeling is in Figuur 14 getoond. De verschillen zijn het grootst (tot 5 gram, ruim 5% van het totaal gewicht) in de periode tot week 5, en nemen daarna, met de toename van het aandeel zonlicht, af.



Figuur 14 Weekverloop takgewicht, gemiddeld voor de drie meetvelden van een behandeling. A= LED 200; B= LED 150; C= HPS 200.

3.3.2 Taklengte

De lengte van de geoogste rozen, de steeldiameter en de kwaliteitsklasse (1^e of 2^e soort) zijn door de sorteermachine bepaald. De taklengte was gemiddeld 68 cm voor de rozen van alle drie de behandelingen en is niet door het gebruikte lamplichtspectrum beïnvloed. Dit gemiddelde is representatief voor de gemiddelde lengte buiten de proefvelden bij het bedrijf: gedurende de onderzoeksperiode was daar de gevelde gemiddelde lengte 60 cm (gevelde lengte is de lengte na sorteren, degraderen indien van toepassing en bossen). Er is in het wekelijkse verloop (Figuur 15) een seizoenseffect te zien, die voor alle lichtbehandelingen ongeveer gelijk is: de takken zijn tussen week 2 en week 9 langer dan de rest van de onderzoeksperiode. In week 6 tot 11 is er een lichte lengte voordeel voor de bloemen uit de referentiebehandeling (C, HPS 200).



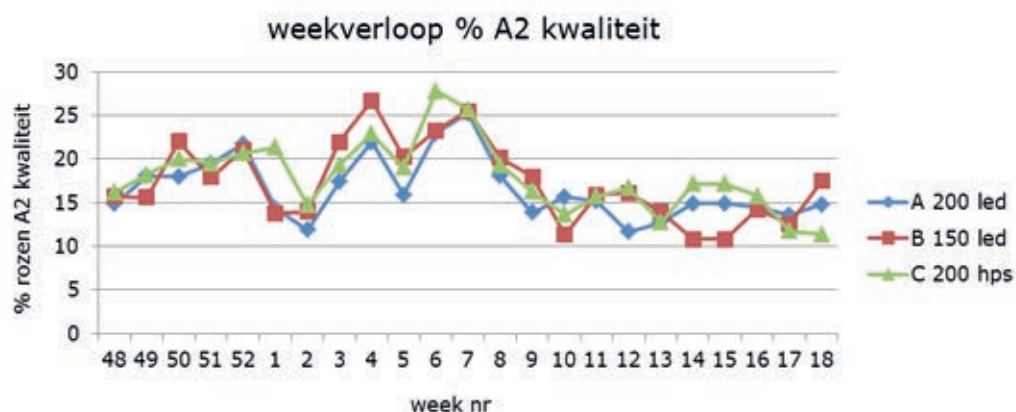
Figuur 15 Weekverloop gemiddelde taklengte (in cm) per behandeling.

3.3.3 Aandeel A2 kwaliteit

De kwaliteit van de rozen uit de behandeling LED 200 was gedurende het onderzoek visueel hoger dan uit de andere twee behandelingen. Dit komt maar deels tot uitdrukking in de kwaliteitsklasse indeling (Figuur 16). Van de geoogste rozen viel over alle behandelingen 17% in een lagere kwaliteitsklasse (A2). Dit zijn rozen met bijvoorbeeld kromme stelen, beschadigingen op knop of blad (zoals meeldauwvlekken op het blad), of te kort/ te dun/ te kleine knop. De kwaliteits indeling is ook met de sorteermachine bijgehouden. De incidentie was vergelijkbaar voor alle drie de behandelingen, met een lichte voordeel (minder A2) bij de LED 200 behandeling (16.5%); 18% bij de HPS 200, en 17.5% bij de LED 150.

In het weekverloop (Figuur 16) is een trend te zien: tot week 9 is het % A2 voor alle behandelingen groter (rond 20%) en schommelt het meer in de verschillende weken; vanaf week 10 is het % A2 lager (rond 14%) en stabiel voor alle weken. Over het hele bedrijf vallen gemiddeld over dezelfde periode 19.2% van de rozen in de lagere kwaliteit klassen, met 16% A2 als minimum en 23% als maximum.

In de periode tot week 9 komt de behandeling LED 200 met 18.5% A2 beter uit dan de referentie en LED 150 behandelingen, beide met 20% A2. Vanaf week 10 daalt het percentage A2 naar gemiddeld 14% in de drie behandelingen.



Figuur 16 Weekverloop % A2 kwaliteit per behandeling.

3.4 Planteigenschappen

23 november, 12 januari en 2 maart zijn 10 bloemen per bed en behandeling (totaal 30 per lichtbehandeling) na de oogst ongesorteerd bij het bedrijf opgehaald voor het verrichten van detailmetingen die mogelijke effecten van het lichtspectrum zouden laten zien, of verklarend zouden zijn voor de waargenomen verbetering in de productie.

Bepaald zijn: taklengte, takgewicht, knopgrootte (lengte, breedte van de bloembodem en opening stadium), vers en droog gewicht van de losse takdelen (bloemknop, blad, steel) en het percentage droge stof ervan. Verder zijn het totaal aantal bladeren (tot een lengte van 70 cm) geteld en het totale oppervlak van het blad per tak is met een Li-cor bladoppervlaktemeter bepaald. De SPAD waarde, een maat voor het chlorofyl gehalte van het blad, is van 5 bladeren per tak van boven naar beneden gemeten, beginnend bij de eerste volgroeide 5-blad vanaf de knop.

De resultaten van deze detailmetingen zijn te zien in Bijlage 3. Om een gevoel te krijgen over de representativiteit van deze getallen voor de praktijk bij dit ras zijn de verkregen waardes vergeleken met die uit het onderzoek "Plantenpaspoort roos" (Schapendonk *et al.* 2009). Hieronder worden de resultaten per relevante parameter globaal samengevat.

Verder zijn in de kas op 21 februari en 31 maart 's ochtends vroeg (nog voor er invloed was op het gewas van het daglicht) aanvullende metingen gedaan: van een groot aantal takken (ruim 100 per behandeling) met een (bijna) oogstrijpe knop is de knoptemperatuur met een IR hand meter bepaald en de SPAD waarde van het tweede 5 blad van boven. Ook is de oriëntatie van het blad bij een beperkt aantal takken per behandeling gemeten.

3.4.1 SPAD

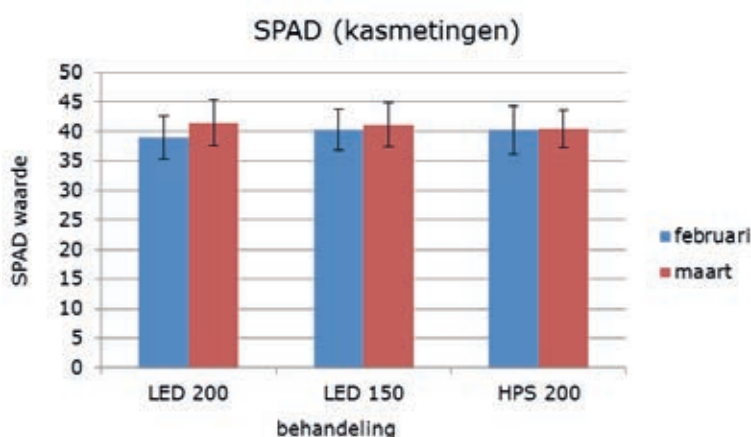
Meer chlorofyl (een hogere SPAD waarde) zou tot een hogere fotosynthese capaciteit kunnen leiden en daarom tot een hogere productiecapaciteit. In de detailmetingen (Bijlage 3) is incidenteel een significant verschil gemeten: in november was de SPAD van het hoogste blad iets hoger in het blad gegroeid onder de SON-T belichting; in januari was juist het blad onderaan bij de SON-T groener. Verder zijn geen verschillen tussen behandelingen, of tussen meetmoment (november, januari of maart) waargenomen in de SPAD waarde. Op basis van het spectrum werd wel een verschil verwacht (een hogere SPAD waarde het het aangepaste spectrum van het 'menglicht').

Consequent bedroeg het SPAD getal van de oudere bladeren (verder van het licht = lager in de plant vanaf de knop gerekend) 1-4 eenheden minder dan die van de jongere bladeren (dichter bij de knop). Dit is logisch, aangezien deze bladeren het verst staan van het licht, en het diepst in het gewas, waardoor ze totaal minder licht ontvangen.

Gemeten in de kas (Figuur 17) op steeds de tweede 5-blad van boven, zijn er geen verschillen in SPAD waargenomen tussen behandelingen.

De gemeten SPAD verschillen in de kas vallen binnen de spreiding.

Om een verschil in fotosynthese capaciteit te veroorzaken (zie ook 3.6) is een groter verschil in SPAD waarde nodig dan door ons gemeten: in recent onderzoek met zomerbloemen zijn onder invloed van licht(kleuren) SPAD verschillen ontstaan van gemiddeld 10-15 eenheden (Van der Helm en Kromwijk, 2015).



Figuur 17 SPAD waarde gemeten in de kas (aan 100 bijna oogstrijpe knoppen per behandeling), in februari en in maart.

3.4.2 Aantal bladeren, bladoppervlak en bladgewicht

Als onder invloed van het lichtspectrum een bloemtak meer en of grotere bladeren heeft, dan zou dit tot een grotere fotosynthetiserend oppervlak kunnen leiden en daardoor tot een hogere productiecapaciteit.

Het aantal bladeren per tak varieerde tussen 8 en 10.4 afhankelijk van behandeling en meetmoment (bij Avalanche in "Plantenpaspoort roos" was het gemiddeld aantal bladeren per tak van september tot december 9.7). Hoewel het aantal bladeren en bladoppervlakte in november iets hoger was voor de bloemen uit de SON-T behandeling, zijn beide parameters niet verder in het seizoen beïnvloed door de behandeling. Er is wel een duidelijk seizoensinvloed waargenomen, waarbij de bloemen die in januari zijn geoogst, betrouwbaar 1 samengesteld blad minder hebben per tak dan in maart en 2 bladeren minder dan in november.

Het bladoppervlak varieerde van 453 tot 775 cm² (gemiddeld bij Avalanche in "Plantenpaspoort roos" was 654 cm²). Er was in januari een betrouwbaar lagere bladoppervlak per tak (een samengesteld blad gemiddeld 10 cm² kleiner dan in de andere twee periodes).

Ook het bladgewicht per samengesteld blad was betrouwbaar lager (0.25 gram) in januari. Het lijkt erop dat het totaal lichtniveau gedurende de bladontwikkeling belangrijker is dan de spectrale samenstelling van het licht, en dat de plant zelf bepaalt hoeveel blad er aangemaakt moet worden om het beschikbare licht te onderscheppen.

3.4.3 Knoplengte en knopgewicht

Het gewicht van de knoppen varieerde van 17.8 tot 22.6 gram afhankelijk van behandeling en periode (gemiddeld bij Avalanche in "Plantenpaspoort roos" was 18 gram). Er was over de drie meetmomenten een trend naar een iets grotere knop (in de orde van grootte van 1-3 mm, en van 1-4 gram vers gewicht) bij de bloemen uit de LED 200 behandeling dan bij de bloemen uit de LED 150 behandeling. Het verschil was echter alleen in de meting van januari betrouwbaar (het gewicht ook betrouwbaar hoger in november).

3.4.4 Gewicht per cm

De bloemen uit de LED 200 behandeling waren volgens deze detailmetingen, in november en januari betrouwbaar van een betere kwaliteit, gedefinieerd in de verhouding gewicht/lengte (gram per cm) dan de bloemen uit de LED 150 behandeling. Het verschil was echter klein, 0.1 g/cm. Ook was er een trend naar een lager gewicht per cm in januari voor alle behandelingen.

3.4.5 Droge stof percentage

Het droge stof percentage is per bloemdeel (knop, steel en blad) apart bepaald. Omdat het aandeel verrood licht in de behandelingen met LED verdubbeld is ten opzichte van de behandeling met alleen SON-T, en gebaseerd op eerder onderzoek bij tomaat (Hogewoning, 2012) werd er een hoger droge stof percentage verwacht bij de bloemen uit de LED behandelingen dan uit de SON-T controle.

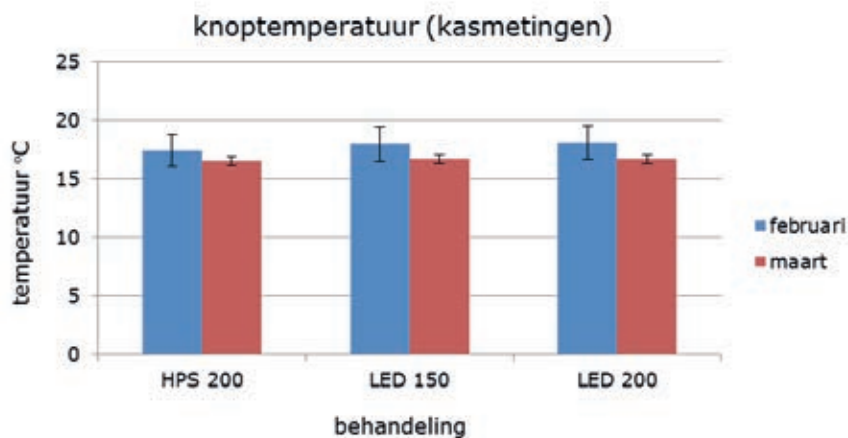
De verwachting klopt voor de januari oogst voor alle drie de bloemdelen: de bloemen uit de SON-T controle hadden een lagere droge stof gehalte in zowel knop, als blad en steel. Het effect was in maart verdwenen.

Het percentage droge stof van zowel blad als bloem was betrouwbaar lager in januari voor alle behandelingen.

3.4.6 Temperatuur van de bloemknop

De temperatuur van de knoppen (Figuur 18) was in maart heel stabiel in de 450 gemeten knoppen; de bloemknoppen waren even warm als hun omgeving. Gemiddeld 16.7 graden in de twee behandelingen met LED, en 16.5 graden in de SON-T (HPS) behandeling. Deze verschillen vallen binnen de spreiding.

In februari (gemeten 325 knoppen) waren de knoppen onder de behandeling LED 200 met 18.1°C het warmst; onder de volledig SON-T lampen het koudst, gemiddeld 17.4°C. De verschillen vallen ruim binnen de grote spreiding tussen knoppen (de warmste knop was 21.5 °C, de koudste 13°C). Kieren in het raam tijdens de meting in combinatie met uitstraling naar de hemel veroorzaken waarschijnlijk een veel groter verschil in knoptemperatuur dan de lampbronnen.



Figuur 18 De temperatuur van de bloemknoppen in de kas gemeten voor zonsopgang, op 21 februari (blauwe balken) en 31 maart (rode balken). De verticale strepen geven de spreiding (standaard deviatie van het gemiddelde) weer.

3.4.7 Bladoriëntatie

In onderzoek met andere gewassen blijkt de kleur van de assimilatie dan wel stuurlicht de oriëntatie van het blad te beïnvloeden: Meinen *et al.* (2010) merkten dit op in onderzoek met Chrysant: onder LED (rood + blauw) stond het blad 'bol', wat vermoedelijk de lichtonderschepping negatief beïnvloedt. Door Gude *et al.* (2013) is waargenomen dat Tulpenbladeren onder blauw licht gaan kokeren (d.w.z., het blad gaat verticaal staan, en onderschept minder licht) en onder rood licht gaan spreiden (d.w.z., het blad gaat plat staan om meer licht te onderscheppen).

Met deze informatie en op zoek naar een verklaring voor de waargenomen verschillen, zijn er op 21 februari en weer op 31 maart een beperkt aantal metingen gedaan van de bladstand, hoewel er in de kas geen visueel verschil was waar te nemen tussen spectrumbehandelingen (Figuur 20).

De metingen zijn gedaan aan 6 gezonde takken per behandeling waarbij:

- De bloemknop bijna oogstrijp was.
- Er geen meeldauw op het blad zat.
- Geen okselknoppen waren uitgelopen of verwijderd (pluis).
- De tak niet in het gedrang tussen andere scheuten kwam.

Gemeten zijn de eerste, tweede en derde vijfblad van boven van elke tak. Per vijfblad zijn twee hoeken gemeten: de hoek van het vijfblad ten opzichte van de steel (Figuur 19 links; hoe groter de hoek, hoe groter de lichtonderschepping), en de hoek tussen de rachis en een van de onderste van de 4 zijblaadjes van een samengesteld 5-blad (Figuur 19 rechts; hoe kleiner de hoek, hoe meer lichtonderschepping).



Figuur 19 Werkwijze metingen bladoriëntatie. Links, hoek vijfblad ten opzichte van steel; rechts, hoek blaadje ten opzichte van rachis vijfblad.

De gemiddelde hoek (Tabel 5) was in februari 5 graden kleiner voor blad onder de LED 200 behandeling dan voor de SON-T 200 behandeling, alsof het blad in een voor lichtonderschepping gunstiger stand staat. Echter, de verschillen vallen ruim binnen de spreiding en zijn bij de meting van maart verder verkleind.

Tabel 5

Bladoriëntatie bij incidentele metingen in februari en maart. Getoonde waardes zijn gemiddelde van 18 metingen per behandeling (6 takken x 3 bladeren per tak). Tussen haakjes, de standaarddeviatie van het gemiddelde.

Behandeling	Bladoriëntatie februari		Bladoriëntatie maart	
	Hoek 5-blad t.o.v. steel	Hoek bladje t.o.v. rachis	Hoek 5-blad t.o.v. steel	Hoek bladje t.o.v. rachis
HPS 200	55.5 (9.6)	37.0 (6.9)	55.6 (7.2)	35.5 (6.1)
LED 150	51.9 (8.7)	37.3 (7.1)	54.8 (6.7)	36.7 (5.8)
LED 200	50.4 (9.6)	38.1 (9.1)	52.2 (8.2)	36.2 (6.6)



Figuur 20 Aspect van het gewas en het bladstand in de drie behandelingen: links LED 200, midden LED 150, rechts HPS 200. Er is visueel geen verschil in bladoriëntatie waar te nemen.

3.4.8 Ontwikkelingsduur

De tijd van oogsten van een bloem tot de oogst van de volgende bloem die zich ontwikkelt uit de (oksel)knoppen van de vorige is de generatie- of ontwikkelingsduur. De ontwikkelingsnelheid van Avalanche is eerder door Schapendonk *et al.* (2009) gedocumenteerd in vergelijking met andere rozenrassen; in hun onderzoek duurde het 60 dagen van oogst tot oogst. Een kortere ontwikkelingsduur is een van de factoren die potentieel tot een hogere productie leidt, en zou een verklaring kunnen bieden voor de waargenomen productieveverschillen tussen lichtkleurbehandelingen in de proef.

Daarom is op 17 februari door medewerkers van het productiebedrijf een aantal scheuten na het oogsten gelabeld in elke lichtbehandeling. Wekelijks zijn deze scheuten gefotografeerd (zie Bijlage 4), en de oogstdatum is geregistreerd.

Er was een trend naar een snellere ontwikkeling bij de planten uit de LED 200 behandeling (gemiddeld 57.3 dagen) dan bij de controle planten (onder SON-T belichting, gemiddeld 60 dagen), zie Tabel 6.

De ontwikkelingsduur bij roos wordt beïnvloed door verschillende factoren, zoals de kniphogte (Bas *et al.* 2005), de temperatuur (Van de Berg, 1987; García *et al.* 2002) en de totaal ontvangen lichtsom (Bredmose, 1996). In deze proef waren kniphogte en temperatuur, behoudens kleine verschillen in bladtemperatuur, gelijk. Voor de gemeten verschillen in de planttemperatuur, is de ontwikkelingsduur ook in graaduren uitgedrukt. De verschillen vallen echter binnen de spreiding; die is groot, wellicht omdat er maar één scheut per sub-vak is gelabeld.

Er was tussen de behandelingen ook verschil in daglichtsom, wat het resultaat zou kunnen hebben beïnvloed. Gemiddeld ontvingen de planten in de LED 200 behandeling 1 Mol per dag meer dan de planten in de HPS 200 behandeling; bij dit verschil is moeilijk te zeggen of er een versnelling van de ontwikkelingsduur is te verwachten. Bij dit soort belichtingsniveaus zag Bredmose (1997) bij 3-4 Mol per dag extra licht, een versnelling van de ontwikkeling van 3 dagen.

Aan de andere kant ontvingen de planten uit de LED 150 behandeling gemiddeld 3.1 Mol minder licht dan de LED 200; volgens het onderzoek van Bredmose had dit tot een vertraging van 3 dagen kunnen leiden, maar ook deze waren sneller dan de planten uit de HPS 200 controlebehandeling.

Niet veel bekend is over hoe de lichtkleur de ontwikkelingssnelheid bij roos beïnvloedt. In onderzoek met Chrysantenteelt in het voorjaar (Meinen *et al.* 2015) was de tijd van planten tot oogstrijp afhankelijk van cultivar 1 tot 4 dagen korter bij een hybride belichting (LED + SON-T) dan bij SON-T belichting; nabelichten met verrood lampen had geen effect meer op de ontwikkelingsduur. Bij tomaat is er juist onder invloed van hoge dosis verrood een snellere vruchtzetting (Kalaitzoglou, 2015) gemeten.

Tabel 6

Ontwikkelingsduur bloemen uit de drie behandelingen. De waardes zijn het gemiddelde van 3 metingen. Tussen haakjes de standaard afwijking van het gemiddelde.

Behandeling	ontwikkelingsduur	
	dagen	graaduren
HPS 200	60.3 (3.5)	27816 (1616)
LED 150	59.0 (2.6)	27008 (950)
LED 200	57.3 (3.0)	26733 (1403)

3.5 Vaasleven na de oogst (houdbaarheid)

Op drie momenten, (23 november, 12 januari, 2 maart), gelijk met de bloemen voor detail en destructieve metingen, zijn bloemen direct na de oogst apart gehouden en naar de onderzoeksruimtes van Wageningen UR Glastuinbouw gebracht voor het beoordelen van het vaasleven na de oogst (houdbaarheid). Per meetvak 10 bloemen per keer, 30 bloemen per behandeling.

De bloemen zijn direct na ontvangst in schone emmers geplaatst met water met Chrysal RVB, (10ml/l), bij een temperatuur van 8°C gedurende 4 dagen voor voorbehandeling en transportsimulatie.

Na de transportsimulatie zijn de rozen uit de verpakking gehaald, opnieuw afgesneden en in aparte (schone) vazen met kraanwater in de houdbaarheidsruimte geplaatst (Figuur 21). Per vaas één bloem. Het blad wordt zodanig verwijderd dat er geen blad in het vaaswater komt.

De houdbaarheid 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., bent-neck, bloemrot of bloemrui door Botrytis) dat de gemiddelde consument ze niet langer in de vaas zou laten staan.

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

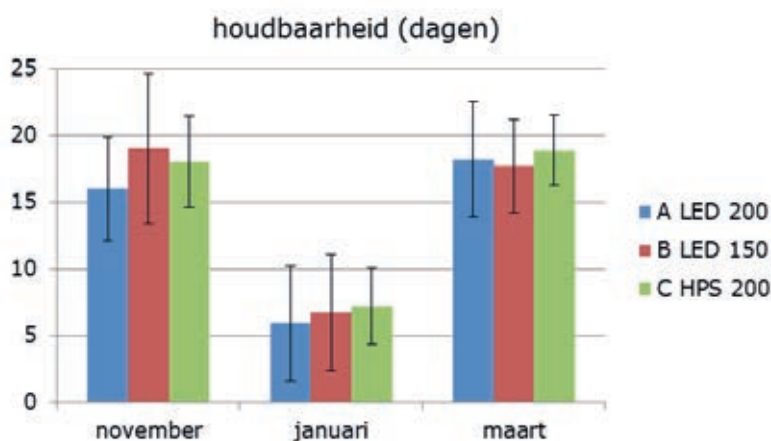


Figuur 21 Bloemen voor houdbaarheidsonderzoek in de uitbloeiruimte van Wageningen UR Glastuinbouw.

Het vaasleven van de Avalanche+ was in november en maart met 18 dagen gemiddeld goed. In januari echter daalde het vaasleven naar slechts 6.6 dagen. De verschillen tussen behandelingen zijn uitermate gering, en vallen ruim binnen de spreiding, maar de verschillen tussen december en de andere twee oogstdata zijn significant.

Uit onderzoek blijkt dat dergelijke verschillen in houdbaarheid tussen de winter en andere periodes van het jaar door verschillen in het kas klimaat kunnen worden verklaard. Bij Avalanche+ zijn vooral twee factoren in het kasklimaat verantwoordelijk voor de afname in vaasleven: de duur van de donkerperiode in de laatste weken voor de oogst (Benninga *et al.* 2015) en de RV (Mortensen en Fjeld, 1995; Mortensen en Gislerød, 1999; Marissen en Benninga, 1991 en 2001). Eind december en begin januari hield het bedrijf een donkerperiode aan dat varieerde tussen 0 en 2 uur (Figuur 8).

De resultaten van het vaasleven zijn in Figuur 22 per behandeling en periode te zien.



Figuur 22 Vaasleven per periode en per behandeling. De kleuren balken zijn het gemiddelde van 30 bloemen; de verticale balken geven de standaarddeviatie weer.

3.6 Fotosynthese

In november (kort na aanvang van de proef), januari en maart zijn fotosynthese metingen uitgevoerd bij de verschillende licht(kleur) behandelingen. Het doel van deze metingen is tweeledig:

- Aantonen of er sprake is van verschil in fotosynthese capaciteit van het blad als gevolg van aanpassing van het blad door de spectrumverschillen.
- Het in kaart brengen van de fotosynthese snelheid onder de heersende lichtcondities.

Voor het bepalen van de fotosynthese capaciteit wordt een zogenaamd fotosynthese-licht response curve bepaald, waarbij alleen de lichtintensiteit wordt gevarieerd. De CO_2 concentratie, het vocht en de temperatuur worden bij deze meting zoveel mogelijk constant gehouden. Simultaan met de meting van de CO_2 opname wordt de verdamping gemeten met de daarbij berekende huidmondjesgeleidbaarheid (Gs). De Gs is een maat voor de huidmondjesopening.

Bekend is dat het lichtkleur een belangrijk sturend effect kan hebben op de huidmondjes opening. Omdat dit effect relevant is in deze proef, zijn de gemeten huidmondjesopeningen ook in een aparte paragraaf getoond.

3.6.1 Bepaling van de Fotosynthese capaciteit.

Voor het meten van de fotosynthese capaciteit wordt met de Licor-6400 de CO_2 opname van het blad gemeten bij wisselend licht. Hiertoe wordt een blad 'ingeklemd' in een meetkamer, welke is voorzien van een lichtbron. In de meetkamer van deze apparatuur kunnen de lichtomstandigheden, de CO_2 concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte termijn reactie van de fotosynthese op deze veranderingen bepaald worden.

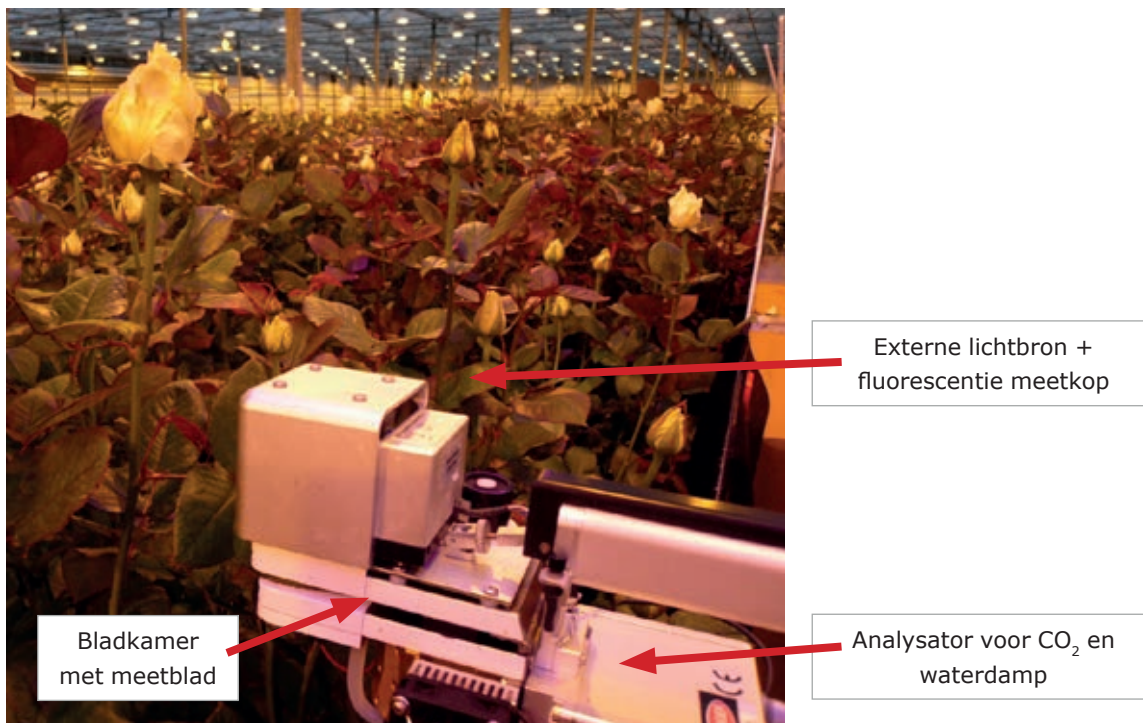
De werkwijze voor deze metingen is als volgt:

De licht respons werd gemeten bij de volgende lichtintensiteiten:

210 - 300 - 500 - 700 - 900 - 1100 - 1300 - 1500 - 210 - 150 - 90 - 0 - 0 - 210 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ PAR

De CO_2 is bij alle metingen op 800 ppm gehouden. De temperatuur van het blad en de RV varieerden van 21 tot 23 °C en 70 tot 80% tijdens de meting (afhankelijk van lichtniveau tijdens de meting).

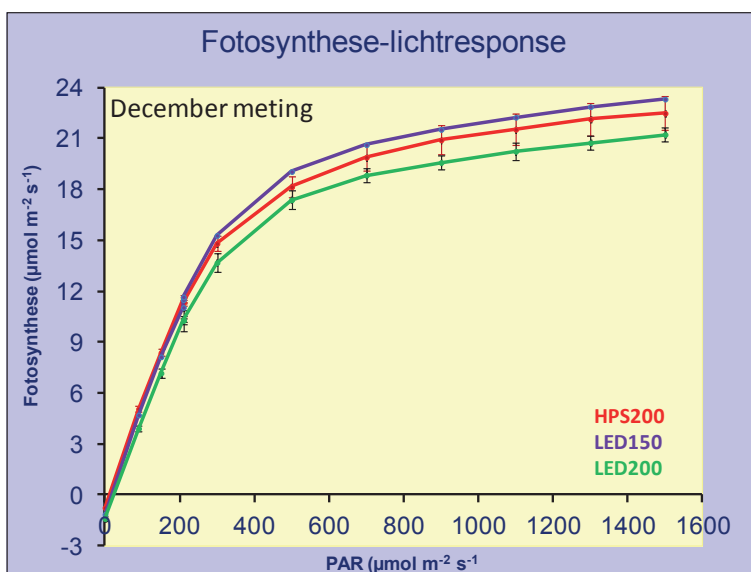
Elke meting duurt circa 30 minuten. Van elke behandeling zijn minimaal 6 metingen gedaan, verdeeld over 2 meetdagen. De metingen zijn gedaan overdag tussen 10:00 en 17:00 uur. Als meetblad is steeds een volgroeid / onbeschaduwde (top) blad genomen van een tak met bloem (zie Figuur 23).



Figuur 23 Meting van de fotosynthese met de Licor-6400. Bij het meetblad kunnen de lichtomstandigheden, de CO_2 concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte termijn reactie van de fotosynthese op deze veranderingen bepaald worden.

3.6.1.1 Resultaten december 2014.

Deze metingen zijn gedaan op 3 en 4 december, 4 weken nadat de lichtbehandelingen zijn gestart. Uitgaande van een uitgroeiduur van ca. 6 weken, zijn de bladeren waaraan gemeten is, gevormd onder de omstandigheden van vóór de start van de lichtproef. Bij alle behandelingen verloopt de curve (Figuur 24) volgens het 'klassieke' beeld van een lichtrespons curve: bij laag licht is de respons van de fotosynthese bij toenemend licht lineair. Vervolgens buigt de curve af om naar een verzadigingsniveau toe te lopen. Dit maximale niveau is de fotosynthese capaciteit.

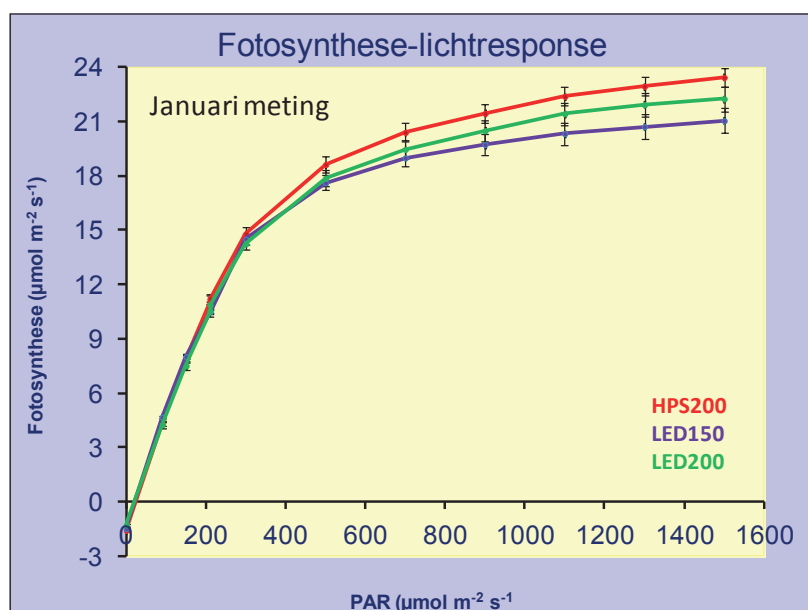


Figuur 24 Fotosynthese licht-response curves december meting in alle behandelingen. De getoonde waarde is het gemiddelde van 6 bladeren; de verticale balken geven de standaard deviatie, een maat voor de spreiding in de meting weer.

Ogenschijnlijk is de fotosynthese capaciteit het laagst bij LED 200 behandeling. Echter de verschillen vallen binnen de spreiding, dus op basis van deze metingen kan niet geconcludeerd worden dat er verschillen zijn. M.a.w. de fotosynthese capaciteit van de topbladeren is gelijk voor alle behandelingen. Dit resultaat werd ook verwacht, omdat de bladeren onder dezelfde omstandigheden zijn gevormd.

3.6.1.2 Resultaten meting januari 2015.

De metingen, verricht op 22 en 23 januari, zijn gedaan aan bladeren die volledig gevormd zijn onder de aangelegde lichtomstandigheden van de proef, en zijn te zien in Figuur 25.



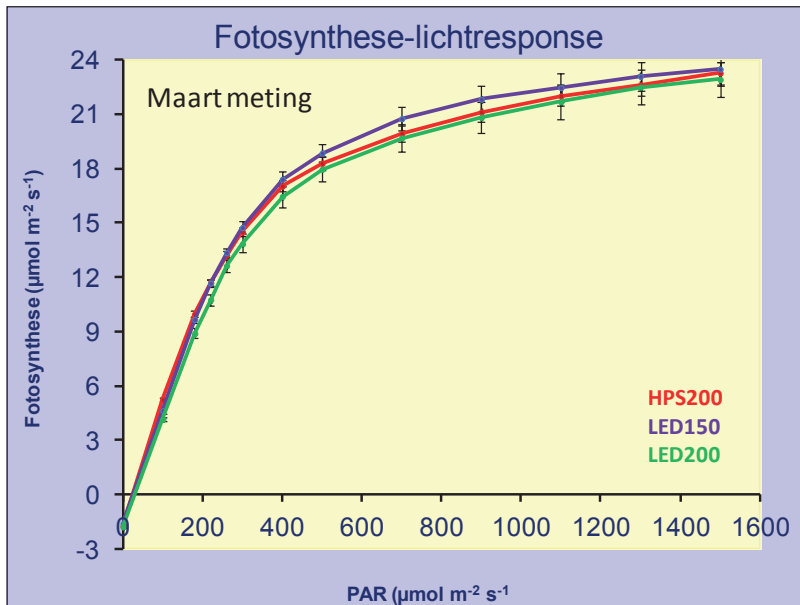
Figuur 25 Fotosynthese licht-response curves januari meting in alle behandelingen. De getoonde waarde is het gemiddelde van 6 bladeren; de verticale balken geven de standaard deviatie, een maat voor de spreiding in de meting weer.

De fotosynthese capaciteit ligt het laagst bij de LED behandelingen. De verschillen tussen HPS 200 en LED 200 vallen binnen de spreiding, dus op basis van deze metingen kan niet geconcludeerd worden dat er hier verschillen zijn. De LED 150 behandeling blijft wel duidelijk achter in fotosynthese capaciteit (bij hoge lichtintensiteiten). In het vrijwel lineaire gebied van de lijnen (bij laag licht tot 300 µmol) zijn geen significante verschillen tussen de behandelingen waar te nemen.

3.6.1.3 Resultaten meting maart 2015

Ook de gemeten bladeren in deze meetsessies zijn volledig gevormd onder de aangelegde lichtomstandigheden van de proef.

Wederom zijn de verschillen tussen de behandelingen bij de maart meting uitermate klein (Figuur 26). De respons bij de HPS 200 en LED 200 bladeren zijn gelijk. De LED 150 behandeling ligt nu iets hoger.



Figuur 26 Fotosynthese licht-response curves maart meting in alle behandelingen. De getoonde waarde is het gemiddelde van 6 bladeren met de standaard deviatie.

3.6.2 Meting Fotosynthese snelheid

Voor deze meting is een Licor-6400 gebruikt met een transparante bladkamer (Figuur 27). Ook hier wordt een blad 'ingeklemd' in een meetkamer, echter omdat de bovenkant transparant is, wordt de fotosynthese gemeten onder de heersende lichtcondities.

De CO₂ concentratie wordt bij deze meting constant gehouden. Het vocht en de temperatuur worden bij deze meting zoveel mogelijk gelijk gehouden met de omgeving. Simultaan met de meting van de CO₂ opname wordt de verdamping gemeten met de daarbij berekende huidmondjesgeleidbaarheid (Gs). De Gs is een maat voor de huidmondjesopening.

Voor deze metingen is de CO₂ is bij alle metingen op 800 ppm gehouden. De temperatuur van het blad en de RV varieerden van 21 tot 22 °C en 70 tot 75% tijdens de meting (afhankelijk van omgevingscondities).

Elke meting duurt 2 tot 3 minuten, waarna een nieuw meetblad wordt genomen. Van elke behandeling zijn minimaal 50 bladeren gemeten, verdeeld over 2 meetdagen. De metingen zijn gedaan bij uitsluitend kunstlicht als ook overdag (dus in combinatie met daglicht). Ook bij deze metingen zijn steeds volgroeide / onbeschaduwde (top) bladeren genomen van een tak met bloem.

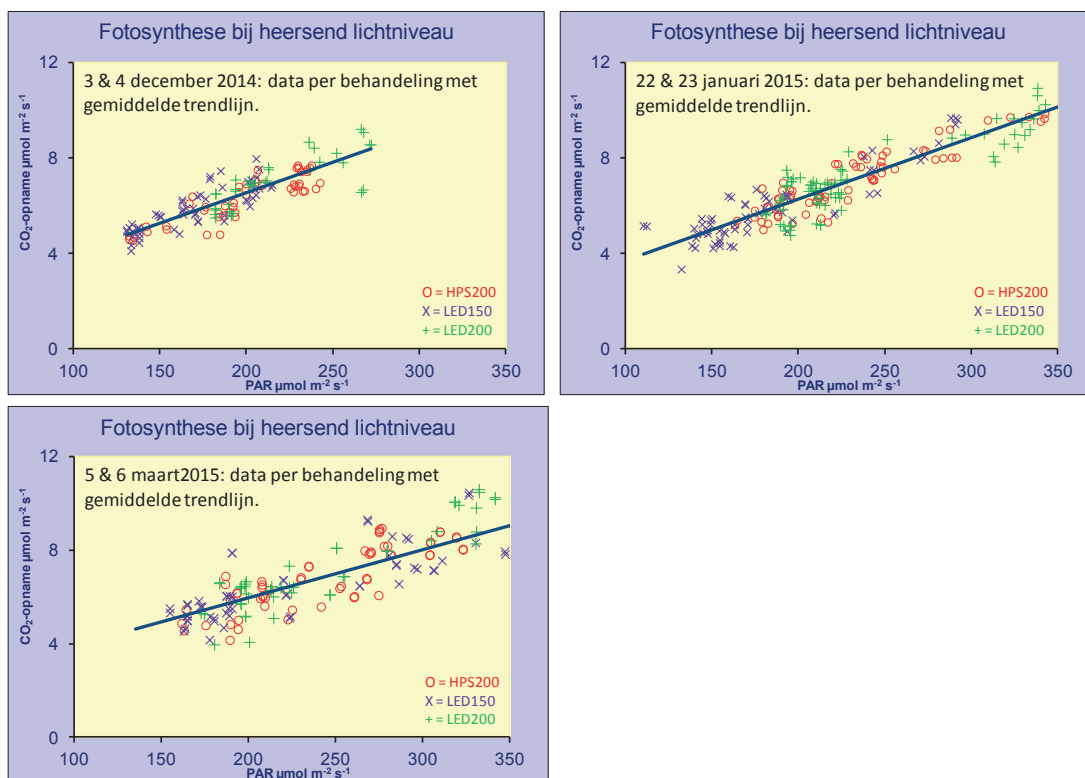


Figuur 27 Meting van de fotosynthese snelheid onder de heersende lichtomstandigheden met de Licor-6400 (bovenkant van de meetkamer met transparant folie).

3.6.2.1 Resultaten per periode en per behandeling

De bladeren waaraan gemeten is op 3 en 4 december, zijn gevormd onder omstandigheden van vóór de start van de lichtproef. Van de metingen in januari en maart zijn de bladeren volledig gevormd onder de proefomstandigheden met LED. De resultaten zijn in Figuur 28 per periode voor alle behandelingen te zien. Om een beter beeld te krijgen hoe de fotosynthese verloopt bij de verschillende behandelingen, is in de figuren een opsplitsing gemaakt per behandeling.

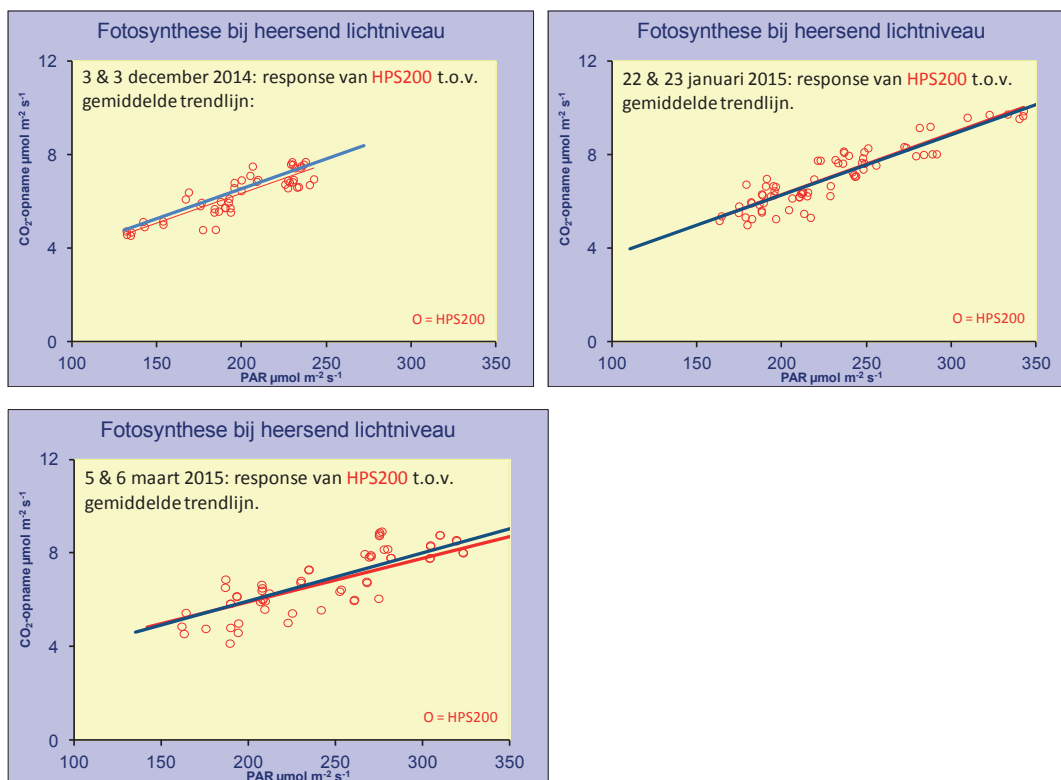
Deze zijn in Figuur 29, Figuur 30 en Figuur 31 voor elke behandeling apart getoond.



Figuur 28 Fotosynthese snelheid bij heersend lichtniveau, per meetperiode (iedere figuur een meetperiode) geplot tegen PAR. De diagonale lijn geeft de gemiddelde trendlijn weer.

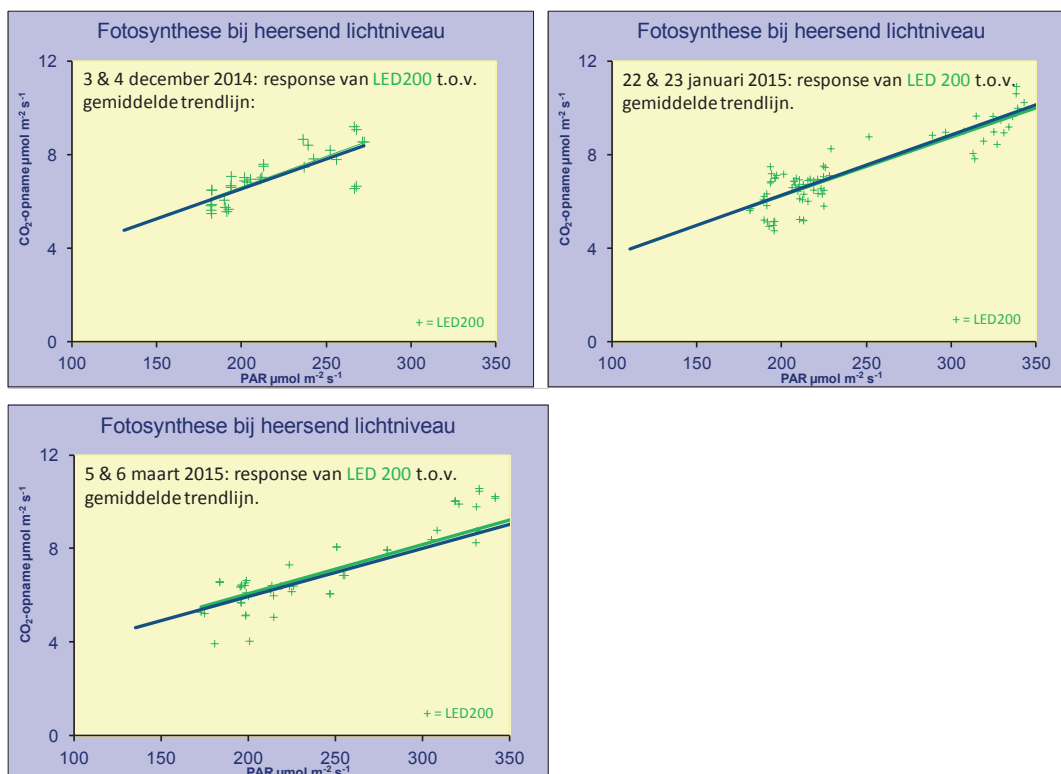
De meetpunten tot 200 PAR zijn metingen met vrijwel uitsluitend kunstlicht; de punten hoger dan 200 PAR zijn metingen die overdag zijn gedaan (dus met daglicht). De focus van deze metingen ligt op de fotosynthese snelheid onder het spectrum van de verschillende lampen. Om die reden is het aandeel daglicht tijdens de dag metingen beperkt gehouden.

Van alle meetperiodes is de verdeling van de meetpunten rond de trendlijn redelijk normaal verdeeld. Een afwijking van de trendlijn t.o.v. de gemiddelde trendlijn, is een maat voor de efficiency waarmee dit licht wordt gebruikt voor de fotosynthese.



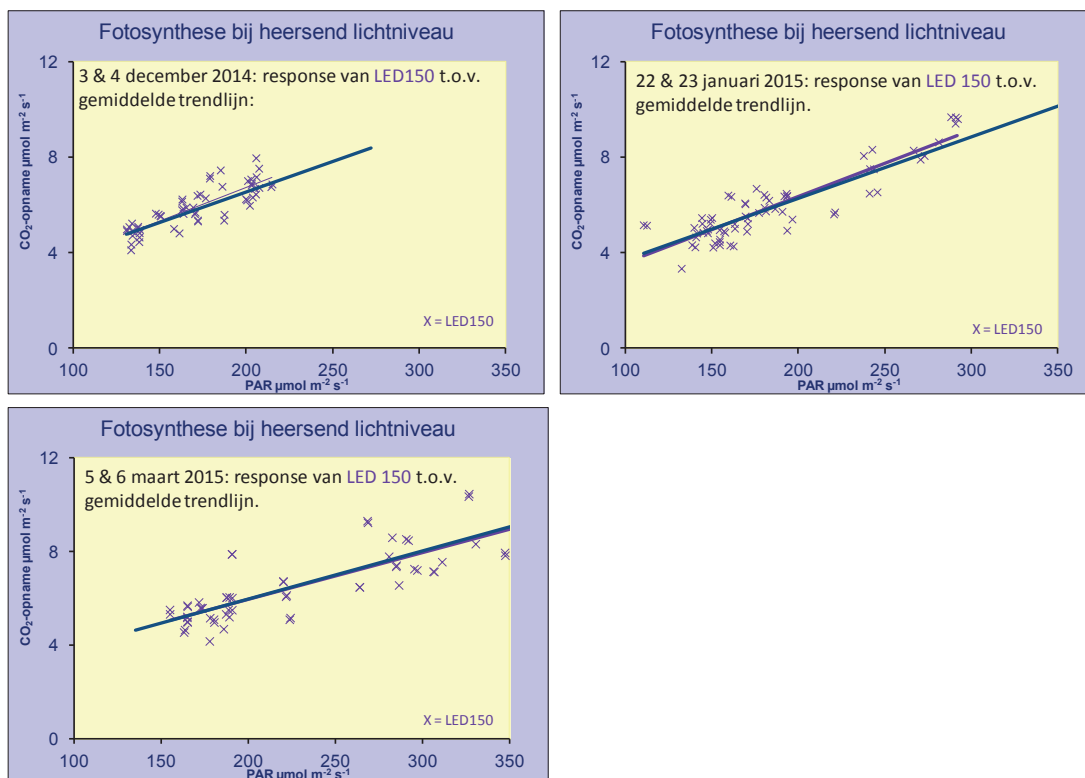
Figuur 29 Fotosynthese snelheid van de planten geteeld in de behandeling HPS 200 (SON-T belichting en natuurlijk zonlicht).

De lichtbenutting van HPS blijft iets achter t.o.v. het gemiddelde. Alleen bij de meting in januari was er geen verschil t.o.v. het totaal gemiddelde. De verschillen zijn gering.



Figuur 30 Fotosynthese snelheid van de planten geteeld in de behandeling LED 150 (SON-T belichting met LED laag en natuurlijk zonlicht).

De lichtbenutting van LED 150 ligt een fractie hoger dan het gemiddelde in december en januari. In maart zijn er geen verschillen t.o.v. het totaal gemiddelde.

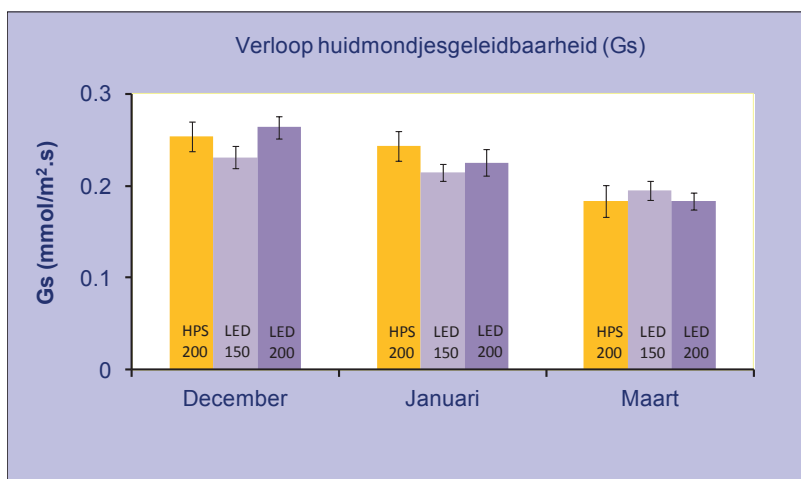


Figuur 31 Fotosynthese snelheid van de planten geteeld in de behandeling LED 200 (50% SON-T belichting met 50% LED en natuurlijk zonlicht).

Er is nauwelijks verschil in lichtbenutting tussen de behandeling LED 200 en het gemiddelde. In maart ligt de response van bladeren ontwikkeld onder LED 200 licht een fractie hoger. De verschillen zijn echter minimaal.

3.6.3 Huidmondjesopening

Naast fotosynthese metingen is gelijktijdig de verdamping gemeten, met de daaruit berekende huidmondjesgeleidbaarheid. Het effect van lichtkleur behandelingen op de huidmondjes is weergegeven in Figuur 32.



Figuur 32 Huidmondjes geleidbaarheid bij de verschillende metingen per meetperiode.

De gemeten Gs is hoog en naar verwachting niet limiterend op de fotosynthese. Het effect van meetperiode op Gs is groter dan het effect van lichtkleur. De verschillen tussen de lichtkleur behandelingen zijn minimaal en vallen binnen de spreiding.

4 Slotdiscussie

Over de geformuleerde hypothese

Het belichten van rozen in de winter met het gecombineerde licht spectrum SON-T + LED heeft de productie van de roos Avalanche in deze praktijkproef doen toenemen. Het resultaat bevestigt hiermee de bij aanvang van het onderzoek geformuleerde hypothese.

Daarom biedt een aanpassing in het lichtspectrum kansen voor energiebesparing. Immers als er meer productie mogelijk is met even veel licht, dan zou het mogelijk moeten zijn om even veel rozen te produceren met minder licht, en zo het energiegebruik bij rozen met een gecombineerd lichtspectrum van uitgekende LED en SON-T lampen te verlagen.

Het resultaat is minder spectaculair dan op basis van eerder onderzoek in klimaatkamers en oriënterende praktijkproeven door Valoya en telers verwacht werd. In die zin heeft het resultaat maar deels aan de verwachting voldaan.

Haalbaarheid energiedoelstelling

Zo is bij aanvang van de praktijkproef het doel gesteld om het energiegebruik in de rozenteelt met 25% te verlagen. Hiertoe is de behandeling LED 150 opgenomen in het onderzoek. Door installatie-beperkingen bleek in deze behandeling niet de geplande 25% maar slechts 16% minder PAR licht te zijn geïnstalleerd dan in de SON-T controle. De resultaten voor deze behandeling zijn hoopgevend: In vergelijking met de controle zijn er 2% minder takken geoogst per m² en 3% minder gewicht. De lichtbenuttingsefficiëntie (in gram rozen per Mol PAR) van de rozen onder dit lichtspectrum en intensiteit was 9% hoger dan die van SON-T.

Energie-efficiëntie van de gebruikte lampen

De PAR opbrengst van de voor dit onderzoek gebruikte Valoya G1 lampen (een prototype, Tabel 7) is lager dan die van de SON-T lampen. Een goede SON-T, en die in de proef waren helemaal nieuw, heeft een opbrengst van 1.85 μmol PAR per Watt. De energie benutting (in gram rozen per Kwh) was voor de LED 150 behandeling praktisch gelijk aan die van de SON-T controle, maar was lager (12.5% minder gram per kWh) bij de behandeling LED 200 (gecombineerde spectrum). Bij de gebruikte lamp prototype is meer aandacht gegaan aan het bereiken van het "ideale spectrum" dan aan een energie-efficiënt ontwerp. In het gebruikte model gaat veel energie verloren in de armatuur. Daarnaast is het hoog aandeel blauw (13.1% in plaats van de ruim 4% uit de SON-T lampen) verantwoordelijk voor een deel van het verlies aan efficiëntie (blauw is minder energie-efficiënt dan rood). Het hoog aandeel verrood draagt niet bij aan de PAR opbrengst.

Tabel 7

Efficiëntie van de gebruikte prototype Valoya LED lampen G1 in $\mu\text{mol}/\text{W}$ PAR en totaal en de verwachte efficiëntie van de commerciële versie (in ontwikkeling), in vergelijking met SON-T.

lamp type	Efficiëntie $\mu\text{mol}/\text{W}$ totaal (300-800 nm)	Efficiëntie $\mu\text{mol}/\text{W}$ PAR (400-700 nm)
Valoya G1, 2014 - prototype versie (gemeten)	1.69	1.31
Valoya G1, 2016 - commerciële versie (schatting)	2.21	1.7
SON-T		1.85

Stel dat de lampen in de huidige proef een output hadden gehad van 1.5 $\mu\text{mol}/\text{W}$ in plaats van de gemeten 1.31 μmol PAR/watt: dit zou al ervoor gezorgd hebben voor de hoogste energiebenutting bij de behandeling LED 150 (Tabel 8). Bij een PAR output van 1.7 zou ook de behandeling LED 200 een hogere energiebenutting hebben dan 100% SON-T behandeling. Een verbetering van de energie-efficiëntie van het ontwerp is dus absoluut noodzakelijk. De ontwikkelaars van Valoya werken daarom aan verbetering van de energie-efficiëntie van de lampen, en verwachten in 2016 een hoger output te kunnen aanbieden (Tabel 7).

Tabel 8

Energie consumptie (kWh/m²) en energiebenutting door het gewas (in g oogstbare roos/kWh) bij toenemende PAR opbrengst van de LED lampen.

Energie consumptie	behandeling		
	LED 200	LED 150	SON-T
bij LED 1.31 $\mu\text{mol PAR/W elek}$	410	304	315
Energiebenutting g/kWh	22.0	25.4	25.2
bij LED 1.5 $\mu\text{mol PAR/W elek}$	379	287	315
Energiebenutting g/kWh	23.8	26.8	25.2
bij LED 1.7 $\mu\text{mol PAR/W elek}$	355	274	315
Energiebenutting g/kWh	25.4	28.1	25.2

Andere leerdoelen

Wat we met deze proef niet hebben kunnen beantwoorden, is de waarom vraag: waarom geeft een gecombineerd SON-T+Valoya G1 LED spectrum een 9% hogere lichtbenuttingsefficiëntie dan de SON-T spectrum?

Verondersteld werd dat het gecombineerde spectrum tot een productie toename zou leiden via de fotosynthese: een hogere fotosynthese capaciteit van het gewas (meer, groter, groener blad) en een hogere benutting van het daglicht doordat het gewas een hogere maximale fotosynthese per eenheid blad zou vertonen.

Uit de fotosynthese en gewas metingen bleken beide veronderstellingen onjuist. Er waren wel trends in die richtingen, maar geen significante verschillen in maximale fotosynthese en er was geen grotere fotosynthese capaciteit van het gewas: er was niet meer blad per tak en het blad was niet groter, noch groener of beter georiënteerd ten einde meer licht te onderscheppen als gevolg van het gecombineerde spectrum.

Als mogelijke verklaring blijft de ontwikkelingssnelheid van het gewas. Uit de beperkte metingen is er een tendens gezien naar een sneller ontwikkeling onder het gecombineerde spectrum dan onder de SON-T spectrum. Een snellere ontwikkeling zou hoe dan ook de meerproductie in aantal takken kunnen verklaren, maar niet de meerproductie in kilogram roos, die ook hoger was onder het gecombineerde spectrum.

Het is verleidelijk beide effecten (snellere ontwikkeling en zwaardere takken) zoals bij tomaat (Kalaitzoglou, 2015; Hogewoning, 2012) toe te schrijven aan het hoog aandeel verrood licht uit de Valoya G1 lampen (18.3% versus 8.1% bij SON-T). Bij roos (Bakker *et al.* 1997) waren ver-rood belichte stelen aan het einde van de dag in klimaatkamers 5-10% langer dan stelen belicht met SON-T. Strecking en vertakking, evenals een positief effect op de droge stof gehalte van de bloemen zijn ook gebleken in onderzoek met Chrysant (Maaswinkel *et al.* 2012), waarbij het grootste effect bereikt werd wanneer de belichting met verrood werd toegepast vlak na de dag periode (het eerste half uur van de nacht). Verrood draagt niet bij aan het totale PAR opbrengst van de lampen, maar volgens Hogewoning *et al.* 2012, wel aan de fotosynthese. In onze fotosynthese metingen met de open meetkamer hebben we geen invloed van het verrood op de fotosynthese gemeten. Draagt het aandeel verrood dan wel bij aan het groeiresultaat? En zo ja, hoe dan?

Om deze vragen te beantwoorden hebben we helaas te weinig ontwikkelingsdata verzameld en beschikken we over te weinig informatie over de effecten van verrood bij roos.

Geldigheid resultaat voor andere rozenrassen

Onderzoek en ervaring leren dat roos cultivars sterk kunnen verschillen in reactie op licht en temperatuur; dit onderzoek is met één cultivar (Avalanche+) uitgevoerd. Extrapoleren van de resultaten naar andere soorten is niet vanzelfsprekend. Avalanche is op dit moment de meest productieve rozen ras die geteeld wordt (en ooit geteeld is); met een gram productie op jaarbasis van 4.71 per mol is 73% productiever dan bij voorbeeld Red Naomi!, het tweede meest geteelde ras op het moment (de genoemde waardes zijn afkomstig uit Schapendonk *et al.* 2009 voor een jong, vol productief gewas). Zoals uit de fotosynthese licht-response curves blijkt (Figuur 24 tot en met Figuur 26), steeg de fotosynthese lineair met het licht mee tot niveaus van 400 μmol , waarna het pas begint af te nemen. Bij soorten die met lagere lichtniveaus verzadigen, zouden de effecten sterker kunnen zijn, en tot later in het voorjaar kunnen aanhouden. Dit kan alléén met onderzoek worden vastgesteld.

Kansen voor praktijkimplementatie en nog bestaande praktijkvragen

Voor implementatie in de praktijk is behalve verbetering van de energie-efficiency, waar al aan gewerkt wordt (zie boven), ook een verbetering van het ontwerp van de armaturen nodig: er is nu een grote dichtheid aan armaturen om voldoende PAR licht te installeren, wat voor enige ongewenste schaduw (Figuur 7) zorgt: iedere armatuur heeft een oppervlakte van $1.812 \times 0.074 \text{ m} = 0.1341 \text{ m}^2$. De lampen kunnen wel zoveel mogelijk worden opgehangen onder de bestaande constructie-delen.

In de praktijk liggen ook vragen over andere invloeden van het spectrum op de plant-ontwikkeling: kan het gewas compacter worden (kortere stelen in de winter) met meer blauw? Bij tomaat (Kalaitzoglou, 2015), wordt de plantlengte sterk beïnvloed door de dosis blauw licht in percentage van het totaal licht: Tot 30% blauw licht zijn de effecten op plantlengte klein; pas vanaf 40-45% blauw is de lengte met 30% geremd. Maar dat betekent dat de energie-efficiency van de lampen verder daalt. Wordt de tak nog zwaarder en de knop groter met nog meer verrood? Zou aanvulling van het SON-T spectrum met alleen verrood voldoende kunnen zijn? Is een lichtrecept zoals voorgesteld door Poot *et al.* 2015 (eerst blauw, dan rood al dan niet in combinatie met SON-T, dan nabelichten met verrood) beter door de plant te benutten dan het 20 uur per dag een samengesteld spectrum geven?

5 Conclusies

Met het gecombineerde spectrum Valoya G1+ SON-T is bij deze proef met de cultivar Avalanche een 7.2 - 9% hogere lichtbenutting behaald dan met de SON-T spectrum alléén.

De mate waarin was afhankelijk van de behandeling:

- 9% hogere lichtbenutting bij de behandeling 206 μmol (103 μmol SON-T en 103 μmol LED). Daarmee zijn 9% meer rozen en 14% meer totaal gewicht door zwaardere takken geoogst dan in de referentie met 191 μmol SON-T (8% meer lamp PAR licht).
- 7.2% hogere lichtbenutting bij 161 μmol (104 μmol SON-T en 57 μmol LED). Daarmee zijn 2% minder rozen en 3% minder gewicht geoogst dan in de referentie met 191 μmol SON-T (16% minder lamp PAR licht).

Het resultaat bevestigt hiermee de bij aanvang van het onderzoek geformuleerde hypothese, dat met minder lichtintensiteit in een speciaal spectrum, een nagenoeg zelfde productie kon worden gerealiseerd.

De effecten waren al binnen enkele weken na installatie zichtbaar waarna de verschillen ondanks het toenemen van het relatief aandeel daglicht bleven groeien gedurende de gehele meetperiode.

Het verschil is niet te verklaren door verschillen in bladkleur, knoptemperatuur, fotosynthese capaciteit, fotosynthese snelheid, bladoppervlakte, aantal bladeren of blad oriëntatie. Dit deel van de hypothese, de waarom vraag, is met dit onderzoek niet bevestigd. Mogelijk was de ontwikkelsnelheid hoger onder het gecombineerde spectrum. Het gecombineerde spectrum heeft een hoger percentage blauw en verrood dan het SON-T spectrum; in hoeverre de waargenomen effecten van het menglicht te danken zijn aan het blauw en het verrood, is niet bekend.

De energiedoelstelling (het energiegebruik in de rozenteelt met 25% verlagen) was waarschijnlijk ambitieuzer dan op grond van dit onderzoek realistisch lijkt. Met 16% minder PAR licht geïnstalleerd (behandeling LED 150) was in vergelijking met de controle nauwelijks productiederving en had dus een hogere lichtbenutting in g/mol. Om dit productievoordeel om te kunnen zetten in een energievoordeel moet de energie-efficiency van de gebruikte Valoya G1 lampen aanzienlijk stijgen, naar een minimale output van 1.7 μmol PAR per Watt elektrisch.

6 Aanbevelingen

Technische doorontwikkeling van de gebruikte Valoya G1 lampen met als doel een verbetering van de energie-efficiency is gewenst naar een minimale output van 1.7 μmol PAR per Watt elektrisch. Aanbevolen wordt tevens een verbetering van het ontwerp van de armaturen zodat een lagere dichtheid en minder schaduwwerking mogelijk is.

Een belangrijke vraag voor de praktijk is of andere rozen cultivars even positief (of nog positiever) reageren op het veranderende spectrum als Avalanche. Aanbevolen wordt met een minder productieve ras ook onderzoek te doen.

Er liggen in de praktijk andere vragen die mogelijk te beantwoorden zijn met aanvullend onderzoek naar de effecten van lichtkleur:

- Kan het gewas compacter worden met meer blauw?
- Kunnen de bloemen nog zwaarder worden en met een grotere bloemknop met een groter aandeel van verrood licht?

Literatuur

Baas, R. ; García, N. ; Kouwenhoven, D. ; Straver, N. (2005).

Effect van factoren in het wortelmilieu op de scheutuitloop na planten bij roos : onderzoek naar effecten van pH, NH₄, EC, B, mattype, fungiciden, kniphoogte en cultivar. Naaldwijk : Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., (Rapporten PPO) - p. 23

Benninga, J. ; Barendse, H. ; Vermeulen, C. ; Garcia Victoria, N. ; Raaphorst, M.G.M. ; Hofland-Zijlstra, J.D., 2015.

Kwaliteitsplan roos : onderdeel klimaatregistratie en statistiek. Wageningen UR Glastuinbouw, rapport 1336.

Bezemer, J. ; Marcelis, L.F.M. ; Meinen, E. (2010).

SON-T trekt in laboratoriumproef voorlopig aan het langste eind. Onder Glas 7 (4). - p. 48 - 49.

Bredmose, N., 1997.

Intensified photosynthetically active radiation affects the rates of three physiological development phases in single-stem rose plants raised from single-node cuttings. Acta Hort. (ISHS) 435:201-208

García, N. ; Telgen, H.J. van; Kern, T. ; Mourik, N. van; Klap, J. ; Leeuwen, F. van; Akse, F. (2002)

CO₂-dosering bij roos 2: effecten op productie en kwaliteit bij roos. PPO rapport 532. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Glastuinbouw, - p. 50

Gude, H., Wildschut, J., Slootweg, C. en Van Dalen, P., 2013.

LED-belichting in Tulp, Lelie en stekproductie in de boomkwekerij. Presentatie thema avond Stuurlicht snijbloemen, 23 april, Bleiswijk.

Helm, F.P.M. van der; Kromwijk, J.A.M., 2015.

Lage intensiteit LED belichting in zomerbloemen en trekheesters : praktijkonderzoek naar effect van stuurlicht op vroegheid en kwaliteit. Rapport 1348, Wageningen UR Glastuinbouw

Hogewoning, S.W., Sanders, J., Peekstok, T., en Persoon, S., 2012.

Eindrapportage Lichtkleuren onderzoek: Wat is de ontbrekende schakel voor succesvolle productieverhoging? PT-rapportage.

Kalaitzoglou, P., 2015,

Biosolar cells, Presentatie voorlopige resultaten master thesis, interne publicatie.

Kotiranta, S.; 2013.

The effect of light quality on tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv 'Efialto') growth and drought tolerance. Master thesis, University of Helsinki, p.84

Marissen, N., Benninga, J., 1999.

Bedrijfsvergelijkend onderzoek houdbaarheid roos. Rapport 193. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente.

Marissen, N., Benninga, J., 2001.

Bedrijfsvergelijkend onderzoek roos. Rapport PPO project 425048. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V. Sector Glastuinbouw

Marissen, N. 2005.

Postharvest quality of roses as related to preharvest conditions. Acta Hort. 669, ISHS.

Meinen, E. ; Kempkes, F. ; Raaphorst, M.G.M. ; Dueck, T.A. (2015).

Energiezuinige belichting bij chrysant. Rapport 1341, Wageningen UR Glastuinbouw, - p. 101

Mortensen, L.M. and Fjeld, T. 1995.

High air humidity reduces the keeping quality of cut roses. Acta Hort. 405: 148-156

Mortensen, L.M. and Fjeld, T. 1995.

Effects of air humidity, lighting period and lamp type on growth and vase life of roses. Scientia Hort 73: 229-237

Mortensen, L.M. and Gislerød, H.R., 1999.

Effect of air humidity and lighting period on growth, vase life and water relations of 14 rose cultivars. Scientia Horticulturae 82, 289-298

Poot, E., García Victoria, N., De Gelder, A., Kempkes, F., Marcelis, L., Raaphorst, M., Van Weel, P., De Zwart, F., 2015.

Richtinggevende beelden voor klimaat neutrale glastuinbouw. Rapport GTB-1365, Wageningen UR Glastuinbouw

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

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

Schapendonk, A., en Pot, S., 2007.

Plantenpaspoort roos. Productschap Tuinbouw, projectnummer 12691, pp.45. Plant Dynamics

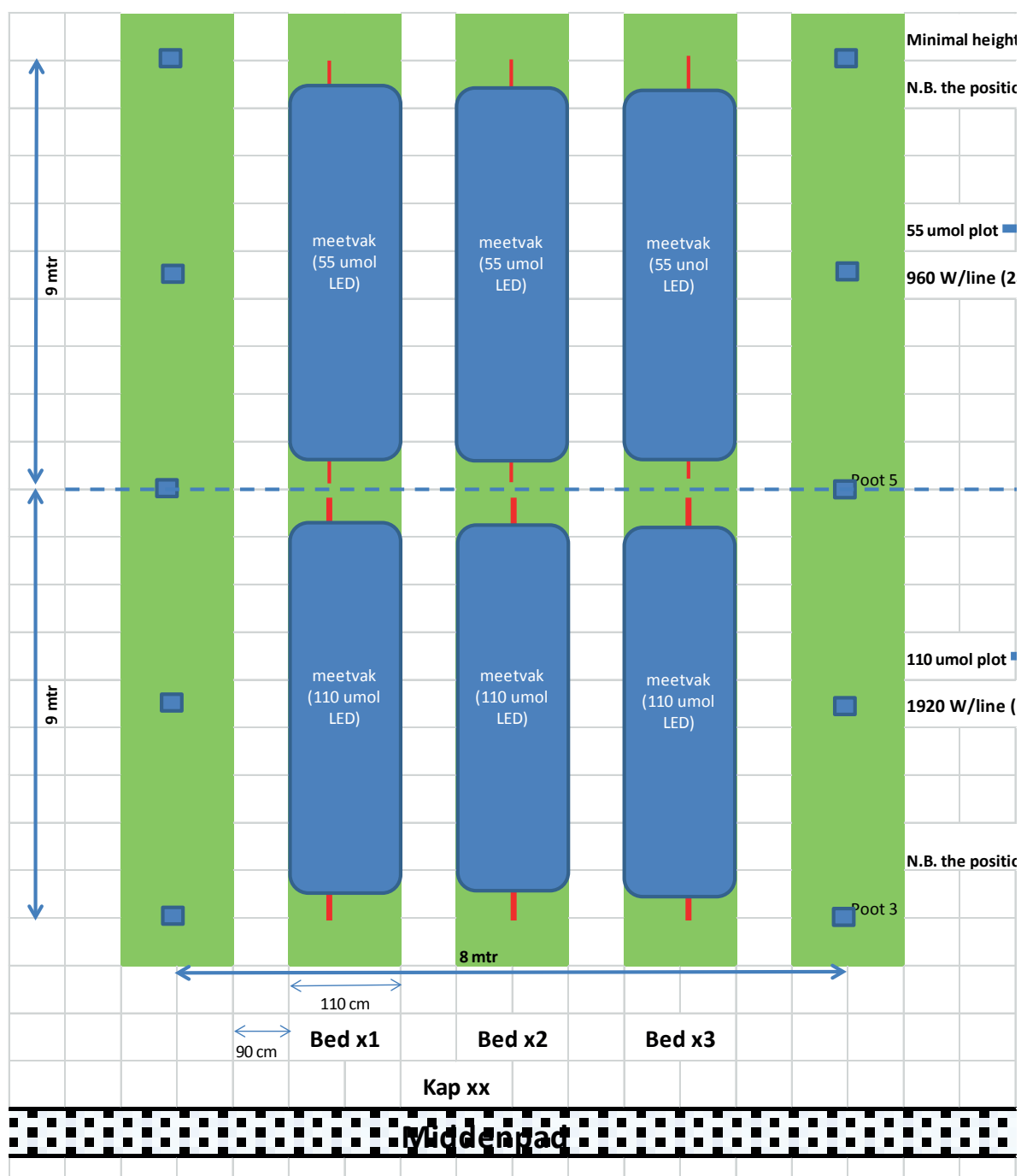
Schapendonk, A., Pot, S., Rappoldt, C., 2009.

Plantenpaspoort roos. Sleutel voor optimale productie. Productschap Tuinbouw , projectnummer 13040, pp. 109. Plant Dynamics

Schapendonk A., Rappoldt, C., 2011.

Diffuus licht roos. Onderzoeksrapport PT projectnummer 14090. Plant Dynamics.

Bijlage 1 Proefplattegrond



Bijlage 2 Detail lichtmetingen

Vak 100% SON-T					
	Bed x1		Bed x2		Bed x3
poot 11	Totaal		Totaal		Totaal
eind plot	193		201		196
	192		196		189
	180		183		187
	186		191		183
poot 10	205		203		205
	198		197		198
	187		182		187
	183		185		188
start plot	185		189		183
poot 9					
Gemiddeld:	190		192		191

Vak 50% SON-T + 25% LED								
	Bed x1			Bed x2			Bed x3	
poot 7	Totaal	LED uit		Totaal	LED uit		Totaal	LED uit
eind plot	155	109		167	117		153	112
	163	105		167	115		157	108
	157	101		157	103		157	103
	154	106		156	97		160	99
poot 6	169	116		163	108		170	114
	164	107		157	97		163	101
	164	104		158	98		159	100
	164	101		159	98		155	98
start plot	173	102		174	101		161	96
poot 5								
Gemiddeld:	163	106		162	104		159	103
Aandeel SON-T:	106	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		104	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		103	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
Aandeel LED:	57	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		58	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		56	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

Vak 50% SON-T + 50% LED								
	Bed x1			Bed x2			Bed x3	
	Totaal	LED uit		Totaal	LED uit		Totaal	LED uit
poot 5								
eind plot	196	100		200	101		191	101
	207	96		206	95		206	100
	210	98		213	97		208	100
	214	102		219	99		210	100
poot 4	230	117		217	111		222	112
	216	108		214	103		213	106
	211	98		204	99		207	100
	204	103		199	107		193	101
start plot	187	107		184	114		182	95
poot 3								
Gemiddeld:	208	103		206	103		204	102
Aandeel SON-T:	103	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		103	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		102	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
Aandeel LED:	105	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		103	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$		102	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

Bijlage 3 Detail waarnemingen rozen

De tabellen in deze en de volgende pagina tonen de resultaten van de detail metingen uitgevoerd aan geoogste rozen in november, januari en maart. De waarde is per periode het gemiddelde van 30 takken. Verschillende letters geven significante verschillen aan over de drie onderzoek momenten.

	november				januari				maart			
behandeling	g/cm		Bladopp.		g/cm		bladopp.		g/cm		Bladopp.	
A= LED 200	0.81	c	699	b	0.63	b	519	a	0.72	b	702	bc
B= LED 150	0.67	b	674	b	0.53	a	495	a	0.66	b	657	b
C= HPS 200	0.71	b	775	c	0.57	ab	453	a	0.66	b	648	b
LSD 5%	0.07		80									

	november				januari				maart			
behandeling	totaal vers		totaal lengte		totaal vers		totaal lengte		totaal vers		totaal lengte	
A= LED 200	53.0	c	65.5	a	49.1	bc	77.9	c	51.8	c	72.2	b
B= LED 150	44.9	a	64.9	a	41.7	a	78.2	c	46.9	bc	71.4	b
C= HPS 200	49.4	bc	69.1	b	45.9	ab	79.1	c	48.1	bc	72.3	b
LSD 5%	5.4		0.2									

	november				januari				maart			
behandeling	SPAD boven		SPAD onder		SPAD boven		SPAD onder		SPAD boven		SPAD onder	
A= LED 200	42.6	a	40.9	b	39.5	a	38.4	a	41.3	a	38.6	a
B= LED 150	42.9	a	40.6	b	40.2	a	39.4	ab	42.7	a	39.7	ab
C= HPS 200	47.6	b	41.5	b	41.7	a	41.3	b	41.1	a	39.3	ab
LSD 5%	4.5		1.4									

	november				januari				maart			
behandeling	knop lengte		knop breedte		knop lengte		knop breedte		knop lengte		knop breedte	
A= LED 200	5.54	ab	3.82	ab	5.72	b	4.23	c	5.66	b	4.04	bc
B= LED 150	5.26	a	3.83	ab	5.34	a	3.92	bc	5.36	a	3.90	bc
C= HPS 200	5.38	a	3.64	a	5.61	b	4.08	bc	5.64	b	4.06	bc
LSD 5%	0.2		0.2									

	november				januari				maart			
behandeling	n blad		open stadia		n blad		open stadia		n blad		open stadia	
A= LED 200	9.6	b	2.6	a	8.1	a	3.4	b	9.2	b	3.9	c
B= LED 150	9.1	b	2.3	a	8.1	a	3.2	b	9.3	b	3.8	c
C= HPS 200	10.4	c	2.5	a	8.0	a	3.5	b	8.7	ab	4.0	c
LSD 5%	0.7		0.2									

	november				januari				maart			
behandeling	knop vers		knop droog		knop vers		knop droog		knop vers		knop droog	
A= LED 200	22.6	c	3.25	c	20.2	b	2.86	b	21.3	bc	3.29	c
B= LED 150	18.8	ab	2.74	ab	17.8	a	2.52	a	19.7	ab	3.05	bc
C= HPS 200	20.2	b	2.97	b	18.6	ab	2.51	a	21.1	bc	3.21	bc
<i>LSD 5%</i>	2.2		0.27									

	november				januari				maart			
behandeling	blad vers		blad droog		blad vers		blad droog		blad vers		blad droog	
A= LED 200	15.0	c	4.33	d	10.7	a	2.88	b	14.3	bc	4.11	cd
B= LED 150	12.9	b	3.40	c	9.4	a	2.49	a	12.9	b	3.70	c
C= HPS 200	15.3	c	4.17	d	9.0	a	2.29	a	12.5	b	3.54	c
<i>LSD 5%</i>	1.7		0.54									

	november				januari				maart			
behandeling	steel vers		steel droog		steel vers		steel droog		steel vers		steel droog	
A= LED 200	15.8	c	4.89	b	14.0	ab	4.38	ab	16.0	c	5.03	b
B= LED 150	12.8	a	3.84	a	13.4	a	4.01	a	14.3	b	4.47	ab
C= HPS 200	15.7	c	4.75	b	13.9	ab	4.02	a	14.3	b	4.37	ab
<i>LSD 5%</i>	1.1		0.61									

	november				januari				maart			
behandeling	blad ds		knop ds		blad ds		knop ds		blad ds		knop ds	
A= LED 200	28.9	c	14.5	bc	26.4	b	14.2	b	28.6	c	15.5	d
B= LED 150	26.3	b	14.7	bc	26.3	b	14.3	b	28.3	c	15.6	d
C= HPS 200	27.2	bc	14.8	c	24.7	a	13.5	a	28.4	c	15.4	d
<i>LSD 5%</i>	1.1		0.5									

	november		januari		maart	
behandeling	steel ds		steel ds		steel ds	
A= LED 200	31.1	c	31.2	c	31.5	bc
B= LED 150	30.1	b	29.9	b	31.2	bc
C= HPS 200	30.4	bc	28.4	a	30.9	c
LSD 5%	1.0					

Bijlage 4 Ontwikkelingsduur in beeld

Start 17/02

24-feb

200
LED



150
LED



200
HPS



2-mrt

200
LED



150
LED



200
HPS



16-mrt

200
LED



150
LED



200
HPS

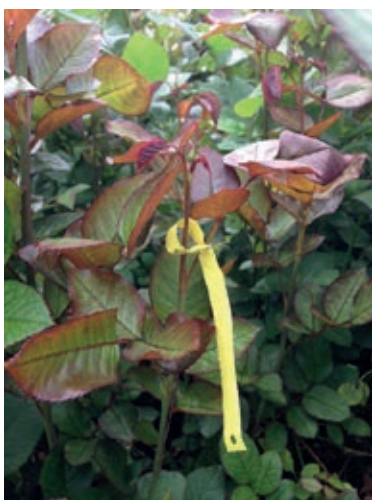


30-mrt

200
LED



150
LED



200
HPS



7-apr

200
LED



150
LED



200
HPS



13-apr

200
LED



150
LED



200
HPS



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-1368

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.