

Energiezuinige gefaseerde belichting in lelie

Casper Sloopweg en Hans van Aanholt

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit
PPO nummer 32 361524 00 PT nummer 14755
September 2013

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Businessunit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 3236152400

Projectnummer PPO: 32 361524 00
Projectnummer PT: 14755



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Postbus 85, 2160AB Lisse
: Prof. Van Slogterenweg 2, 2161DW Lisse
Tel. : +31 252 462121
Fax : +31 252 462100
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	SAMENVATTING.....	5
2	INLEIDING	7
3	MATERIAAL EN METHODE	9
4	RESULTATEN	11
4.1	Realisatie faseduur.....	11
4.2	LED belichting in fase 2.....	12
4.3	Resultaten OR Santander.....	13
4.4	Resultaten LA Yellow Diamond	15
4.5	Resultaten houdbaarheid	17
5	CONCLUSIES EN DISCUSSIE	19
6	BIJLAGE 1	21
7	BIJLAGE 2.....	22

1 Samenvatting

In de bloemeteelt van lelies wordt in de wintermaanden belicht voor een goede kwaliteit. De lichtbehoefte van de planten is waarschijnlijk niet de hele trekduur gelijk. In de praktijk wordt aan het einde van de teelt vaak al minder licht gegeven. Fase-afhankelijke belichting zou energie kunnen besparen.

In dit onderzoek is de teelt van lelies in 4 fasen opgedeeld.

De eerste fase vond steeds plaats in een klimaatcel bij 9°C en duurde bij beide onderzochte cultivars twee weken. In de tweede fase stond een deel van de planten in een klimaatcel met LED verlichting, in een combinatie van 50% rood en 50% blauw licht. De andere planten stonden in de kas bij 3000 of 6000 lux SON/T licht. In de derde fase stonden alle planten in de kas bij 6000 of 9000 lux en in de 4^e en laatste fase kregen de planten 3000 of 6000 lux SON/T. In totaal leverde dit 12 combinaties op.

Het onderzoek is uitgevoerd met twee cultivars: de Oriëntal Santander en de LA Yellow Diamond. De bollen zijn in november geplant. De geogste takken zijn beoordeeld op kwaliteit en houdbaarheid.

Uit dit onderzoek bleek dat er fase afhankelijke effecten van de belichtingsintensiteit zijn, maar minder licht leidde altijd tot slappere takken en een langere kasperiode.

Bij Santander leidde minder licht tijdens de laatste fase tot een besparing van 20% aan input van lichtenergie. De trekduur werd 2 dagen langer en de takken iets korter. Minder licht in de tweede fase (begin van de kasperiode) leidde tot minder besparing (7%) en een twee dagen langere trekduur. Als zowel aan het begin van de kasperiode, als aan het einde minder licht werd gegeven was de totale besparing aan lichtenergie 25%, met een 2 dagen langere trekduur en 5cm kortere takken. Een regime waarbij aan het begin en aan het eind minder licht werd gegeven, met in de tussenliggende fase een hogere intensiteit, leidde tot een gelijk energieverbruik en gelijke kwaliteit.

Bij Yellow Diamond leidde minder licht tijdens de laatste fase tot een besparing van 5% aan input van lichtenergie. De trekduur werd 1 dag langer en er trad twee maal zoveel knopval op (bijna 1 knop per tak) als in de controle. Minder licht in de tweede fase leidde tot 15% besparing, een 7 dagen langere trekduur en 5cm langere takken. Als zowel aan het begin van de kasperiode, als aan het einde minder licht werd gegeven was de totale besparing aan lichtenergie 20%, met een 6 dagen langere trekduur en 4cm langere takken. Een regime waarbij aan het begin en aan het eind minder licht werd gegeven, maar in de tussenliggende fase meer licht leidde tot een gelijk energieverbruik, 1 dag langere trekduur en een gelijke kwaliteit als de controle.

Het gebruik van LED belichting in het begin van de teelt leidde tot een korter gewas. De verlenging van de trekduur ten opzichte van de standaard belichting was gelijk aan die wanneer in deze fase een lage intensiteit SON/T werd gebruikt. Er trad echter bij de LA hybride aan het einde van de teelt meer knopval op wanneer er in het begin van de teelt LED belichting in de gebruikte combinatie van rood en blauw werd ingezet.

De economische voordelen van fase-afhankelijk belichten verschillen per bedrijfsinrichting.

Een lagere lichtintensiteit blijkt steeds te leiden tot een langere trekduur. De totale input van lichtenergie is dan nog wel steeds lager, maar een langere kasperiode kost meer energie voor verwarming. Op basis van het lichtmodel van PPO is in de periode waarin dit onderzoek is uitgevoerd het gasverbruik voor één dag kasverwarming ongeveer 5 MJ/m² en de energie-input voor (standaard)belichting 6 MJ/m². Bijvoorbeeld een halvering van de lichtintensiteit in de laatste fase van de broei van Santander kost dan 10 MJ/m² extra aan verwarming door een twee dagen langere trekduur, maar bespaart ongeveer 110 MJ/m² aan input van lichtenergie.

Websamenvatting

In dit onderzoek is de teelt van lelies in 4 fasen opgedeeld. In deze fasen zijn verschillende lichtintensiteiten met SON-T belichting toegepast. Daarnaast zijn behandelingen met LED belichting uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd met twee cultivars: de Oriëntal Santander en de LA Yellow Diamond. Uit dit onderzoek bleek dat er fase afhankelijke effecten van de belichtingsintensiteit zijn, maar minder licht leidde wel altijd tot slappere takken en een langere kasperiode.

Het gebruik van LED belichting in het begin van de teelt leidde tot een korter gewas. De verlenging van de trekduur ten opzichte van de standaard belichting was gelijk aan die wanneer in deze fase een lage intensiteit SON/T werd gebruikt.

Een lagere lichtintensiteit blijkt steeds te leiden tot een langere trekduur. De totale input van lichtenergie is dan nog wel steeds lager, maar een langere kasperiode kost meer energie voor verwarming. Berekening toont aan dat dit toch een energiebesparing kan opleveren.

2 Inleiding

De teelt van de lelies in de kas wordt door telers vaak opgedeeld in verschillende fasen.

Een mogelijke opdeling is als volgt:

- 1^e fase, vanaf planten tot spreiden van het blad (2 tot 3 weken)
- 2^e fase, vanaf spreiden blad tot moment eerste knoppen zichtbaar (4 tot 6 weken)
- 3^e fase, vanaf knoppen zichtbaar tot volgroeide oogstbare knoppen (2 tot 4 weken)
- 4^e fase, oogstperiode vanaf begin tot einde oogst (1 tot 2 weken)

Er zijn echter in de ontwikkeling van de planten in de kas geen duidelijke grenzen van fasen te geven; de bloemtak is bij het planten al vrijwel volledig ontwikkeld en de knoppen worden meestal vlak na het planten aangelegd. Dit is dus duidelijk anders dan bij andere gewassen die bijvoorbeeld tijdens de teelt een vegetatieve en generatieve fase kennen.

Tijdens de eerste fase staan de kisten met planten meestal in een klimaatcel, waar de beworteling en de eerste strekking plaatsvindt, waarna de planten in de kas worden uitgezet. Slechts een klein deel van de lelies (Longiflorums) worden direct in de kas geplant.

De meeste broeiers belichten, afhankelijk van het type lelie, tijdens de 2^e, 3^e en 4^e fase, 12-16 uur (Orientals) tot 20-24 uur (Aziaten) per dag met SON-T belichting. Mogelijk kunnen de lelies in één van deze fasen, afhankelijk van het lelietype, met minder licht in bloei getrokken worden zonder kwaliteitsverlies. Dit zou een aanzienlijke energiebesparing kunnen opleveren.

Uit PPO-onderzoek naar het voortrekken van lelies onder LED is bekend geworden dat lelies, uit de groep van de Orientals, de Aziaten en de Longiflorums de eerste 6 weken van de groei die normaal in de kas plaatsvindt (2^e fase) onder 50 μmol (\pm 3500 lux) rode of blauwe LED in de cel voorgetrokken kunnen worden. De takkwaliteit is dan min of meer vergelijkbaar met de takkwaliteit van de lelies die de hele periode in de kas hebben gestaan.

Aziatische lelies worden in de wintermaanden vooral belicht om knopval tegen te gaan. De minimale lichtbehoefte voor Aziatische hybriden is \pm 300 Watt.uur/m² (PAR-licht). Door 20 uur te belichten met minimaal 3000 lux SON/T-licht plus daglicht wordt hieraan voldaan. Leliebroeiers gebruiken tegenwoordig vaak de dubbele lichtintensiteit in de 2^e, 3^e en 4^e fase voor een betere takkwaliteit.

Oriëntals en Longiflorums zijn minder knopvalgevoelig dan Aziaten. Onbelichte lelies in de wintermaanden zijn echter slap en de bladkleur laat te wensen over. De trekduur van onbelichte lelies is te lang. Om deze redenen worden Oriëntals 's winters, in de 2^e, 3^e en 4^e fase 12 tot 16 uur bijbelicht met een SON/T-lichtintensiteit van 85 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (\pm 6000 lux).

Door PPO is een bedrijfseconomisch belichtingsmodel ontwikkeld dat het effect van het lichtniveau, de belichtingsduur en de kastemperatuur op de takkwaliteit laat zien. Een leliebroeier kan met dit model in verschillende jaargetijden bepalen welk licht- en temperatuurregime de beste takkwaliteit geeft tegen zo laag mogelijke energiekosten. Uit dit onderzoek is bekend geworden dat het optimale lichtniveau, voor lelies in najaar, winter en voorjaar, in de 2^e, 3^e en 4^e fase, 85 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (\pm 6000 lux) is. Er is in dat onderzoek echter niet gekeken naar de lichtbehoefte in de verschillende fasen van de teelt in de kas.

Dit rapport beschrijft het onderzoek dat is uitgevoerd om antwoord te krijgen op de vraag of lelies in de verschillende fasen van hun ontwikkeling een verschillende lichtbehoefte hebben en of dit eventuele verschil benut kan worden om energie te besparen.

3 Materiaal en methode

De gebruikte cultivars zijn:

- OR Santander 16-18, 8 bollen per kist, plantdatum 12 november
- LA Yellow Diamond 16-18, 12 bollen per kist, plantdatum 26 november

Er zijn 5 kisten per behandeling gebruikt. In de kas werden deze kisten steeds omgeven door randkisten met dezelfde cultivar.

De voortreffase (fase 1) bedroeg steeds 2 weken bij 9°C in het donker.

De omstandigheden in de kas waren:

- OR: kasttemperatuur 16°C, met een belichtingsperiode van 16 uur per etmaal.
- LA: kasttemperatuur 14°C, met een lichtperiode van 20 uur per etmaal.

De 2^e fase vond deels plaats onder LED belichting in een klimaatcel. De temperatuur was gelijk aan de ingestelde kasttemperatuur en de daglengte gelijk aan die van de belichtingsperiode in de kas.

De LED verlichting bestond uit een combinatie van 50% rood en 50% blauw licht, met een intensiteit van 50µmol/m²/s; dit komt overeen met ongeveer 3000 lux SON/T.

De teeltfasen werden vooraf gedefinieerd als:

Fasen LA:

- 1^e fase vanaf planten tot spreiden van het blad 2 - 3 weken
- 2^e fase vanaf spreiden blad tot eerste knoppen zichtbaar 4 - 6 weken
- 3^e fase vanaf knoppen zichtbaar tot oogstbare knoppen 2 - 4 weken
- 4^e fase oogstperiode vanaf begin tot einde oogst 1 - 2 weken

Fasen OR:

- 1^e fase (cel) tot spruit van 4 cm ±2 wk
- 2^e fase 4 cm tot 25 cm ±3 wk
- 3^e fase 25 cm t/m knoppen goed los ±8 wk
- 4^e fase knoppen goed los t/m oogsten ±3 wk

De werkelijke overzetmomenten werden tijdens de uitvoering in samenspraak met de BCO vastgesteld (zie resultaten).

De behandelingen waren als volgt:

Beh	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
1	Cel, donker	LED	6000 lux	3000 lux
2	Cel, donker	LED	6000 lux	6000 lux
3	Cel, donker	LED	9000 lux	3000 lux
4	Cel, donker	LED	9000 lux	6000 lux
5	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	3000 lux
6	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	6000 lux
7	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	3000 lux
8	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	6000 lux
9	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	3000 lux
10	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	6000 lux
11	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	3000 lux
12	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	6000 lux

Van de oogstrijpe takken werden lengte en gewicht gemeten, het aantal knoppen geteld en de takken werden beoordeeld op stevigheid, knopval en eventuele afwijkingen.

Van 10 takken werd, na standaard transportsimulatie, de houdbaarheid bepaald.

4 Resultaten

4.1 Realisatie faseuur

De gerealiseerde duur van de verschillende fasen was:

OR Santander, plantdatum 12 nov

- Fase 1: 15 dagen
- Fase 2: 13 dagen
- Fase 3: 43 dagen
- Fase 4: 35 dagen
-

LA Yellow Diamond, plantdatum 26 nov

- Fase 1: 15 dagen
- Fase 2: 28 dagen
- Fase 3: 34 dagen
- Fase 4: 11 dagen

De input aan lichtenergie in percentage van de standaard belichting van 6000 lux in elke fase staat in tabel 1 en 2.

Tabel 1. Input lichtenergie van de verschillende behandelingen als percentage van de standaardbehandeling met 6000 lux in fase 2 t/m 4. Cultivar Santander.

Beh	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Input lichtenergie in % t.o.v. standaard
1	Cel, donker	LED	6000 lux	3000 lux	79
2	Cel, donker	LED	6000 lux	6000 lux	98
3	Cel, donker	LED	9000 lux	3000 lux	102
4	Cel, donker	LED	9000 lux	6000 lux	122
5	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	3000 lux	75
6	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	6000 lux	93
7	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	3000 lux	98
8	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	6000 lux	115
9	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	3000 lux	81
10	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	6000 lux	100
11	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	3000 lux	104
12	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	6000 lux	122

Tabel 2. Input lichtenergie van de verschillende behandelingen als percentage van de standaardbehandeling met 6000 lux in fase 2 t/m 4. Cultivar Yellow Diamond.

Beh	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Input lichtenergie in % t.o.v. standaard
1	Cel, donker	LED	6000 lux	3000 lux	89
2	Cel, donker	LED	6000 lux	6000 lux	100
3	Cel, donker	LED	9000 lux	3000 lux	111
4	Cel, donker	LED	9000 lux	6000 lux	118
5	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	3000 lux	80
6	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	6000 lux	86
7	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	3000 lux	100
8	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	6000 lux	105
9	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	3000 lux	95
10	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	6000 lux	100
11	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	3000 lux	118
12	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	6000 lux	120

4.2 LED belichting in fase 2

LED belichting in de tweede fase had een groot effect op de groei; belichting met LED zorgde voor een korter gewas dan belichting met 3000 lux SON/T.

In tabel 3 is de globale gewaslangte (cm) van de LA Yellow Diamond aan het einde van fase 2 weergegeven.

Tabel 3. Globale gewaslangte van LA Yellow Diamond, aan het einde van fase 2.

Beh	Fase 1	Fase 2	Gewaslangte eind fase 2
1	Cel, donker	LED	45
2	Cel, donker	LED	45
3	Cel, donker	LED	45
4	Cel, donker	LED	45
5	Cel, donker	3000 lux	65
6	Cel, donker	3000 lux	65
7	Cel, donker	3000 lux	65
8	Cel, donker	3000 lux	65
9	Cel, donker	6000 lux	70
10	Cel, donker	6000 lux	70
11	Cel, donker	6000 lux	70
12	Cel, donker	6000 lux	70

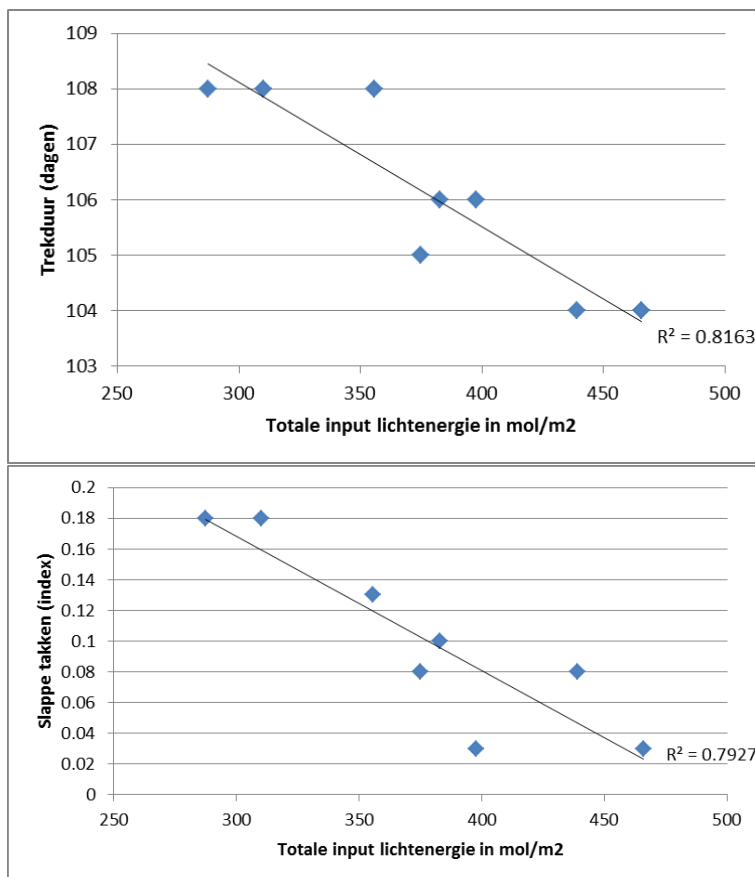
Het gebruik van LED verlichting in fase 2 zorgde voor een langere trekduur. De OR Santander liet een gelijkwaardig effect zien.

4.3 Resultaten OR Santander

Alle meetgegevens staan in Bijlage 1.

Als de LED behandeling buiten beschouwing wordt gelaten was er:

- Een sterk verband tussen totaal mol/m² gedurende de hele teelt en:
 - Trekduur
 - Slappe takken
- Geen verband tussen totaal mol/m² en:
 - Takgewicht
 - Taklengte
 - Goede knoppen
 - Bladverbranding



Figuur 1. Verband tussen input lichtenergie en trekduur en slappe takken bij OR Santander.

Hieronder worden de resultaten van de verschillende behandelingen (buiten de LED behandelingen) vergeleken met een standaard belichting van 6000 lux SON/T in elke fase, zoals nu op veel bedrijven wordt toegepast. Alleen de statistisch betrouwbare verschillen t.o.v. deze standaard worden besproken.

- Cel - 6000 – 6000 – 3000:
 - 20% besparing in input van lichtenergie
 - 2 dagen langere trekduur
 - 4cm korter
- Cel - 3000 – 6000 – 6000:
 - 7% besparing in input van lichtenergie
 - 2 dagen langere trekduur
- Cel - LED – 6000 – 6000:
 - iets minder energieverbruik
 - 3 dagen langere trekduur
 - Gelijke kwaliteit
- Cel - 3000 – 6000 – 3000:
 - 25% besparing in input van lichtenergie
 - 2 dagen langere trekduur
 - 5cm korter
- Cel - 3000 – 9000 – 3000:
 - Gelijk energieverbruik
 - Gelijke kwaliteit

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat er veel energie bespaard kan worden door in de laatste (lange) fase met een lagere intensiteit te belichten. De effecten op trekduur en kwaliteit zijn relatief klein.

Minder licht in de tweede fase geeft minder besparing en levert toch ook een tragere groei op. LED belichting in de tweede fase gaf een vergelijkbaar resultaat als 3000 lux SON/T belichting in deze fase.

Minder licht in de tweede en laatste fase geeft de meeste besparing maar een tragere groei en een korter gewas.

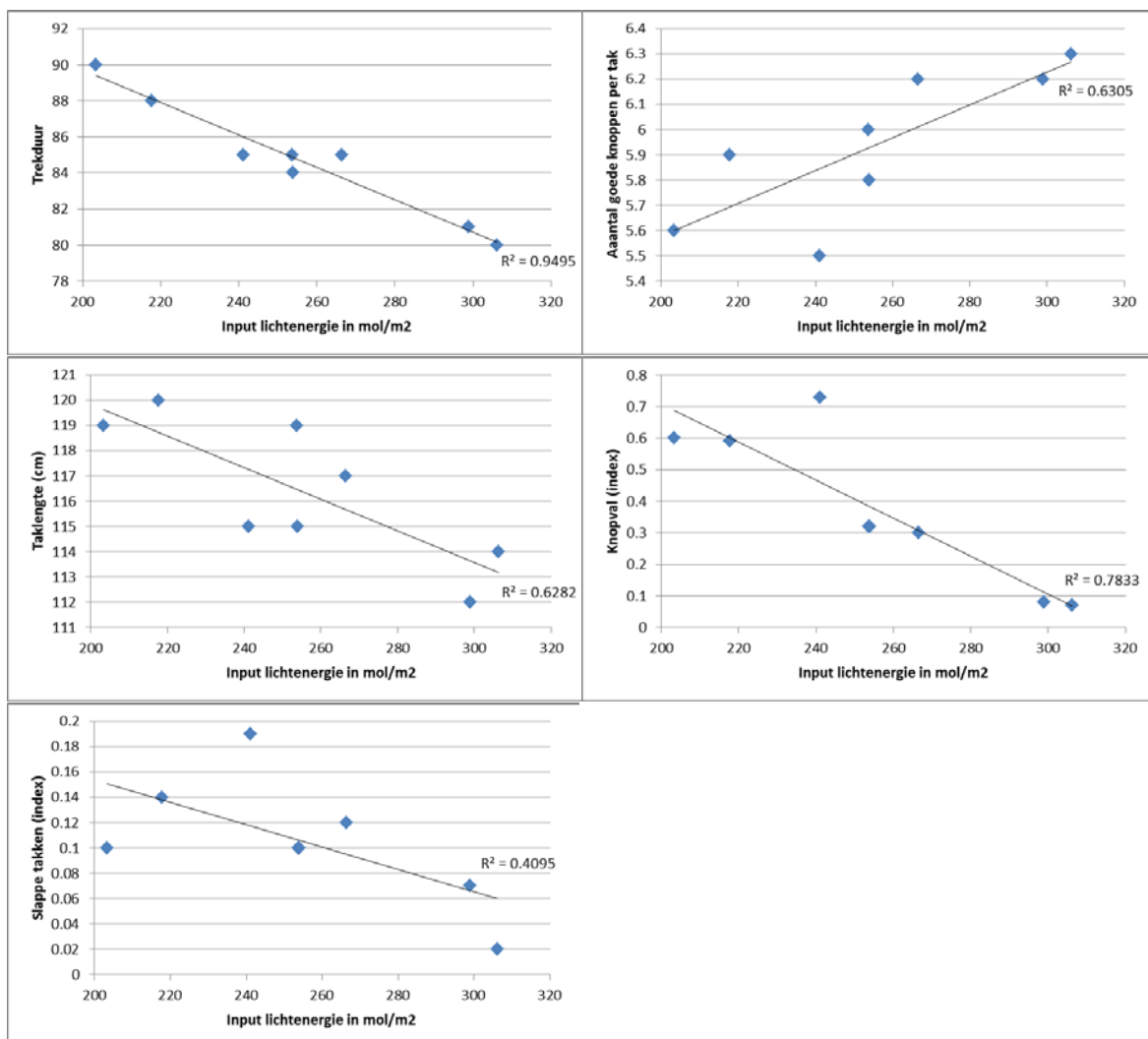
Een andere verdeling van het licht: lagere intensiteit in fase 2 en 4 en een hogere intensiteit in fase 3 gaf een gelijk energieverbruik en gelijke kwaliteit.

4.4 Resultaten LA Yellow Diamond

Alle meetgegevens staan in bijlage 2.

Als de LED behandeling buiten beschouwing wordt gelaten was er:

- Een sterk verband tussen totaal mol/cm en:
 - Trekduur
 - Goede knoppen
 - Taklengte
 - Knopval
 - Slappe takken
- Geen verband tussen totaal mol/cm en:
 - Bladverbranding



Figuur 2. Verband tussen input lichtenergie en trekduur, aantal goede knoppen, taklengte, knopval index en index slappe takken. LA Yellow Diamond.

Dat niet alle punten op de regressielijn liggen is een gevolg van het verschil in plantreactie tussen de lichtinput in de verschillende fasen. Hieronder wordt het effect van de verschillende strategieën besproken.

Hieronder worden de resultaten van de verschillende behandelingen (buiten de LED behandelingen) vergeleken met een standaard belichting van 6000 lux SON/T in elke fase, zoals nu op veel bedrijven wordt toegepast. Alleen de statistisch betrouwbare verschillen t.o.v. deze standaard worden besproken.

- Cel - 6000 – 6000 – 3000:
 - 5% besparing in input van lichtenergie
 - 1 dag langere trekduur
 - Twee maal zoveel knopval
- Cel - 3000 – 6000 – 6000:
 - 15% besparing in input van lichtenergie
 - 7 dagen langere trekduur
 - 5cm langer
- Cel - LED – 6000 – 6000:
 - Iets minder energieverbruik
 - 9 dagen langere trekduur
 - Minder knoppen, meer knopval, lichter, korter
- Cel - 3000 – 6000 – 3000:
 - 20% besparing in input van lichtenergie
 - 6 dagen langere trekduur
 - 4cm langer
 - Iets meer knopval
- Cel - 3000 – 9000 – 3000:
 - Gelijk energieverbruik
 - 1 dag langere trekduur
 - Gelijke kwaliteit

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat een lagere lichtintensiteit in de laatste fase een geringe besparing gaf. Deze laatste fase is bij de LA dan ook relatief kort gekozen, omdat de plant in gevoelig is voor knopval door gebrek aan licht. Toch heeft ook deze relatief korte periode met minder licht aan het eind van de teelt meer knopval gegeven.

Minder licht in de tweede fase geeft meer besparing, maar maakt de trekduur een stuk langer, LED belichting in deze fase zorgde voor het optreden van meer knopval.

Een lagere intensiteit in de tweede en laatste fase geeft veel besparing, maar een lange trekduur, langere takken en meer knopval.

Een andere verdeling van het licht (minder in fase 2 en 4, meer in fase 3) gaf ongeveer een gelijk energieverbruik, gelijke trekduur en kwaliteit.

4.5 Resultaten houdbaarheid

Alle resultaten van de houdbaarheid van de geogoste takken staan in bijlage 2.

Het vaasleven van de geogoste takken was over het algemeen goed, zonder grote verschillen in houdbaarheid.

Er was wel een lichte trend zichtbaar van een effect van de lichtintensiteit in de laatste fase; 6000 lux in de laatste fase gaf, in vergelijking met 3000 lux vaak een langer vaasleven en minder knopval tijdens het vaasleven.



Foto 1. Overzicht kasafdelingen



Foto 2. Fase 2 onder LED belichting

5 Conclusies en discussie

Uit dit onderzoek bleek dat er fase afhankelijke effecten van de belichtingsintensiteit zijn, maar minder licht leidde altijd tot slappere takken en een langere kasperiode.

Bij Santander leidde minder licht tijdens de laatste fase tot een besparing van 20% aan input van lichtenergie. De trekduur werd 2 dagen langer en de takken iets korter. Minder licht in de tweede fase (begin van de kasperiode) leidde tot minder besparing (7%) en een twee dagen langere trekduur. Als zowel aan het begin van de kasperiode, als aan het einde minder licht werd gegeven was de totale besparing aan lichtenergie 25%, met een 2 dagen langere trekduur en 5cm kortere takken. Een regime waarbij aan het begin en aan het eind minder licht werd gegeven, met in de tussenliggende fase een hogere intensiteit, leidde tot een gelijk energieverbruik en gelijke kwaliteit.

Bij Yellow Diamond leidde minder licht tijdens de laatste fase tot een besparing van 5% aan input van lichtenergie. De trekduur werd 1 dag langer en er trad twee maal zoveel knopval op (bijna 1 knop per tak) als in de controle. Minder licht in de tweede fase leidde tot 15% besparing, een 7 dagen langere trekduur en 5cm langere takken. Als zowel aan het begin van de kasperiode, als aan het einde minder licht werd gegeven was de totale besparing aan lichtenergie 20%, met een 6 dagen langere trekduur en 4cm langere takken. Een regime waarbij aan het begin en aan het eind minder licht werd gegeven, maar in de tussenliggende fase meer licht leidde tot een gelijk energieverbruik, 1 dag langere trekduur en een gelijke kwaliteit als de controle.

Minder input van lichtenergie leidde altijd tot een langere trekduur. Dit kan twee oorzaken hebben: de ontwikkeling van de plant kan trager verlopen bij minder licht (minder productie van assimilaten), of het is een effect van de temperatuur; de planttemperatuur is lager bij minder instraling. Er is in eerder onderzoek aangetoond dat de trekduur van lelies vooral bepaald wordt door de temperatuur. De langere trekduur als gevolg van minder licht zou dus gecompenseerd kunnen worden door een hogere kastemperatuur. Het is echter mogelijk dat een combinatie van minder licht en een hogere temperatuur een negatieve invloed heeft op de kwaliteit.

Minder belichten leidde in dit onderzoek vrijwel altijd tot slappere takken. Dit is een belangrijk kwaliteitskenmerk. Een lagere plantdichtheid kan dit compenseren, maar dat maakt het energieverbruik per geogste tak weer hoger.

Het gebruik van LED belichting in het begin van de teelt leidde tot een korter gewas. Dit is een gevolg van het stuurlichteffect van de gebruikte LED lampen. In eerder onderzoek is aangetoond dat een langere daglengte een langer gewas opleverde; mogelijk dat een langere dag, met de gebruikte LED lampen dit effect ook heeft. De verlenging van de trekduur ten opzichte van de standaard belichting was gelijk aan die wanneer in deze fase een lage intensiteit SON/T werd gebruikt. Er trad echter bij de LA hybride aan het einde van de teelt meer knopval op wanneer er in het begin van de teelt LED belichting in de gebruikte combinatie van rood en blauw werd ingezet. De oorzaak van dit 'uitgestelde' effect is onduidelijk, maar in eerder onderzoek werd een vergelijkbaar effect gevonden. LED belichting kan op bedrijven goed ingezet worden in een meerlagenteelt in de kas, waarbij de planten de eerste fase in de kas in de onderste laag onder LED belichting staan. Deze toepassing leidt tot een sterke reductie van het energieverbruik voor verwarming. De inzet van LED belichting in de leliebroei verdient daarom nader onderzoek.

De afbakening van de fasen is arbitrair, omdat er geen fysiologische overgang aan ten grondslag ligt. De uiterlijke kenmerken zijn echter goed te beschrijven. De duur van de verschillende fasen zal echter voor verschillende (groepen van) cultivars verschillend zijn, omdat rekening gehouden moet worden met verschillen in knopvalgevoeligheid.

De economische voordelen van fase-afhankelijk belichten verschillen per bedrijfsinrichting. Een lagere lichtintensiteit blijkt steeds te leiden tot een langere trekduur. De totale input van lichtenergie is

dan nog wel steeds lager, maar een langere kasperiode kost meer energie voor verwarming. De kosten van compensatie van de trekduurverlenging door verhoging van de kastemperatuur zijn afhankelijk van de bedrijfsverschillen in kosten van elektriciteit ten opzichte van warmte (wordt de elektriciteit voor de belichting zelf opgewekt, waarbij de restwarmte gebruikt wordt voor kasverwarming, of betrokken van het net). Op basis van het lichtmodel van is in de periode waarin dit onderzoek is uitgevoerd het gasverbruik voor één dag kasverwarming ongeveer 5 MJ/m² en de energie-input voor (standaard)belichting 6 MJ/m². Bijvoorbeeld een halvering van de lichtintensiteit in de laatste fase van de broei van Santander kost dan 10 MJ/m² extra aan verwarming door een twee dagen langere trekduur, maar bespaart ongeveer 110 MJ/m² aan input van lichtenergie. Het lichtmodel is o.a. te downloaden via:

<http://www.vakbladvoordebloemisterij.nl/artikelen/246/kosten-van-belichting-lelie-berekenen> .

6 Bijlage 1

OR Santander

Beh	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	totale input mol/cm	trekduur dagen	Aantal Goede knoppen	Takgewicht gram	Taklengte cm	slappe takken index
1	Cel, donker	LED	6000 lux	3000 lux	304	112 e	3.8 b	145 ab	105 bc	0.22 c
2	Cel, donker	LED	6000 lux	6000 lux	374	109 d	3.6 ab	150 abc	109 de	0.13 abc
3	Cel, donker	LED	9000 lux	3000 lux	389	109 cd	3.6 ab	152 abc	112 e	0.11 abc
4	Cel, donker	LED	9000 lux	6000 lux	466	108 cd	3.6 ab	153 bc	107 cd	0.05 ab
5	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	3000 lux	287	108 cd	3.7 ab	141 a	102 a	0.18 bc
6	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	6000 lux	356	108 cd	3.8 b	156 c	107 cd	0.13 abc
7	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	3000 lux	375	105 b	3.7 b	145 ab	106 bc	0.08 ab
8	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	6000 lux	439	104 a	3.8 ab	153 bc	105 bc	0.08 ab
9	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	3000 lux	310	108 c	3.7 ab	144 ab	103 ab	0.18 bc
10	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	6000 lux	383	106 b	3.5 a	148 abc	107 cd	0.1 abc
11	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	3000 lux	397	106 b	3.8 ab	143 ab	101 a	0.03 a
12	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	6000 lux	466	104 a	3.8 ab	153 bc	103 ab	0.03 a

LA Yellow Diamond

Beh	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	totale input mol/cm	trekduur dagen	Aantal Goede knoppen	Takgewicht gram	Taklengte cm	slappe takken index	knopval, aantal/tak
13	Cel, donker	LED	6000 lux	3000 lux	226	93 i	5.4 ab	154 a	113 cde	0.1 abc	0.67 cd
14	Cel, donker	LED	6000 lux	6000 lux	255	93 i	5.2 ab	154 a	113 cd	0.1 abc	0.98 d
15	Cel, donker	LED	9000 lux	3000 lux	283	90 h	5.6 abc	166 bcd	111 b	0.1 abc	0.73 cd
16	Cel, donker	LED	9000 lux	6000 lux	300	89 g	5.6 bcd	159 abc	107 a	0.09 abc	0.53 bc
17	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	3000 lux	203	90 h	5.6 abcd	160 abc	119 h	0.1 abc	0.6 bc
18	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	6000 lux	218	88 f	5.9 cde	166 cd	120 h	0.14 bc	0.59 bc
19	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	3000 lux	254	85 d	6 def	162 bc	119 h	0.1 abc	0.32 ab
20	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	6000 lux	267	85 e	6.2 ef	162 bc	117 g	0.12 abc	0.3 ab
21	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	3000 lux	241	85 de	5.5 abc	157 ab	115 fg	0.19 c	0.73 cd
22	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	6000 lux	254	84 c	5.8 cde	164 bcd	115 efg	0.1 abc	0.32 ab
23	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	3000 lux	299	81 b	6.2 ef	162 abc	112 bc	0.07 ab	0.08 a
24	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	6000 lux	306	80 a	6.3 f	171 d	114 def	0.02 a	0.07 a

7 Bijlage 2

OR Santander

Beh	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	Vaasleven dagen	Dagen tot 50% vergeling
1	Cel, donker	LED	6000 lux	3000 lux	11.3 ab	7.1 cde
2	Cel, donker	LED	6000 lux	6000 lux	11.4 ab	6.8 cde
3	Cel, donker	LED	9000 lux	3000 lux	11.1 ab	7.7 e
4	Cel, donker	LED	9000 lux	6000 lux	11.2 ab	7.3 de
5	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	3000 lux	10.9 ab	6.5 bcd
6	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	6000 lux	11.6 ab	6.6 bcde
7	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	3000 lux	11.0 ab	6.6 bcde
8	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	6000 lux	12.1 b	6.1 abc
9	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	3000 lux	10.4 a	5.6 ab
10	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	6000 lux	10.8 a	6.3 abcd
11	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	3000 lux	11.4 ab	6.6 bcde
12	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	6000 lux	11.1 ab	5.3 a

LA Yellow Diamond

Beh	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	Vaasleven dagen	Dagen tot 50% bladvergelting	Aantal verdroogde knoppen
13	Cel, donker	LED	6000 lux	3000 lux	10.3 ab	4.9 def	1.9 b
14	Cel, donker	LED	6000 lux	6000 lux	11.1 abc	3.9 abcd	1.3 ab
15	Cel, donker	LED	9000 lux	3000 lux	9.8 a	3.1 a	1.6 ab
16	Cel, donker	LED	9000 lux	6000 lux	11.6 bc	4.2 bcde	1.0 a
17	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	3000 lux	9.8 a	3.6 abc	1.5 ab
18	Cel, donker	3000 lux	6000 lux	6000 lux	10.8 abc	4.6 cdef	1.2 ab
19	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	3000 lux	9.7 a	5.1 ef	1.9 b
20	Cel, donker	3000 lux	9000 lux	6000 lux	10.6 ab	3.4 ab	1.1 ab
21	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	3000 lux	11.1 abc	3.5 ab	1.4 ab
22	Cel, donker	6000 lux	6000 lux	6000 lux	10.1 a	4.9 def	1.5 ab
23	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	3000 lux	10.2 ab	5.6 f	1.1 ab
24	Cel, donker	6000 lux	9000 lux	6000 lux	12.2 c	5.1 ef	0.9 a