

Spectraal effect van LED tussenbelichting op scheutuitloop van roos in de zomer



November 2010

Govert Trouwborst, Sander Pot en Ad Schapendonk

Spectraal effect van LED tussenbelichting op scheutuitloop van roos in de zomer

November 2010

G. Trouwborst, C.S. Pot en A.H.C.M. Schapendonk

Plant Dynamics B.V.
Englaan 8
6703 EW Wageningen
www.plant-dynamics.nl
ad@plant-dynamics.nl
06-21983129

REFERAAT

G. Trouwborst, C.S. Pot, en A.H.C.M Schapendonk, Spectraal effect van LED tussenbelichting op scheutuitloop van roos in de zomer. Plant Dynamics B.V., Wageningen. 16p.

Dit onderzoek is uitgevoerd op verzoek van de tuinbouwsector en is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT) en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) in het kader van het programma “Kas als energiebron” transitiepad “licht”.

PT projectnummer: 14031.14

© 2010 Wageningen, Plant Dynamics BV

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder duidelijke bronvermelding.

Plant Dynamics BV is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit deze uitgave.

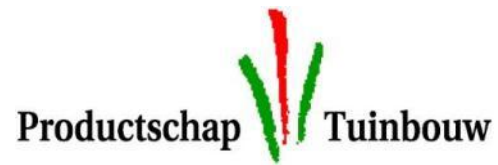
Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	4
FINANCIERS EN SAMENWERKENDE PARTIJEN	5
SAMENVATTING	6
1 INLEIDING	7
2 SPECTRAAL EFFECT OP SCHEUTUITLOOP	8
3 EXPERIMENTELE OPZET	10
4 RESULTATEN EN DISCUSSIE	12
5 ALGEMENE DISCUSSIE	14
CONCLUSIES	15
REFERENTIES	16

Financiers en samenwerkende partijen



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit



PHILIPS



Samenvatting

Als vervolg op het winterexperiment “LED-tussenbelichting bij Roos: Praktijkonderzoek op Marjoland” is via een consultancy-bijdrage van het Productschap Tuinbouw gekeken naar eventuele stuurlichteffecten van LED-belichting toegepast als tussenbelichting op de scheutuitloop van roos gedurende de zomer. Tijdens het winterexperiment gaven de behandelingen met een laag tussenbelichtingsniveau namelijk een 7-8% hogere productie (kg/m^2) en lichtbenutting (g/mol) ten opzichte van de controle. Vanuit economisch en maatschappelijk perspectief is het interessant om met het toevoegen van een geringe lichtintensiteit een hoge meerproductie te behalen.

De LED-modules met een lage intensiteit ($21 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) werden 20 uur per dag aangezet. Er was een controle, een behandeling met 100% rood licht en een behandeling met 87% rood en 13% blauw licht. De productie is drie snedes (18 weken: week 24-41) gevolgd.

Gedurende de eerste weken zijn er technische aanpassingen gedaan om met de LED-modules 20 uur per dag te belichten, afzonderlijk van de SON-T bovenbelichting. Doordat een positieve trigger van de tussenbelichting op de scheutuitloop pas 6 weken later (=uitgroeiduur van een tak) zichtbaar wordt, traden er naar verwachting geen productiever verschillen op gedurende de eerste zomersnee.

De tweede zomersnee vertoonde een duidelijk stuurlichteffect op de scheutuitloop en liet een toename in productie ten opzichte van de controle zien van 15% voor de rood licht behandeling en 10% voor de rood/blauw licht behandeling.

Door technische problemen (piekspanning) vielen er vanaf week 30 geleidelijk LED-modules uit en hebben de behandelingen voor de derde snee (bijna) geen positieve trigger meer gehad op scheutuitloop. De verschillen tussen de behandelingen bij de tweede snee werden door de derde snee volledig gecompenseerd door een hogere productie bij de controle. De hogere productie van de controle in de derde snee is gedeeltelijk toe te schrijven aan een hogere PAR-som in de controle doordat het aluminium profiel waaraan de LED-modules bevestigd waren te veel schaduw gaf in de behandelingen. Na correctie van de PAR-sommen voor de beschaduwing was de lichtbenutting in g/mol van de behandelingen over de twaalf weken van de tweede en derde snee 6% hoger dan die van de controle.

Wij concluderen dat er in de tweede zomersnee een duidelijk effect van stuurlicht op extra scheutuitloop is gevonden. Helaas kwam dit in de snee erna niet meer tot uiting in de gewasproductie door technische problemen. Dit fenomeen verdient dus nader onderzoek.

1 Inleiding

Gedurende het belichtingsseizoen 2009/2010 is er een praktijkexperiment uitgevoerd op Marjoland te Waddinxveen bij het gewas *Rosa Hybrida* 'Passion'. In dit experiment werden diverse varianten van SON-T topbelichting en LED tussenbelichting getoetst. De doelstelling was om zo snel mogelijk tot een optimaal teeltrecept te komen voor tussenbelichting bij rozen waarbij er energie bespaard kan worden. In totaal werden er 11 behandelingen onderzocht. De twee meest kansrijke behandelingen waren:

- Tussenbelichting met rood ($21 \text{ umol/m}^2/\text{s}$)
- Tussenbelichting met een combinatie van 87% rood met 13% blauw licht ($21 \text{ umol/m}^2/\text{s}$)

Tijdens het winterexperiment gaven bovenstaande behandelingen namelijk een 7-8% hogere productie (kg/m^2) en lichtbenutting (g/mol) ten opzichte van de controle. Dit betekent dat met het toevoegen van een geringe lichtintensiteit een hoge meerproductie is behaald. Vanuit economisch oogpunt (lage energie input + installatiekosten) lijkt deze optie dan ook het meest gunstig.

Met het rekenmodel Explorer Roos wordt maar 3-5% meerproductie verklaard door het extra licht. Het verschil met de gemeten productie kan mogelijk verklaard worden door een stuurlichteffect op extra scheutuitloop. Dit kan voor rassen die moeilijk uitlopen (zoals 'Passion' en 'Red Naomi') een groot voordeel betekenen omdat extra takken ook kunnen bijdragen aan een hogere lichtonderschepping en zo een hogere gewasfotosynthese.

Vanwege dit belang zijn bovenstaande behandelingen en een controle gedurende de zomer 3 snedes (18 weken) vervolgd en worden de resultaten in dit rapport weergegeven. Omdat in de zomer beperkt belicht wordt, is het tussenlicht apart geschakeld ten opzichte van de SON-T topbelichting. Het tussenlicht brandde 20 uur per dag.

2 Spectraal effect op scheutuitloop

De rood/verrood verhouding (R/VR) van licht speelt een zeer belangrijke rol bij de ontwikkeling van planten. De R/VR wordt waargenomen via de fotoreceptor “fytochroom”. Fytochroom is een fotoreceptor met absorptiemaxima in het rode en het verrode deel van het spectrum (Fig. 1). Rood licht wordt voornamelijk geabsorbeerd door de Pr-vorm (inactieve vorm) van fytochroom en verrood licht door de Pfr-vorm (actieve vorm) van fytochroom. Als gevolg van de absorptie van rood licht wordt Pr omgezet in Pfr en omgekeerd wordt Pfr door absorptie van verrood licht weer omgezet in Pr. De uiteindelijke verhouding tussen de Pr- en de Pfr-vorm van fytochroom, de ‘phytochrome photostationary state’ of fytochroomstatus ($PSS = Pfr / (Pr + Pfr)$) is bepalend voor veel ontwikkelingsprocessen in planten, zoals kieming van zaden, bloemknopontwikkeling (lange dag en korte dag planten), stengelstrekking (roos / chrysant / diverse potplanten), veroudering en scheutuitloop.

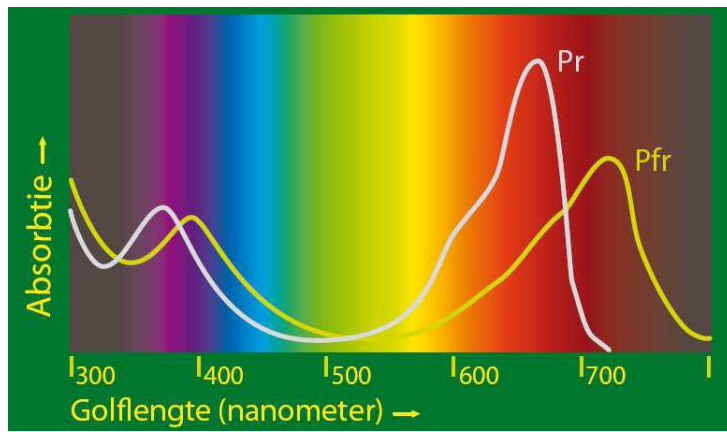


Fig. 1. Absorptiespectra van de rood (Pr) en de verrood (Pfr) absorberende vormen van fytochroom.

Voor het gewas roos zijn duidelijke effecten van de R/VR verhouding op de okselknopuitloop gevonden. Licht met een hoge R/VR verhouding (en dus hoge fytochroomstatus) stimuleerde knopuitloop terwijl licht met een lage R/VR verhouding het tegengestelde effect had (Mor and Halevy 1980; 1984; Healy and Wilkins, 1979, 1981). Recenter experimenteerden Novoplansky et al. (1991) met plastic afdekking die een gedeelte van het groene licht omzette in rood licht. Hiermee werd dus de rood/verrood verhouding verhoogd. Dit resulteerde in een hogere takuitloop van 27%. Een interessant experiment met het oog op energiebesparing door ‘slim’ te belichten werd uitgevoerd door Clark et al. (1991). Door potrozen aan het einde van de dag te ‘behandelen’ met 30 minuten rood licht, hadden deze planten een 17% hogere scheutuitloop dan controle planten. Een behandeling met 30 minuten verrood licht leverde het omgekeerde op (15% lagere scheutuitloop). Ook Maas en Bakx (1995) experimenteerden met rood en verrood behandelingen aan het einde van de dag. Taklengte werd negatief en % bloei werd positief beïnvloed door een rood licht behandeling aan het einde van de dag. Girault et al. (2008) vonden ook een positief effect van rood licht op de okselknopuitloop en een negatief effect door verrood licht. Zij laten echter ook zien dat blauw licht net zo effectief is als rood licht (Girault et al. 2010). Dus waarschijnlijk zijn er meer spectrale aansturingsmechanismen, zoals via cryptochroom (een blauw licht receptor).

Een hoge fytochroomstatus (PSS) kan dus uitloop van nieuwe scheuten stimuleren, een lage status kan de scheutuitloop juist remmen. In tabel 1 is de fytochroomstatus van verschillende behandelingen weergegeven. In een dicht gewas zonder LED-belichting was de fytochroomstatus laag (0.48), hier kan dus een remmende werking op scheutuitloop ontstaan. Door de toepassing van R/B LED belichting steeg de fytochroomstatus naar 0.6. Bij alleen rood licht steeg deze licht naar 0.67. Als het verduisteringsscherm dicht was dan was er bijna geen verrood (van daglicht) meer aanwezig en

fytochroomstatus was dan >0.82. De fytochroomstatus is dus afhankelijk van het moment van de dag en wisselt continu. Deze dynamiek maakt een verklaring van spectrale effecten heel lastig en voor antwoorden op vragen zoals welke momenten van fytochroomstatus sturing optimaal zijn voor scheutuitloop en wat de drempelwaarden hierbij zijn, is gericht onderzoek nodig. Uit het winterexperiment bleek dat tussenbelichting met weinig licht ($21 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; behandeling B en C) een positief effect heeft op de lichtbenutting. Dit biedt dus voor de praktijk perspectieven voor het efficiënter inzetten van een belichtingsinstallatie.

Tabel 1. Fytochroomstatus (PSS) van verschillende behandelingen. De fytochroomstatus kan worden berekend op grond van een lokaal gemeten lichtspectrum.

Lichtbron	PSS
Daglicht	0.72
SON-T	0.84
Daglicht + 50% SON-T ($113 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	0.76
LED 100% rood	0.88
LED 13% blauw	0.88
LED 100% blauw	0.54
behandelingen met daglicht achtergrond en 50% SON-T (16.00 hr)	
controle in dicht gewas	0.48
LED in dicht gewas 100% rood 'B' ($21 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	0.67
LED in dicht gewas 13% blauw 'C' ($21 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	0.6
LED in dicht gewas 13% blauw 'D' ($43 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)*	0.6
LED in open gewas 13% blauw 'D' ($43 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	0.82
LED in half open gewas 13% blauw 'D' ($43 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	0.72

*Behandeling D is afkomstig uit het winterexperiment.

3 Experimentele opzet

Het experiment is uitgevoerd op Marjoland 4 met *Rosa hybrida* 'Passion'. De plantdatum was week 29 van 2009, met een plantdichtheid van 7.8 planten/m². In week 35/36 2009 werden de eerste takken van deze planten geoogst. De bovenbelichting werd gestart in week 38 van 2009 (226 μmol/m²/s bovenbelichting met Greenpower SON-T 1000W/400V). Vanaf week 47 van 2009 schakelde de LED-tussenbelichting (Philips Greenpower LED Production modules; engineering samples 2009) automatisch mee met de SON-T bovenbelichting. Voor het winterexperiment werd de oogstregistratie in week 48 van 2009 gestart en stopte per week 23 van 2010. Het zomerexperiment startte per week 24 in 2010 en liep 18 weken (3 snedes) door tot en met week 41 van 2010.

Het zomerexperiment van 2010 bevatte een controle (A) en twee stuurlichtbehandelingen (B en C). Behandeling B bestond uit 21 μmol/m²/s rood LED licht en behandeling C bestond uit 21 μmol/m²/s rood/blauw LED licht, het % blauw van deze modules bedroeg 13% (Tabel 2). Vanaf week 27 werd de aansturing van de LED-modules losgekoppeld van de SON-T lampen en brandden deze 20 uur per dag. Er werd dus per dag 1.5 mol LED-licht toegevoegd.

Tabel 2. Behandelingen in het experiment.

Ras	Plot Code	Behandeling	Aantal planten	SON-T (μmol/m ² /s)	LED (μmol/ m ² /s)
Passion	A	Controle: SON-T	96	226	0
Passion	B	Combi SON-T/LED rood	96	226	21
Passion	C	Combi SON-T/LED r/bl(13%)	96	226	21

De veldgrootte was ±6 m lang.

Alle behandelingen werden in tweevoud uitgevoerd (twee paden, 3 teeltbedden; Fig. 2). Het regiem voor de SON-T behandelingen is afgestemd op de buitenstraling en verschilde niet tussen de behandelingen.

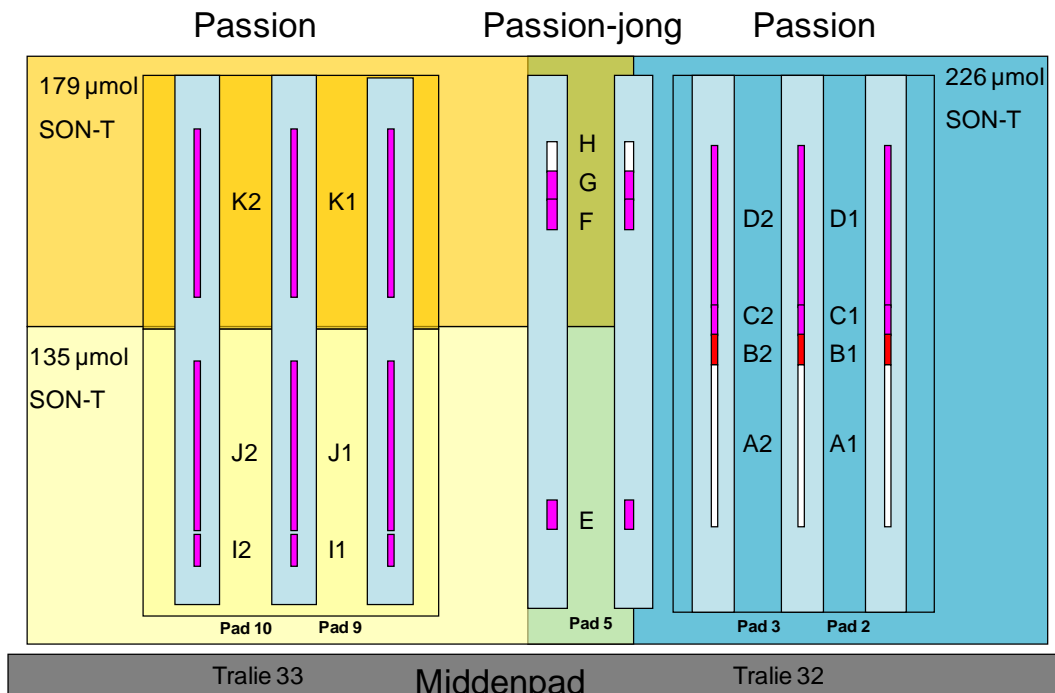


Fig. 2. Plattegrond van de proefvelden in de kas gedurende het winter experiment. Voor het zomer experiment is behandeling A ingekort tot het hetzelfde aantal planten als behandeling B en C.

De positionering van de LED-modules in het gewas staat weergegeven in het PT-verslag: “Haalbaarheid van LED-tussenbelichting bij Roos: Praktijkonderzoek op Marjoland” van augustus 2010. De modules waren bevestigd aan een aluminium profiel dat van bovenaf 15 cm breed was. Dit leverde significante bechaduwing van het bedoppervlak op. Hiervoor is rekening gehouden met de berekening voor de lichtbenutting (gram per mol licht). Voor verdere details, zie genoemd rapport.

De eerste zomersnee liep van week 24 tot 29. In week 27 is de tijd klok geplaatst om de LED-lampen 20 uur per dag aan te schakelen. Daarvoor hadden de LED's zeer beperkt aangestaan, zodat een effect van tussenbelichting op extra scheutuitloop bij deze snee niet is te verwachten. De tijd tussen een positieve trigger op scheutuitloop en de meting van meerproductie wordt namelijk bepaald door de uitgroeiduur van een tak die ongeveer 5-6 weken is. Gedurende het verdere verloop van het experiment kregen we te maken met geleidelijke uitval van LED-modules. Dit was te herleiden tot een technische aanpassing aan de installatie (27 juli 2010; week 30) waarbij een piekbelasting in het elektriciteitsnet was opgetreden. Een positieve trigger van stuurlicht op de scheutuitloop werd dus steeds zwakker en heterogener in de plots. Door de uitval van de LED-modules konden we het gemiddelde aantal branduren van de LED-modules tijdens snee 2 en 3 niet meer goed vaststellen. De productie is tot het einde van de derde zomersnee (week 41) vervolgd. PAR-sommen en aantal belichte uren met SON-T bovenbelichting zijn in Tabel 2 per snee en in Fig. 4 per week weergegeven.

Tabel 2. Lichtsommen van de behandelingen A-C per snee. Het LED-licht brandde in behandeling B en C 20 uur per dag wat overeenkomt met een dagsom van 1.5 mol PAR.

Snee	PARsom daglicht (mol/ m ²)	Uren SON-t	PARsom SON-T (mol/ m ²)	% PARsom LED
Snee 1* (wk 24-29)	1140	80	65	3
Snee 2** (wk 30-35)	883	204	166	2
Snee 3** (wk 36-41)	555	418	340	1

* Gedurende de 1^e snee is er geen effect te verwachten doordat de proeffactor pas halverwege gerealiseerd werd en er zeer beperkt belicht werd.

** In week 30 trad een piekbelasting op het net, wat resulteerde in geleidelijke uitval van de LED modules. Hierdoor is het % PARsom LED een schatting.

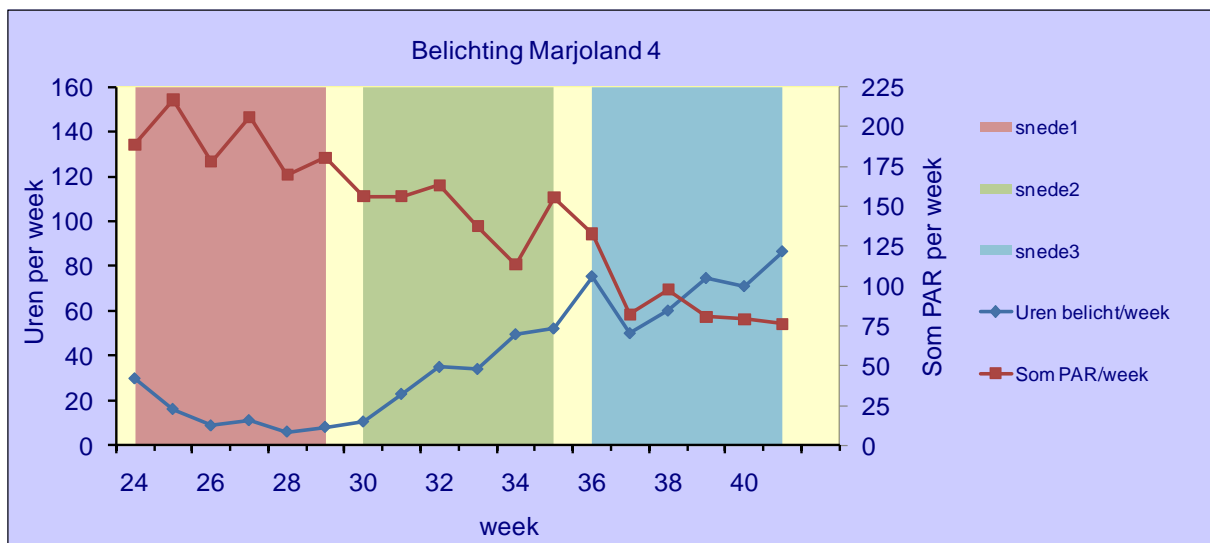


Fig. 4. Aantal uren per week belicht met SON-T en de hoeveelheid mol PAR natuurlijk daglicht. De gekleurde vlakken geven de drie afzonderlijke snedes aan.

4 Resultaten en discussie

Het LED-licht met een lage intensiteit werd als stuurlicht ingezet om extra scheutuitloop te bevorderen. Het aandeel LED-licht van de totale PARsom gedurende de drie zomersnedes varieerde tussen de 3% (snede 1) en 1% (snede 3). Zoals eerder vermeld, hebben de LED-modules vóór en gedurende de eerste twee weken van de eerste zomersnee beperkt aangestaan. Conform verwachting werden hier geen productieverschillen gemeten (Fig. 6). Het oogstpatroon over de totale proefperiode is in Fig. 5 weergegeven.

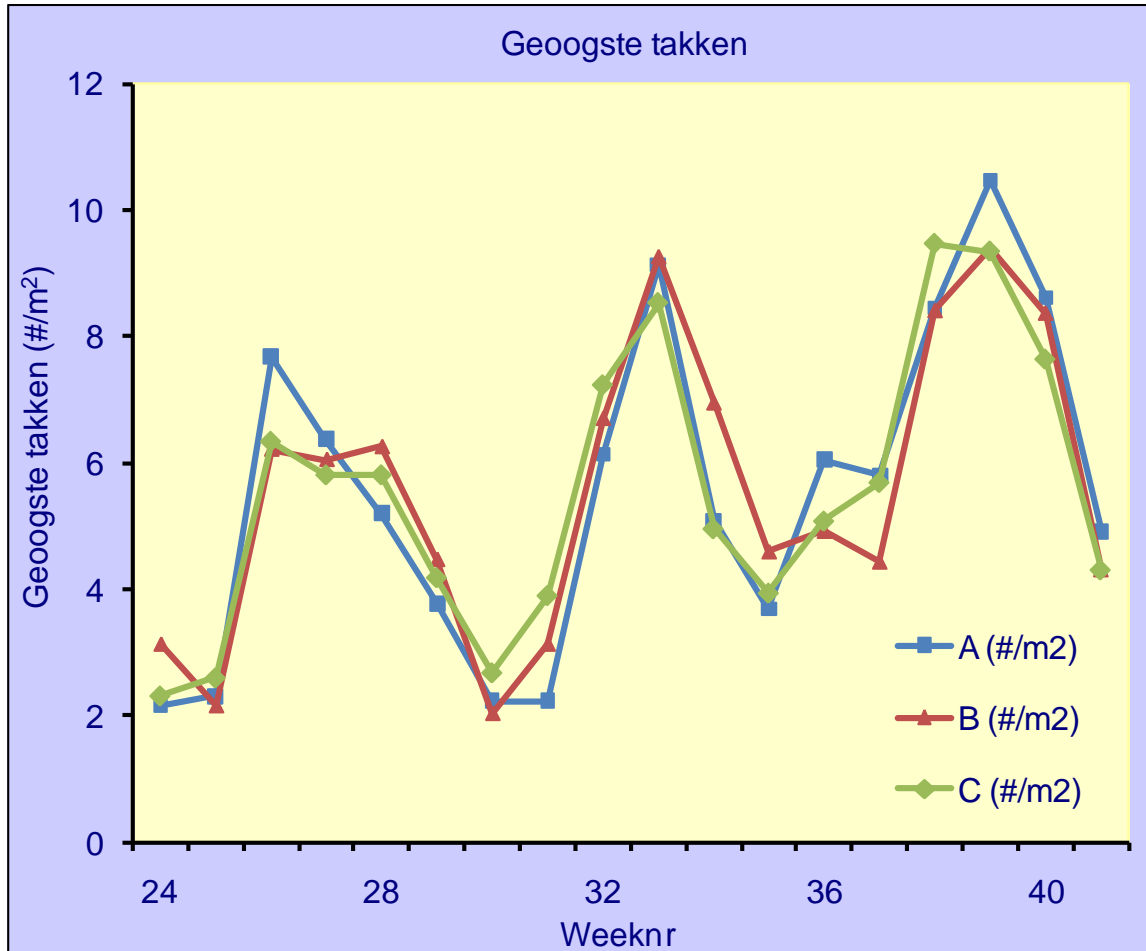


Fig. 5. Aantal geogste takken per behandeling per week. A: controle; B: rood stuurlicht; C: rood/blauw stuurlicht.

Het effect van stuurlicht zag er veelbelovend uit in de tweede snee (Fig. 6). Behandelingen B en C gaven respectievelijk 15 en 10% meer takken dan de controle (A). Bij snede 3 was het effect echter negatief. Als snee 2 en 3 worden opgeteld dan verdwijnen de verschillen tussen de behandelingen.

Er is aan het begin en het eind van het experiment een aantal weken takgewichten bepaald. Gedurende deze weken werden er geen verschillen in gemiddeld takgewicht gevonden tussen de behandelingen. Op basis van dit gemiddelde takgewicht en de aantallen is de lichtbenutting (uitgedrukt in gram/mol) berekend. In de tweede snee was er een positief effect en in snee 3 een gering negatief effect op de lichtbenutting (Fig. 7A). Als de lichtbenutting wordt berekend over de 2^e en 3^e snee (twaalf weken) blijft er een positief effect van 6% over (Fig. 7B).

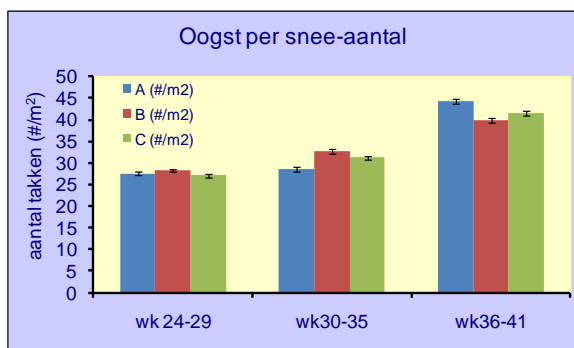


Fig. 6. Aantal geoogste takken in drie zomersnedes. A:controle; B: rood stuurlicht; C: rood/blauw stuurlicht.

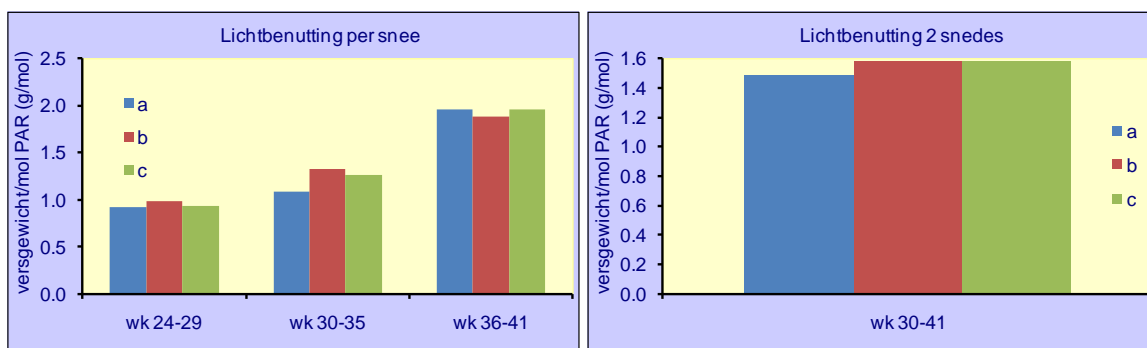


Fig. 7. (Links) Lichtbenutting in gram versgewicht per mol PAR (daglicht+SON-T+LED) voor drie zomersnedes. A:controle; B: rood stuurlicht; C: rood/blauw stuurlicht. (Rechts) Lichtbenutting voor de 2^e en 3^e zomersnee. De lichtbenutting over de weken 30-41 was voor beide stuurlichtbehandelingen 6% hoger dan voor de controle.

De vraag is nu of de terugval in productie te maken heeft met een compensatie-effect door de planten zoals dit optrad bij Zuurbier & Co (Sterk et al. 2009 en pers. med. Leo Oprel), of dat dit te wijten is aan uitval van de LED-modules. Gezien het feit dat de uitgroeiduur van de takken ongeveer 6 weken is, dan creëert een positief effect van stuurlicht op scheutuitloop een effect die pas 6 weken daarna zichtbaar is omdat pas dan de takken worden geoogst. Dit verklaart dat ondanks het uitvallen van LED-modules vanaf week 30 (de 1^e week van de tweede zomersnee), het stuurlicht toch nog heel die snee een positief effect heeft. Het is ook duidelijk dat de twee stuurlichtbehandelingen in de 3^e snee bijna geen positieve trigger voor extra scheutuitloop meer hebben gehad. De LED-modules leverden ook voor 1.5 mol PAR per dag aan extra groeilicht. Dit was juist nodig om het negatieve effect van de beschadwing door de brede aluminium profielen in de behandelingen te compenseren. Door de beschadwing was de PAR-som in de 2^e en 3^e snee voor de behandelingen dus lager dan voor de controle. Dus hoewel een (gedeeltelijk) compensatiegedrag van de planten in de 3^e snee voor de hand ligt, kan ook een gedeelte van de lagere opbrengst van behandeling B en C in de 3^e snee verklaard worden door de lagere PAR-som.

5 Algemene discussie

Belichtingsduur van stuurlicht

In dit experiment heeft het stuurlicht 20 uur per dag aangestaan. Mogelijk kan deze belichtingsduur ingekort worden als bekend wordt wanneer stuurlicht het meest effectief is. In de literatuur vonden we hiervoor een aanwijzing: Clark et al. (1991) 'behandelden' potrozen aan het einde van de dag met 30 minuten rood licht, dit resulteerde in een 17% hogere scheutuitloop dan bij controle planten. Een behandeling met 30 minuten verrood licht leverde een 15% lagere scheutuitloop op.

Een effectieve methode om aan het einde van de dag het negatieve effect van verrood licht tegen te gaan, is het tijdig dichttrekken van het energiescherm in combinatie met belichting. Zo wordt op een 'kunstmatige' manier de nacht ingegaan en het relatief hoge verrood gehalte van het daglicht aan het einde van de dag tegengegaan. Ook zou door het continu meten van het lichtspectrum diep in het gewas achterhaald kunnen worden wanneer de fytochromstatus laag is. Juist op die momenten zal stuurlicht ingezet moeten worden.

Incidenteel of structureel effect van stuurlicht.

Als we de algehele productie van winter naar zomer in ogenschouw nemen (8 snedes), dan valt op dat het patroon van meerproductie door stuurlicht grillig is. Dit suggereert dat het stuurlicht meer een incidenteel dan een structureel effect heeft. Dit kan verklaard worden doordat het proces van scheutuitloop door een veelvoud van actoren beïnvloed wordt. Factoren die hierin een rol spelen zijn bijvoorbeeld gewastemperatuur, worteltemperatuur en knip- en inbuigstrategie. Het positieve effect van stuurlicht kan dus geblokkeerd worden door andere plantprocessen.

Belichtingskleur van het stuurlicht.

Gezien de berekende fytochromstatus op basis van het lampspectrum (tabel 1) is er geen verschil in effect van stuurlicht tussen behandeling B en C te verwachten. Echter een meting in het gewas liet voor 100% rood licht toch een hogere fytochromstatus zien dan voor gemengd licht (tabel 1). De rol van cryptochroom (dat juist werkt op blauw licht) op scheutuitloop is echter ook nog niet duidelijk. Als we ons baseren op de gemeten productie en de productie gedurende de winter en de zomer bij elkaar optellen, dan is er geen verschil in productie tussen behandeling B en C. Op basis hiervan kan er het beste voor 100% rood gekozen worden, omdat deze lampen energie-efficiënter zijn.

Wat niet vergeten moet worden, is dat het lichtspectrum ook een sturende rol in de acclimatisatie van het fotosynthese-apparaat van bladeren heeft. Hiervoor is niet alleen de spectrale verdeling van belang maar ook de absolute hoeveelheid per lichtkleur. Zo heeft recent onderzoek bij komkommer (zonder daglicht) aangetoond dat voor een normale fotosynthese en bladontwikkeling er 7-15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ blauw licht nodig is (Hogewoning et al., 2010). Voor volgroeide bladeren lijkt een absolute ondergrens voor blauw licht minder van belang te zijn maar 100% rood licht (zonder daglicht) versterkt wel de acclimatisatie van het fotosynthesesysteem van 'zon' naar 'schaduw' bladeren (Trouwborst et al., 2010b). In de praktijk is er door het daglicht ruim voldoende blauw licht aanwezig voor de ontwikkelende bladeren. Vooral in de winter waar de lichtintensiteit van buiten laag is en de dagen kort zijn, zal het % en de absolute hoeveelheid blauw licht dieper in het gewas erg laag zijn. Voor de oudere bladeren die dieper in het gewas zitten hoeft aanpassing van 'zon' naar 'schaduw' blad niet direct negatief te zijn. Aanpassing van 'zon' naar 'schaduw' blad kan zelfs positief zijn zolang het licht dat de bladeren krijgen niet minder efficiënt in assimilaten wordt omgezet omdat voor die bladeren ook de onderhoudsademhaling daalt (Pons en Percy, 1994).

Conclusies

- Er is een duidelijk effect van stuurlicht op extra scheutuitloop gevonden:
 - Snee 1: geen effect op extra scheutuitloop. Gezien de korte duur van de tussenbelichting voor het begin van deze snee is dit resultaat conform verwachting.
 - Snee 2: een positief effect op de scheutuitloop van 10-15%.
 - Snee 3: negatief effect op de scheutuitloop vanwege weinig tot geen LED-belichting.
- Het positieve stuurlichteffect op extra scheutuitloop wordt ondersteund door de onderzoeksliteratuur. De precieze regulatie via het fytochroom om een hoge fytochroomstatus te krijgen (via bijvoorbeeld duur van de belichting of snelheid van de nachtelijke afbraak) en hoe het fytochroom interactie vertoont met planthormonen en/of gewasmanagement is nog onbekend.

Referenties

- Clark DG, Kelly JW, Decoteaur DR.** 1991. Influence of End-of-day Red and Far-red Light on Potted Roses1. *HortScience* **26**, 218-219.
- Girault T, Bergougnoux V, Combes D, Viemont JD, Leduc N.** 2008. Light controls shoot meristem organogenic activity and leaf primordia growth during bud burst in *Rosa* sp. *Plant, Cell & Environment* **31**, 1534-1544.
- Girault T, Abidi F, Sigogne M, Pelleschi-Travier S, Boumaza R, Sakr S, Leduc N.** 2010. Sugars are under light control during bud burst in *Rosa* sp. *Plant, Cell & Environment* **33**, 1339-1350.
- Healy, H.W. and Wilkins, H.F., 1979.** The effect of light quality on rose shoot production. *HortScience*, 14: 409.
- Healy, H.W. and Wilkins, H.F., 1981.** Influence of low light intensity of red and far-red light on the growth (branching) and development (flowering) of *Rosa* Hybrid. *Roses Inc. Bull.* January, pp. 87-90.
- Hogewoning SW, Trouwborst G, Maljaars H, Poorter H, van Ieperen W, Harbinson J,** 2010. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J. Exp. Bot.* **61**, 3107-3117.
- Maas F, Bakx E.** 1994. Growth and flower development in roses as affected by light. *ISHS*, 127-134.
- Mor Y, Halevy AH.** 1980. Promotion of Sink Activity of Developing Rose Shoots by Light. *Plant Physiology.* **66**, 990-995.
- Mor Y, Halevy AH.** 1984. Dual effect of light on flowering and sprouting of rose shoots. *Physiologia Plantarum* **61**, 119-124.
- Novoplansky A, Sachs T, Cohen D, Bar R, Bodenheimer J, Reisfeld R.** 1990. Increasing plant productivity by changing the solar spectrum. *Solar Energy Materials* **21**, 17-23.
- Pons TL, Percy RW.** 1994. Nitrogen reallocation and photosynthetic acclimation in response to partial shading in soybean plants. *Physiologia Plantarum* **92**, 636-644.
- Sterk F, Marcelis L, Swinkels GJ, Warmenhoven M, Steenhuizen J, Zuurbier R, Dueck T.** 2009. *Efficiëntie van Led-belichting bij roos*. Bleiswijk: Wageningen UR Glastuinbouw., p40
- Trouwborst G, Pot SC, Schapendonk AHCM.** 2010. Haalbaarheid van LED-tussenbelichting bij roos: Praktijkonderzoek op Marjoland. Wageningen: Plant Dynamics B.V., p35.
- Trouwborst G, Hogewoning SW, Savvides A, Harbinson J, van Kooten O, van Ieperen W.** 2010b. Plasticity of photosynthesis after the 'red light syndrome'. *nog niet gepubliceerd*