

Afbakening en testen van het lichtspectrum voor optimale assimilatiebelichting in kassen

Fase 2: Kasproef

Ernst van Rijssel, Nollie Marissen, PPO Glastuinbouw
Sander Pot, Philips Lighting



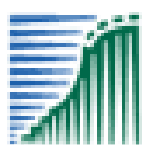
© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr.; €

Dit onderzoek is gefinancierd door:



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**

PT Projectnummer: 12181

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Glastuinbouw**

Adres : Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. : 0297 35 25 25
Fax : 0297 35 27 70
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

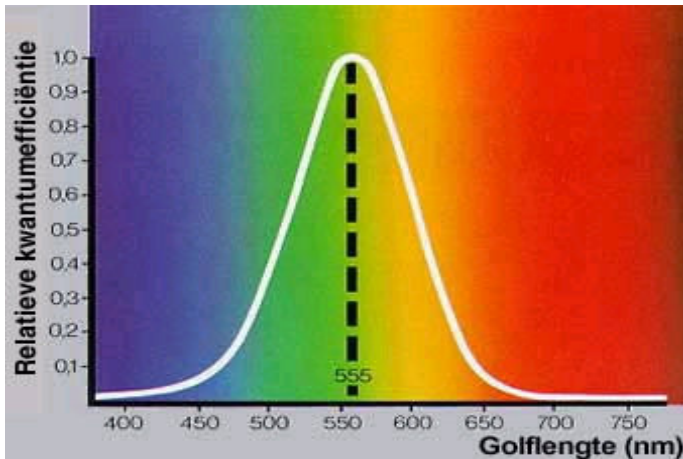
1	INLEIDING	5
1.1	Probleemstelling	5
1.2	Literatuurstudie in Fase 1	6
1.3	Kasproef in Fase 2	6
1.4	Doelstelling voor Fase 2	6
2	MATERIAAL EN METHODEN	8
2.1	De kassen en de belichtingsinstallatie	8
2.1.1	Kasindeling	8
2.1.2	Lampophanging en belichtingsniveau	8
2.1.3	Kasklimaat	9
2.2	De teelt	9
2.2.1	Tomaat cv Armada	9
2.2.2	Roos	9
2.2.3	Chrysanthe	10
2.2.4	Lelie cv Corso (oriëntal type)	10
2.2.5	Begonia cv Carnaval	10
2.2.6	Ficus Benjimini	10
3	RESULTATEN EN DISCUSSIE	12
3.1	Lichtsommen	12
3.2	Productie en groei van de gewassen	13
3.2.1	Tomaat	13
3.2.2	Roos	14
3.2.3	Chrysanthe	15
3.2.4	Lelie	16
3.2.5	Begonia	17
3.2.6	Ficus	18
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	20
4.1	Conclusies	20
4.2	Aanbevelingen	20
	BIJLAGE 1	22

1 Inleiding

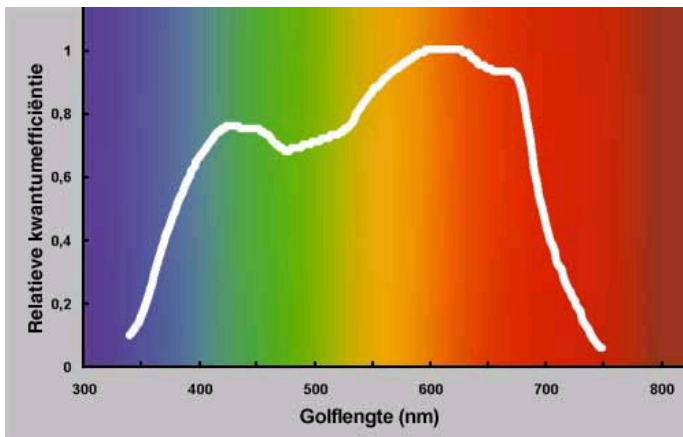
1.1 Probleemstelling

De huidige Hogedruk Natrium assimilatielampen voor de glastuinbouw zijn lampen die ontwikkeld zijn voor, of direct afgeleid van, de straatverlichting, dus voor menselijk gebruik. Ze zijn daardoor efficiënt in de productie van lumen per Watt en in levensduur. Aangezien de ooggevoeligheid en de plantgevoeligheid voor licht eenzelfde traject beslaat van straling met golflengten tussen 400 en 700 nm zijn deze lampen ook goed bruikbaar voor belichting van tuinbouwgewassen, hoge lichtopbrengst in $\mu\text{mol}/\text{kWh}$. De Hogedruk Natriumlamp is vrijwel uitontwikkeld waardoor er in de komende tien jaar slechts weinig vooruitgang in gebruiksrendement van mag worden verwacht.

Het verschil in gevoeligheid tussen ons oog en de plant ligt in de veel grotere gevoeligheid van planten meer naar de randen van het zichtbare licht (golflengte 400-700 nm), zie figuur 1 a en b.



Figuur 1a. De gevoeligheid van het menselijk oog voor licht in de golflengten tussen 400 en 700 nanometer. (Bron: Philips-website)



Figuur 1b. De gevoeligheid van planten voor licht in de golflengten tussen 400 en 700 nanometer. (Bron: Philips-website)

Die grotere gevoeligheid van planten voor het blauwe en rode licht biedt mogelijkheden om een efficiëntere lamp te ontwikkelen met een nog hogere lichtopbrengst in $\mu\text{mol}/\text{W}$. De sterk groeiende markt voor assimilatielampen maakt het ook economisch interessant om specifieke groeilichtlampen te ontwikkelen. Een nieuw type lamp stelt de weg open naar een verdere optimalisering van de assimilatiebelichting in de glastuinbouw. Snelle introductie is zeer gewenst omdat een ander perspectief, de LED-verlichting, naar verwachting over 10 tot 15 jaar op de markt zal kunnen verschijnen. Deze termijn is echter te lang om nu al te bezuinigen op de verdere ontwikkeling van assimilatielampen. Snelle vergaring en publicatie van kennis omtrent het gewenste spectrum van assimilatieverlichting is nodig om de lampenfabrikanten te ondersteunen bij de

verdere ontwikkeling van steeds efficiëntere assimilatielampen.

Een interessant nevenaspect van specifieke groeilampen is dat de verhouding licht/groei (lumen/ μmol) aanzienlijk verlaagd zou kunnen worden. Dit zou betekenen dat de hinder van lichtuitstraling vanuit belichte kassen kan verminderen, minder lumen. Wel kan daarbij dan de kleur van het uitgestraalde licht veranderen.

In de nu urgente discussie over beperking van de uitstraling van belichte kassen worden 3 wegen aangegeven waarlangs de uitstraling op korte termijn kan worden teruggedrongen: 1. afscherming, 2. hogere energie-efficiëntie van de lampen en 3. gunstiger verhouding tussen lichtopbrengst in $\mu\text{mol/lumen}$. Lampenfabrikanten kunnen bij verdere ontwikkelingen op zowel op punt 2 als punt 3 scoren.

Het gewenste spectrum van nieuwe lampen dient te worden afgestemd op de gewenste lichtkwaliteit zoals aangegeven bij de lichtkwaliteitseisen zoals aangegeven in het project 'Maximaal gebruik van natuurlijk licht' (Silke Hemming et al). De huidige wens gaat in de richting van meer blauw dan in de huidige SON lampen en behoudt een hoge rood/verrood verhouding in het stralingsspectrum.

Op basis van deze kennis, aangevuld met de resultaten van een specifieke literatuurstudie (fase 1) is de doelstelling van deze kasproef: kennis verzamelen over de effecten van een lichtspectrum met een verschuiving van het spectrum van de Natriumlampen inhoud verder naar het rode gedeelte, zonder veel verrood licht en met een verrijking in het blauw, op de groei en ontwikkeling van glastuinbouwgewassen. Deze kennis kan als basis worden gebruikt voor het ontwikkelen van nieuwe lamptypen.

1.2 Literatuurstudie in Fase 1

In fase 1 van dit project is een literatuuroverzicht gemaakt over de effecten van verschillende lichtkleuren op groei en ontwikkeling van planten. Specifiek is gekeken naar de effecten van bijbelichting met het natuurlijk licht als achtergrond.

De volgende vragen stonden centraal:

1. Is de doelstelling: maximaliseren van de lampoutput in $\mu\text{mol/}$ per Watt opgenomen vermogen juist? Met andere woorden zijn alle fotonen even relevant?
2. Is de afgrenzing 400-700 nm juist of is er een overgangszone?
3. Is de benodigde hoeveelheid blauw in het lampspectrum een absolute of een relatieve (%) hoeveelheid?
4. Is er sprake van een optimale blauw/rood verhouding en hoe breed is dan dit optimum?
5. Is er een optimale rood/verrood verhouding in het lampspectrum en hoe breed is dit optimum?
6. Wat is de definitie van rood en verrood licht, nauwe of ruimere afgrenzing?
7. Heeft het lichtspectrum van de lamp invloed op de assimilatenverdeling binnen de plant?
8. Kan infrarode straling van de lamp schade aan de plant aanrichten?
9. Heeft het lampspectrum invloed op de lichtreflectie door het gewas?

De beantwoording van deze vragen staan in het (tot augustus 2006 vertrouwelijke) rapport Optimaal spectrum voor assimilatielampen, april 2005, E. Van Rijssel, PPO Glastuinbouw.

1.3 Kasproef in Fase 2

In deze fase 2 van het project worden in een kasproef de effecten onderzocht van een belichtingsspectrum op de groei en de ontwikkeling van verschillende gewassen. In de kasproef wordt de behandeling uitgevoerd naast een controle onder SON-T Greenpower lampen. In beide behandelingen wordt getest met eenzelfde belichtingsniveau, gemeten in $\mu\text{mol/m}^2 \text{ s}$. Na inrichting wordt het belichtingsniveau gemeten, zowel in $\mu\text{mol/m}^2 \text{ s}$ als in lux.

In de kasproef worden een reeks gewassen opgenomen met vertegenwoordigers uit de vruchtgroenten (tomaat), snijbloemen (roos, lelie, snijchrysan) en potplanten (potroos, potchrysan, Ficus Begonia). De gewaskeuze is gebaseerd op verwachte effecten van het testspectrum op diverse processen die bij de groei en ontwikkeling van kasgewassen relevant zijn zoals vegetatieve en generatieve groei, lengtegroei, knopvorming, vruchtgroei, teeltduur enz.

De proef wordt uitgevoerd in twee kassen, waarbij in één kas een lange dag belichtingsstrategie is gevolgd en in de andere een deel van de tijd een kortedag belichtingsstrategie. De gewaswaarnemingen worden gericht op de gewichtstoename (plant en vruchtgewicht), lengtegroei, ontwikkelingssnelheid, reactiesnelheid en bloemkleur.

1.4 Doelstelling voor Fase 2

Het testen in een kasproef van de effecten van een alternatief belichtingsspectrum in vergelijking met een gangbare spectrum zoals de SON-T GreenPower tuinbouw assimilatielamp, op de groei en ontwikkeling van belangrijke kasgewassen. Dit bij een gelijke intensiteit van belichting, gemeten in $\mu\text{mol/m}^2 \text{ s}$.

Nadruk zal liggen op de vers- en drooggewicht productie en plantvorm.

2 Materiaal en methoden

2.1 De kassen en de belichtingsinstallatie

2.1.1 Kasindeling

De proef is uitgevoerd in twee kasafdelingen van 150 m² in het Linnaeuslaancomplex van PPO Glastuinbouw in Aalsmeer (kasnummers L305 en L306). In elke kasafdeling zijn twee compartimenten gerealiseerd door er in het midden een wit scherm te installeren (zie fig 2). In het ene kascompartiment werd belicht met de gangbare SON-T GreenPower, in het andere compartiment met een experimenteel spectrum. Op deze wijze konden de beide kassen beschouwd worden als duplo's. Deze afdelingen grenzen deels aan verwarmde, deels aan onverwarmde afdelingen.

Kleur van de figuren aanpassen

Figuur 2: Layout van de kasproef. Per kashelft werden Tomaten, 3 soorten snijbloemen en 4 soorten potplanten geteeld. Per kas werden twee lichtbehandelingen gerealiseerd: in 'A' hingen SON-T GreenPower lampen, in 'B' het experimenteel spectrum.

2.1.2 Lampophanging en belichtingsniveau

Na installatie van de belichting is het belichtingsniveau en de lichtverdeling in de vier kasafdelingen gemeten. Uit de meting van 14 december bleek dat het lichtniveau niet helemaal gelijk was en de lichtverdeling niet ideaal. Op basis van deze meting zijn er enkele lampen bij gehangen en is de positie van de lampen aangepast.

Bij de controlemeting op 28 december bleek dat de situatie nu iets boven de gewenste situatie van ca. 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ lag. Omdat de lichtverdeling nu ook vrijwel gelijk was zijn geen verdere wijzigingen in de belichting meer aangebracht. In Tabel 1 staan de gemiddelden per kashelft, in Tabel 1 in de bijlage staan de waarden per meetpunt, in bijlage 1 zijn alle meetwaarden weergegeven.

Tabel 1. De gemiddelde gerealiseerde lichtintensiteit van de lampen per kashelft, in $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$

	Controle spectrum	Experimenteel spectrum
L 305	138	143
L306	135	139

De belichting gaat op 02.00 uur aan en brandt dan de gehele dag door tot 20.00 uur 's avonds. Er is dus een donkerperiode van 6 uur. Om de korte dag gewassen (chrysanten) in bloei te krijgen is er in kas 305 twee maal een periode geweest dat de donkerperiode is verlengd tot 13.5 uur. Deze periodes liepen van 31 dec 2005 t/m 19 jan 2006 en van 9 maart 2006 t/m 20 april 2006.

Om de hoeveelheid lamplicht ten opzichte van natuurlijk licht hoog te houden gedurende het experiment is overdag geschermd vanaf een stralingsniveau van 400 Watt/m², buiten gemeten.

In elke kasafdeling is een meetbox opgehangen die het kasklimaat continu vastlegt: lichtniveau, kasttemperatuur, de rv en het CO₂-gehalte. De data uit deze meetboxen moeten een beeld geven van de hoeveelheid lamplicht en de hoeveelheid zonlicht die de gewassen kregen en vormen een controle op de vergelijkbaarheid van het gerealiseerde kasklimaat.

2.1.3 Kasklimaat

De instelling van de kasttemperatuur, de luchtvochtigheid en het CO₂-gehalte was in alle kassen gelijk. Uit de realisatie bleek dat de invloed van de naastliggende, koude kassen zodanig groot dat er in de realisatie verschillen optraden. Door aanpassing van de klimaatinstelling is dit verschil zo goed mogelijk gecompenseerd. Het gerealiseerde kasklimaat is toegevoegd in Bijlage 2, Figuur 2 a-c. De teruglopende CO₂ concentratie in de maanden maart, april en mei wordt veroorzaakt doordat er meer gelucht vanwege meer zon en overdag hogere buitentemperaturen in deze periode.

2.2 De teelt

2.2.1 Tomaat cv Armada

De tomatenteelt is gestart met planten, van ca. 30 cm hoog, die eerst ca. drie weken in het zaai-blok bovenop de mat zijn geteeld en daarna konden doorwortelen in de mat. Aromata is een trostomaat met een grof type ronde tomaten. Vanwege de beperkte omvang van de proef kon geen 'hoge draad' systeem worden toegepast maar zijn de planten getopt als ze de draad bereikten. Om toch een continue teelt te krijgen zijn ze geteeld in blokken van 8 planten met een verschil in planttijd van 3-4 weken. Zo zijn in totaal 4 plantingen gevolgd.

De planten zijn 1-2 keer per week gedieft en ingedraaid en de trossen zijn gesnoeid op 5 vruchten per tros, de 1^e tros op 3 vruchten. Het oude blad is weggehaald tot net boven de kleurende vruchten, de normale wijze van blad plukken. De rijpe trossen zijn 1x per week geoogst. Het gewicht van de dieven en geoogste vruchten is per serie van 8 planten bijgehouden. Na de oogst van de laatste tros is het blad en steelgewicht gemeten als ook de gemiddelde afstand tussen de bladeren. Bij de laatste planting is de eindmeting gedaan bij het einde van de proef, waarbij ook het gewicht van de nog niet rijpe trossen is gewogen.

2.2.2 Roos

2.2.2.1 Snijroos cv First Red

De proef is gestart met een volgroeid gewas rozen, van ruim 1 jaar oud. Het gewas was afkomstig uit een andere proef en is tussentijds doorgeteeld en gesnoeid. Op deze manier kon de opkweek van een gewas worden overgeslagen en direct worden begonnen met een normale teelt. Het gewas is geteeld op steenwolmatten, met standaard rozenvoeding. Twee keer per week werd geoogst. Het aantal takken, het versgewicht en de lengte van de takken werd waargenomen.

2.2.2.2 Potroos cv Regina

Potrozen werden geteeld in 10 cm potten. Ze werden na beworteling in de proefkas uitgezet en daarna 2x getopt om vertakte planten te krijgen. In de eerste teelt zijn de planten niet geremd om het effect van het lichtspectrum op de lengtegroei te kunnen bepalen. In de tweede teelt zijn de planten 3x geremd om de plant gedrongen te houden, het normale teeltrecept. Aan het eind van de teelt werd de hoogte van de plant bepaald, en werd van een steekproef het versgewicht en het aantal knoppen bepaald.

2.2.3 Chrysan

2.2.3.1 Snijchrysan cv Bacardi

Snijchrysanten werden in individuele 12 cm potten in de kas gestekt en geteeld. In één kas werd, 21 dagen na het stekken een korte-dag behandeling gegeven van resp. 21 en 43 dagen om de bloei te induceren. De korte-dag behandeling is begonnen kort na het toppen van de potchrysan, later dan normaal bij de snijchrysan. In de andere kas werd geen korte-dag behandeling gegeven, de takken bloeiden hier niet. Er zijn twee teelten uitgevoerd. stekdata 10 december en 16 februari.

In de lange-dag kas is de tweede serie eerder geoogst, omdat de takken te lang werden (chrysanten die niet bloeien gaan door met lengtegroei) en om zouden vallen. Daarna is een nieuwe serie geplant en gemeten aan het eind van de proef. Van alle takken werd de lengte gemeten. Van een steekproef werd het gewicht bepaald, en het aantal bladeren geteld. Tevens werd van een paar takken het drooggewicht bepaald.

2.2.3.2 Potchrysan cv Miramar

Ook voor potchrysanten is het nodig om een korte-dag behandeling te geven voor bloeiïnductie. Potchrysanten werden gestekt in 12 cm potten. De planten werden getopt na ca 3 weken, om een vertakte plant te krijgen. In de lange-dag behandeling kwamen de planten niet in bloei, ze zijn gelijk met die van de korte-dag behandeling geoogst. De hoogte van alle planten is bepaald en het versgewicht van een deel van de planten. Er zijn twee teelten na elkaar uitgevoerd.

2.2.4 Lelie cv Corso (oriëntal type)

De lilies, werden geteeld zoals nu gebruikelijk in de lilieteelt, in kunststof bakken, gevuld met potgrond. De bollen kregen een koudebehandeling door de leveancier op een liliëbedrijf en werden net als op het bedrijf geplant met 12 bollen per bak geplant. Er zijn twee teelten na elkaar uitgevoerd. De takken werden geoogst wanneer de eerste knop kleurtonend was (veilingrijp stadium). Van alle takken werd de oogstdatum (om de teeltsnelheid te kunnen berekenen), de lengte en het gewicht bepaald. Van een steekproef werd het aantal bladeren geteld.

2.2.5 Begonia cv Carnaval

De begonia's werden geteeld in 12 cm potten. Er zijn twee teelten uitgevoerd. Aan het eind van de teelt werd de hoogte van de planten, en van een steekproef het versgewicht van de vegetatieve delen (blad en stelen) en van de bloemen bepaald, om een beeld te krijgen van bloeirijkheid.

2.2.6 Ficus Benjimini

De proef is begonnen met ficusplanten van ca 10 cm hoog. Ze stonden in 14 cm potten. Gedurende de proef werden de planten regelmatig verder wijder uit elkaar gezet. Hierdoor kwamen er enkele planten vrij voor waarnemingen. Op .. tijdstippen is de hoogte van deze planten en het versgewicht bepaald.

3 Resultaten en discussie

3.1 Lichtsommen

De dataloggers gaven een continue reeks data per kashelft, deze geven inzicht in het lamplichtniveau morgens en 's avonds en in de totale lichtsom per dag. De totale lichtsom is gesplitst in de hoeveelheid lamplicht, berekend op basis van de gemeten lichtintensiteit 's morgens en 's avonds, en in de hoeveelheid zonlicht.

Het lichtniveau van de lampen op het meetpunt van de datalogger was niet representatief voor de kas, temeer omdat door de ophanging aan drie kettinkjes die, afhankelijk van hun positie ten opzichte van de bovenhangende lampen, meer of minder schaduw gaven. Via een correctie is het lamplichtniveau opgewaardeerd naar het lichtniveau zoals dat representatief was voor de kas. Voor het representatieve lamplichtniveau is de gemiddeld gemeten intensiteit in de betreffende kasruimte op 28 december 2005 genomen.

16/12 t/m 23/2		lamplicht		daglicht	
kasnr		Exp.	SON-T	voor	achter
		spectrum	spectrum		
305	Korte dg	528	555	100	113
306	Lange dg	592	608	102	114

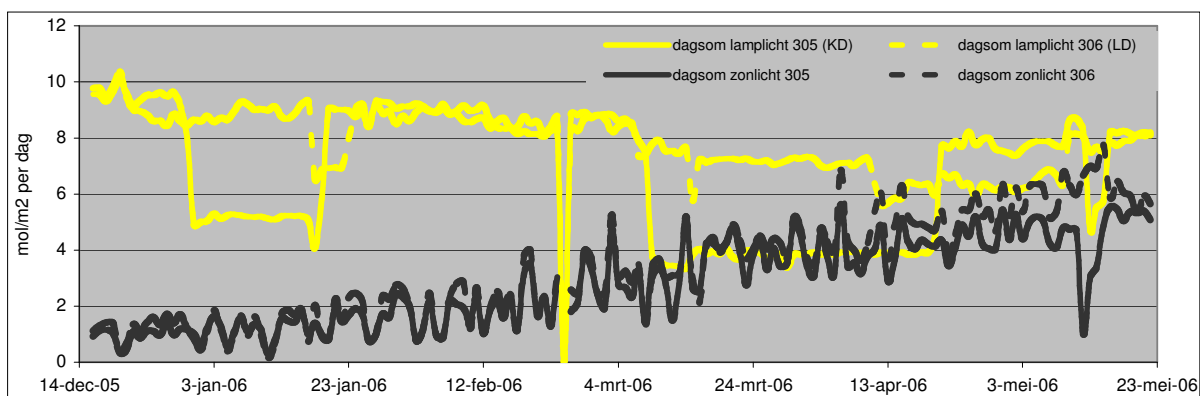
25/02 t/m 22/05		lamplicht		daglicht	
kasnr		Exp.	SON-T	voor	achter
		spectrum	spectrum		
305	Korte dg	505	498	307	350
306	Lange dg	550	560	293	367

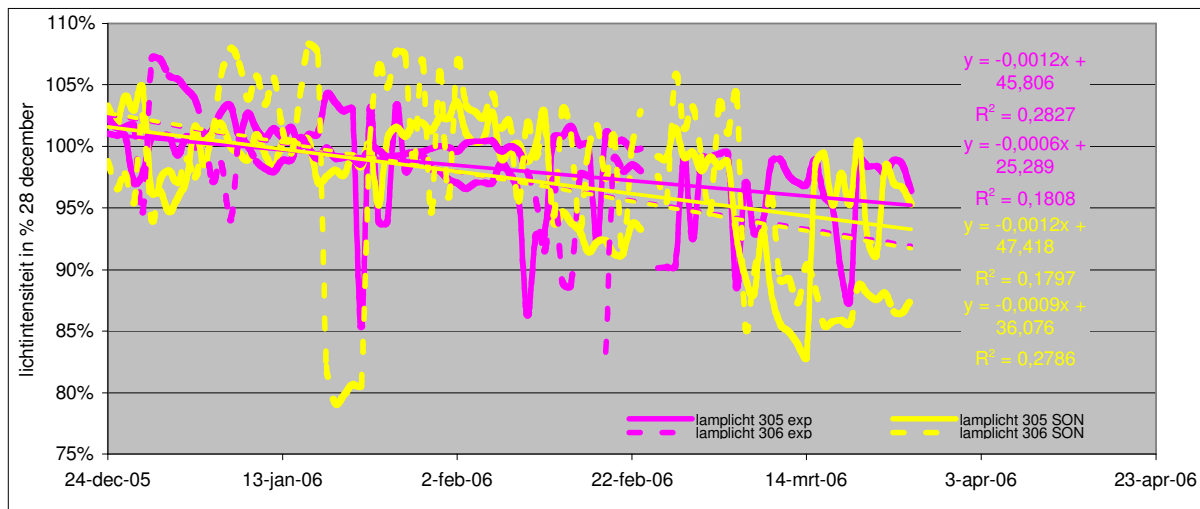
Tabel 2. Lichtsommen in de verschillende kashelften, mol/m² per periode.

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de lange dag behandeling ca. 10% meer lamplicht heeft gehad dan de korte dag behandeling. Dit is geheel naar verwachting, en toe te schrijven aan meer belichtingsuren. De hoeveelheid daglicht was in de voorste kas ca. 10% lager dan in de achterste kas. Dit moet worden toegeschreven aan de schaduwwerking van de corridor. Om het eventuele daglicht effect tussen voor en achter te kunnen onderscheiden van de spectrale behandelingen, zijn de behandelingen kruiselings uitgevoerd, figuur 2. Achteraf gezien is dit dus een juiste keuze gebleken. Ter illustratie is figuur 3 toegevoegd waarin het verloop van de daglichtsom van de behandeling SON-spectrum is weergegeven.

De hoeveelheid daglicht was in de eerste periode met nog geen 20% van de totale daglichtsom erg laag. In de tweede periode is de daglichtsom aanzienlijk hoger geweest maar nog altijd een stuk lager dan de hoeveelheid lamplicht. Het doel van de proefopzet om effecten te bekijken van het verschil in lichtspectrum van de lampen moet dus in beide perioden goed tot uiting gekomen zijn.

In de tweede periode van het onderzoek lag de lichtsom aan lamplicht iets lager dan in de eerste periode, terwijl deze in dagen gemeten iets langer is geweest. Dit moet worden toegeschreven aan een wat teruglopende lichtproductie van de lampen. De terugloop kan worden geïllustreerd in figuur 5, waar het verloop van de gemeten lichtintensiteit in de avonduren is uitgezet tegen de tijd.





Figuur 3. Dagsommen van lamplicht en natuurlijk licht in beide kassen

Figuur 4. Terugloop van het lichtniveau (kunstlicht) per kasafdeling.

3.2 Productie en groei van de gewassen

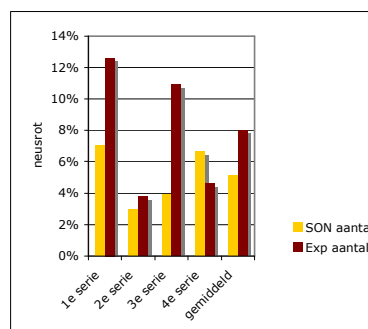
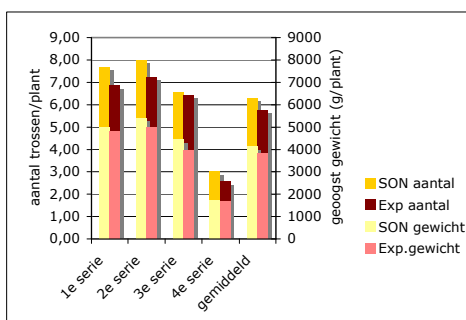
De volledige resultaten van de proefgewassen staan per gewas opgenomen in de bijlage. In de tekst zijn deze resultaten beschreven en worden de relevante resultaten in figuren geïllustreerd.

3.2.1 Tomaat

De tomaten zijn geteeld tot een hoogte van ca. 2,30 m, waarna ze zijn getopt. De ruimte van het testvak was te klein om de planten te kunnen laten zakken. Om toch gedurende de gehele proefperiode bloeiende planten te hebben is er elke 3-4 weken een nieuwe serie van 8 planten uitgezet. Er zijn totaal 4 series geteeld, waarvan bij de eerste drie alle trossen konden worden geoogst. Bij de vierde serie zijn de laatste trossen bij het einde van de proef groen geoogst.

Het gewicht aan geoogste trossen lag onder het experimenteel spectrum steeds iets lager dan onder het SON-T spectrum, gemiddelde 7%. Dit lag niet aan een lager trosgewicht maar aan een lager aantal geoogste trossen. De planten zijn getopt op een hoogte ca. 1m onder de lampen en daarbij is er niet op gelet dat elke plant evenveel gezette trossen had. Gemiddeld is er onder het SON-T spectrum een halve tros per plant meer geoogst (8%) en dit verklaart het verschil in productie, figuur 6.

Het lager aantal trossen was niet toe te schrijven aan een systematisch hogere internodiën lengte. Bij de 1^e serie is er in de korte dag wel lengteverschil geconstateerd maar dit moest eerder aan een verschil in kastemperatuur dan aan een invloed van het spectrum worden toegeschreven. Bij de tweede serie is specifiek gekeken naar verschillen in generatieve en vegetatieve productie en naar internodiën lengte. Er zijn daarbij geen verschillen gevonden, Bijlage XX, tabel xx. Onder beide spectra is bij een relatief hoog aantal vruchten neusrot opgetreden. Door het aantal verschillende teelten kon hier niet via maatregelen tegen worden opgetreden. Het % neusrot lag in de vakken met het experimentele licht spectrum in drie van de vier series hoger dan in de vakken onder het SON-T spectrum. De vruchten met neusrot bleven vrij klein zodat het effect op het gewicht aan geoogste goede vruchten niet erg groot was. Om de verstoring te minimaliseren zijn bij het geoogst gewicht alle vruchten meegenomen.



Figuur 6. Effect van de behandelingen op het geoogst gewicht, aantal trossen en neusrot

Het effect van de daglengtebehandeling en het plaatseffect, voor/achter, zijn beiden te interpreteren als effecten van meer of minder licht. Zowel een langere dag, meer lamplicht, als plaatseffect, minder schaduw van de corridor, leverden een hoger gewicht op aan geoogste vruchten. Dit was het duidelijkst terug te zien in het trosgewicht dat respectievelijk 5 en 8% hoger lag bij de lange dag en de achter kasgedeelten, Bijlage xx, tabel 1

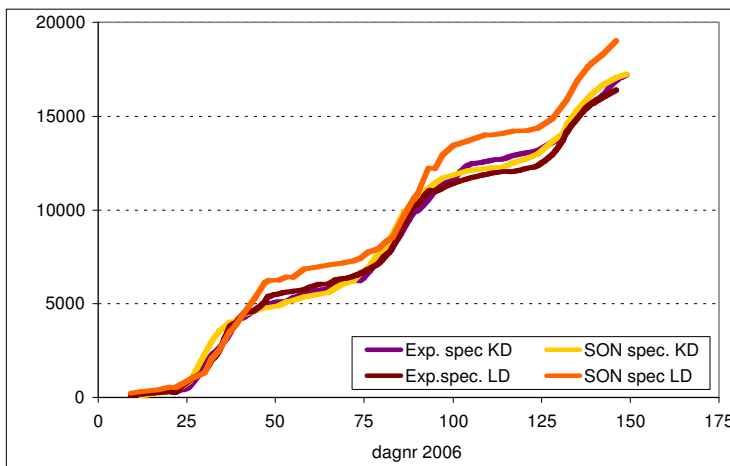
3.2.2 Roos

Rozen bloeien onafhankelijk van de daglengte, maar het te oogsten gewicht wordt normaal gesproken wel duidelijk beïnvloed door de lichtsom die het gewas ontvangt. Roos is dus net als tomaat een duidelijk lichtgevoelig gewas.

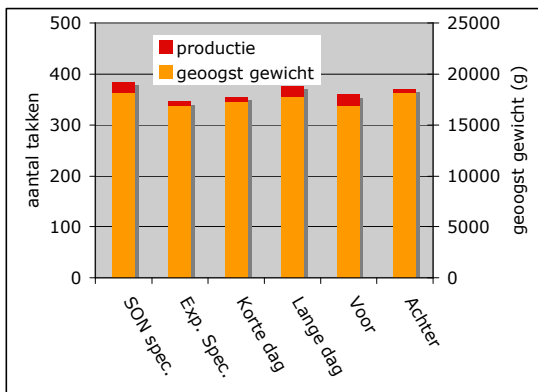
3.2.2.1 Snijrozen

Bij de snijrozen is twee à drie maal per week geoogst. De oogstgetallen zijn bijgehouden vanaf 9 januari tot 29 mei, dus in totaal gedurende 20 weken. In figuur 7 is de productie cumulatief uitgezet. Hierin is te zien dat de rozen niet gelijkmatig produceerden, maar in golven, een 'snee' genoemd. Het is duidelijk dat de rozen in alle vier de kasdelen gelijk 'op snee' waren, dus dat het eindtotaal een goed beeld geeft voor de vergelijking van de productie in de vier kasdelen.

Figuur 7. Cumulatieve productie. X-as: dagnummer van het jaar.



In figuur 6 valt op dat de productie onder het SON=T spectrum in kas 306 duidelijk hoger was dan in de andere kasafdelingen. Dit is de kas waar niet alleen het effect van het spectrum maar ook het meerdere licht van de lange dag en het minste schaduw van de corridor tot uiting kwamen. Als alle behandelingen naast elkaar werden gezet bleek dat onder de lange dag de productie 3% hoger lag dan in de korte dag en in de achterste kashelften 8% hoger dan in de voorste kashelften. Voor de lichtbehandeling schoot een effect over van 7% lagere productie onder het experimentele spectrum ten opzicht van het SON spectrum. Dit verschil in productie was vooral toe te schrijven aan een verschil in aantallen geoogste takken, vaak enigszins gecompenseerd door een klein verschil in takgewicht, Figuur 7. De taklengte verschilde niet tussen de verschillende behandelingen.

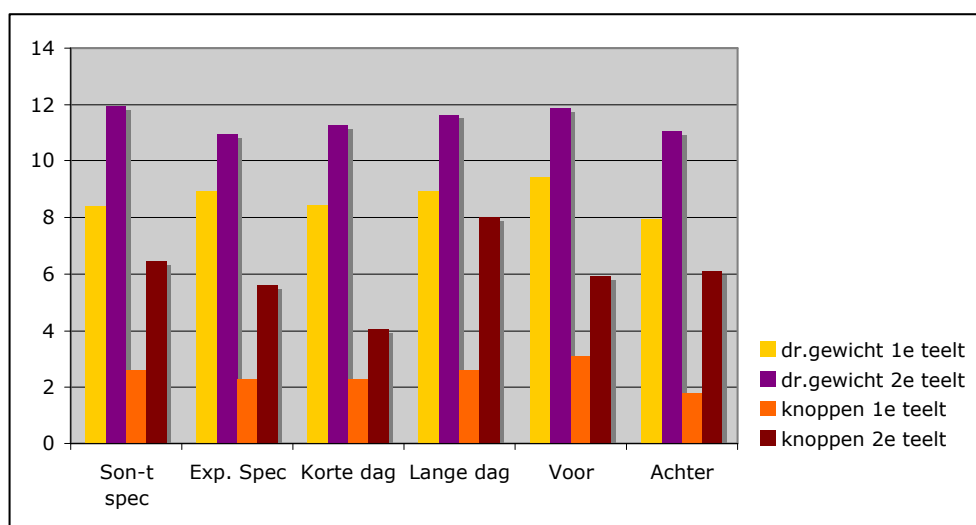


Figuur 8. Verschillen in productie en geoogste gewicht tussen de behandelingen

3.2.2.2 Potroos

De potrozen zijn aangekocht als beworteld stek en vrij kort na het uitzetten in de kas kort geknipt. Na ca. drie weken zijn ze opnieuw teruggeknipt en daarna doorgeteeld tot de bloei. Hierbij is de 1^e teelt niet geremd om effecten van de lichtbehandeling ongestoord te kunnen waarnemen, en de tweede teelt 3x om een marktconform gewas te verkrijgen. In de eerste teelt zijn geen verschillen in lengteontwikkeling waargenomen. Wat wel opviel was dat er in de korte dag behandeling geen zijknoppen tot ontwikkeling kwamen, bij de lange dag behandeling wel, figuur 9. Door de grote variatie tussen de planten waren er ook enige, niet significante, verschillen in aantallen knoppen tussen de behandelingen. Dit kwam ook terug in het geogoste gewicht.

Tijdens de tweede teelt kwamen er meer knoppen tot ontwikkeling dan in de eerste teelt, een effect van meer daglicht en wellicht van het remmen. Het effect van de daglengte op de zijknop ontwikkeling kwam opnieuw duidelijk tot uiting.



Figuur 9. Effect behandeling op het drooggewicht en het aantal knoppen per plant

3.2.3 Chrysant

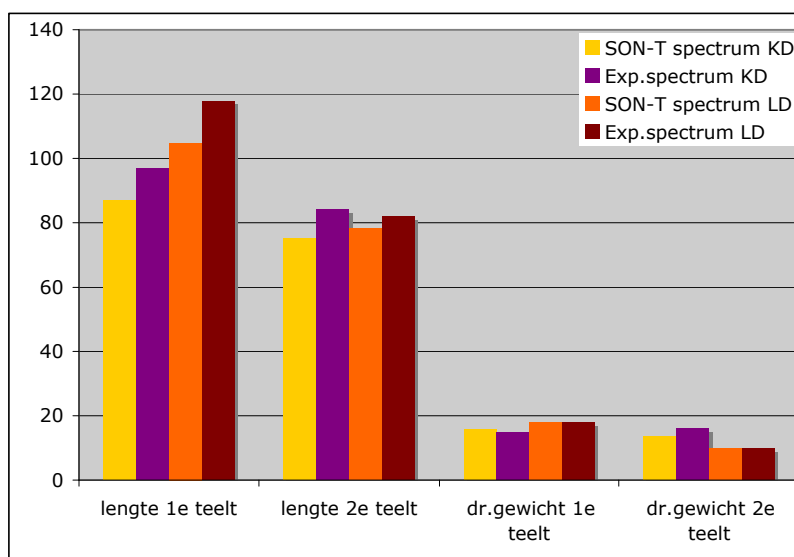
Chrysanten gaan pas bloeien wanneer ze een periode 'korte dag' behandeling hebben gehad. In kas 305 werd .24 dagen na de start van de eerste teelt de daglengte gedurende drie weken verkort tot 11,5 uur door de lampen om 20.00 uur uit te schakelen en om 8,30. uur weer aan. In kas 306 werd de daglengte gehandhaafd op 18 uur (donkerperiode van 20.00 uur tot 2.00 uur). In deze kas kwamen de planten niet in bloei, en ging de lengtegroei door. Bij de tweede teelt is dit herhaald maar is de duur van de korte dag verlengd tot 6 weken.

De korte dag periode is enkele dagen na het toppen van de potchrysanten ingesteld. Dit was voor de snijchrysanten erg laat zodat deze al gingen vertakken voordat de korte dag periode inging en het aantal bloemknoppen per tak lag hierdoor bij de snijchrysant extreem hoog.

Door het laat inzetten van de korte dag werd de teeltduur verlengd en werden de planten in de lange dag erg hoog. De tweede teelt snijchrysant is daarom in de lange dagbehandeling voortijdig geogst en vervolgd met een derde, korte teelt.

3.2.3.1 Snijchrysant

Het direct opvallende effect van het lichtspectrum op de groei van chrysant was de steellengte. Onder het experimentele spectrum werden de chrysanten ca. 10% langer, zowel de bloeiende takken als het niet bloeiende gewas, figuur 10. De grotere steellengte betekende echter niet dat het takgewicht hoger was, in drie van de vier keer was het takgewicht juist lager onder het experimentele spectrum. Het % drogestof was daarbij wel hoger onder het experimentele spectrum dan onder het SON-T spectrum, zodat het verschil in drooggewicht tussen de beide spectra klein was. De verschillen in takgewicht, vers- en droog, tussen de lichtbehandelingen waren niet significant.



Figuur 10. Effect van het spectrum op steellengte en droog takgewicht

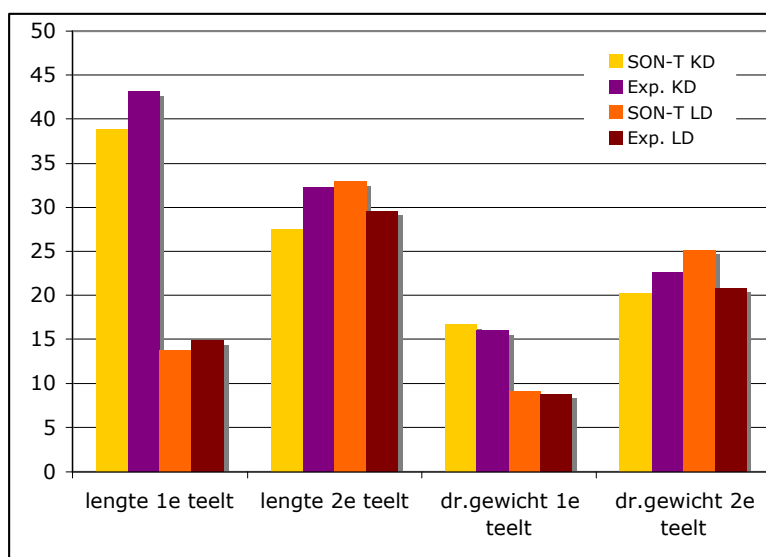
3.2.3.2 Potchrysant

Kort na beworteling zijn de planten getopt om vertakte planten met voldoende bloemen te krijgen. De planten onder lange dag bleven vegetatief en zijn nog een tweede keer getopt. De planten van de eerste teelt waren met ca. 40 cm vrij hoog en topzwaar. Dit kwam omdat ze niet geremd waren om het effect van het lightspectrum op de lengte vast te kunnen stellen. Onder het experimentele spectrum waren de planten duidelijk hoger dan onder het SON-T spectrum. Ook in de langedag behandeling werden de planten onder het experimentele spectrum langer. De verzamelde data hebben betrekking op een aselechte steekproef van 10 planten per behandeling, Figuur 8.

In de tweede teelt zijn de planten 3x geremd en daardoor ruim 10cm korter gebleven. Het effect van het spectrum op de lengtegroei kwam daarbij tijdens de bloei wel tot uiting, bij de langedag behandeling niet, Figuur 11.

Het effect van de lichtbehandeling op de zijscheutvorming was gering, ca. 10% minder scheuten onder het experimentele spectrum. Het effect van de daglengte, 2x toppen, en het remmen op de zijscheutvorming was veel groter, figuur xx. De verschillen ten gevolge van de lichtbehandeling waren echter te klein om significant te zijn.

De tussentijds verzamelde gegevens aan planten die bij het wijderzetten overschoten leverde geen aanvullende inzichten op en zijn niet opgenomen in dit rapport.



Figuur 11. Effect van de behandelingen op de planthoogte en het plantgewicht

3.2.4 Lelie

Bij de lelie zijn twee teelten na elkaar uitgevoerd. Er zijn voor de taklengte, het versgewicht van de takken, en het aantal

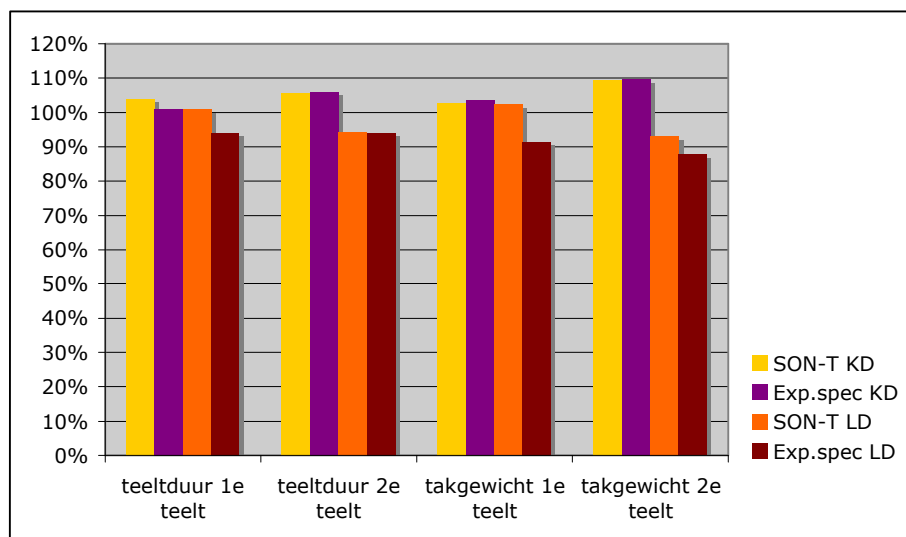
knoppen geen significante verschillen gevonden. De variatie tussen de takken was hiervoor te groot. De teeltduur is bij het experimentele spectrum wel iets korter dan onder SON-T lampen.

Bij de tweede teelt zijn bijna alle takken per kas op hetzelfde tijdstip oogstrijp. Tussen de kassen was er wel een duidelijk verschil in teeltduur: resp 88 (± 0.5) in de korte dag en 78 (± 1.5) dagen in de lange dag. De lange dag behandeling verkort duidelijk de teeltduur. Het verschil tussen de lichtbehandelingen, kortere teeltduur onder het experimentele spectrum, is niet teruggevonden.

In onderzoek uitgevoerd bij PPO-bloembollen is de invloed van de daglengte op de teeltduur ook gevonden bij belichting met HQI-lampen, maar niet bij belichting met SON-lampen. Gezien de verschillen tussen de 1^e en 2^e teelt is de lichtkleur wellicht in een bepaald stadium van de ontwikkeling van belang.

De verschillen in takgewicht zijn weliswaar statistisch niet verschillend maar de takgewichten zijn wel systematisch lager bij een kortere teeltduur. Dit is in overeenstemming met de proefresultaten van het lelieonderzoek op PPO-bloembollen. Bij de lange dag behandeling in de tweede teelt was ook de taklengte korter.

Bij de tweede teelt is bij een steekproef van tien takken het aantal groene bladeren en de internodiënlgte gemeten. Hierbij zijn geen verschillen gevonden in aantal bladeren tussen de behandelingen. Ten gevolge van de kortere tak, wel een verschil in internodiënlgte.

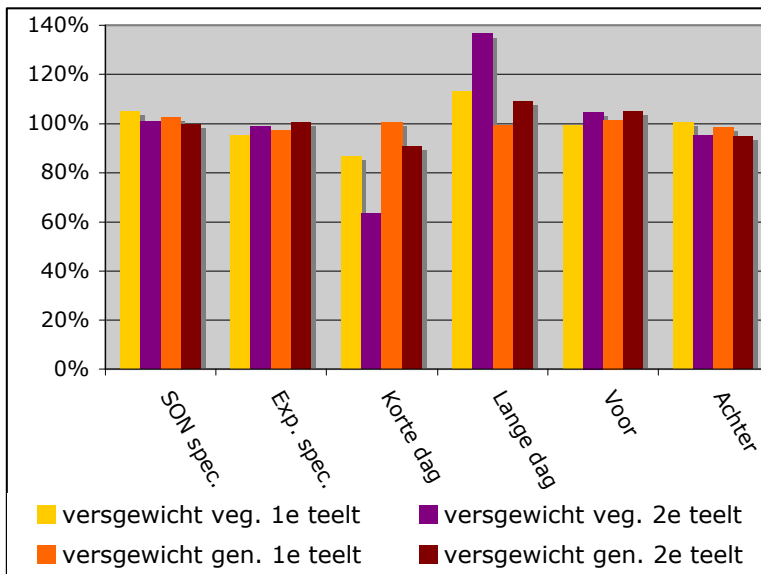


Figuur 12. Effect van de lichtbehandeling op de teeltduur en het takgewicht.

3.2.5 Begonia

Begonia's bloeien onafhankelijk van de daglengte, dus kwamen de planten in alle behandelingen en in alle twee de teelten in bloei. Er is in beide teelten een invloed gevonden op het versgewicht van de vegetatieve delen, terwijl het gewicht aan generatieve delen niet of veel minder beïnvloed werd. In de korte dag behandelingen bleef de versgewichtsproductie aan stengels en bladeren achter bij de lange dag behandeling. Voor een klein deel was dit ook terug te vinden bij de behandeling met de twee lichtspectra, de planten onder het experimentele spectrum vormden een iets lager vegetatief gewicht. Hierbij bleef ook de planthoogte iets achter bij het SON spectrum, gemiddeld 1 cm.

Deze verschillen zijn niet te wijten aan een iets lagere lichtsom want dan waren de planten in de voorste kasafdelingen ook lichter geweest. Omdat de vegetatieve ontwikkeling voor de bloei dus door de daglengte wordt beïnvloed betekent een invloed van het lichtspectrum dat daglengte met een groter aandeel blauw licht iets beter wordt gesignaleerd dan met een laag aandeel blauw in het spectrum, Figuur 13.

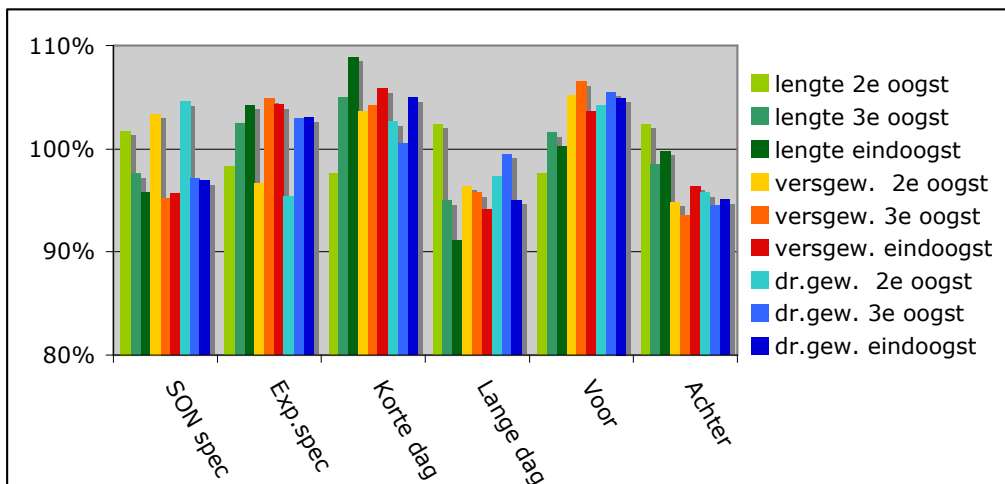


Figuur 13. Invloed van de behandelingen op de gewichtsproductie aan vegetatieve en generatieve delen

3.2.6 Ficus

Voor Ficus is één teelt uitgevoerd die gedurende het hele experiment doorliep. De planten zijn regelmatig wijdergezet. Daarbij zijn telkens vijf vrijkomende planten voor waarnemingen gebruikt. Zowel lengte als plantgewicht werden door de behandelingen beïnvloed. Gedurende de proef bleef de plantlengte onder het SON spectrum steeds meer achter bij het experimentele spectrum. Ook het plantgewicht bleef achter, Figuur 13.

Opvallend was dat dit achterblijven in lengte en gewicht ook optrad bij de lange dag behandeling en in de achterste helft van de kasafdelingen. Bij de lange dag en de achterste kashelften kan dit komen door een hogere lichtsom. Bij de lange dag was een negatieve invloed het grootste en tevens terug te zien in bont blad, een gebrek aan bladgroen. Omdat eenzelfde invloed ook bij de lichtspectra was terug te vinden kan het zijn dat vooral een bepaald deel van het spectrum hierbij belangrijker is dan een ander deel. Een hoger aandeel werkt dan positief, Figuur 13. Het percentage droge stof werd door de behandelingen niet beïnvloed.



Figuur 13. Lengte, vers- en drooggewicht van Ficusplanten in de loop van de teelt, gemiddelde van 5 planten

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

1. De korte en lange dag behandelingen en de schaduwwerking van de corridor hadden een duidelijke invloed op de lichtsom die in de verschillende kasafdelingen werd gerealiseerd. Hierdoor was er maar beperkt sprake van een herhaling in het behandelingslichtspectrum.
2. Bij de tomaat is het trosgewicht een betere maat om de verschillen tussen de behandelingen te meten dan het geoogst gewicht. Het trosgewicht werd niet meetbaar door het lichtspectrum beïnvloed.
3. Bij de snijrozen lag het geoogst gewicht bij het experimentele spectrum iets lager dan onder het SON spectrum. Bij de potrozen was er geen systematisch verschil in plantgewicht.
4. Bij potrozen was het aantal zijknoppen bij planten onder het experimentele spectrum iets lager dan onder het SON spectrum. In de kas met de korte dag kwamen geheel geen zijknoppen tot ontwikkeling.
5. De chrysanthe wordt onder het experimentele licht ca. 10% langer dan onder SON licht. Het takgewicht en plantgewicht wordt mogelijk iets lager onder het experimentele licht.
6. Bij lelie wordt de teeltduur verkort door een langere dag bij natuurlijk licht en in de winter wordt een aanvullende belichting met experimenteel licht ook als een lange dag ervaren. Het takgewicht wordt bij een kortere teeltduur lager dan bij een langere teeltduur.
7. Begonia maakt onder korte dag een lager gewicht aan blad en stengels. Dit effect is in lichte mate terug te vinden in de lichtbehandeling. Onder het experimentele spectrum wordt iets minder vegetatief gewicht aangemaakt.
8. Ficus Benjamina reageert negatief op lange dag, wellicht vanwege de aanmaak van bont blad. Dit veroorzaakt zowel kortere als lichtere planten. Dit wordt in lichtere mate ook gezien bij de lichtbehandeling waarbij de planten onder SON licht korter en lichter blijven. Verschil in bontheid tussen de lichtbehandelingen is niet waargenomen.
9. De productieverschillen tussen de spectrale lichtbehandelingen waren afwezig of klein en de effecten leken vaak op de effecten die bij verschil in daglengte werden gezien.
10. Het lichtspectrum leidt bij chrysanthe tot lengteverschil en onder korte natuurlijke dagen tot teeltduurverschil bij lelie en daardoor tot een verschil in takgewicht.

4.2 Aanbevelingen

1. Bij de introductie van lampen met een duidelijk ander spectrum dan SON lampen moet gelet worden op beperkte effecten op de ontwikkeling van het gewas. Bij ongewenste effecten moet vooraf onderzocht worden hoe dit via een aangepaste klimaatinstelling moet worden gecompenseerd.

Bijlage 1

Tabel 1: Productiegegevens tomaat

	Geoogst gewicht per plant		Gewichts % neusrot	
	SON spectrum	Exp. spectrum	SON spectrum	Exp. spectrum
<i>1e serie</i>	4975	4814	7%	13%
<i>2e serie</i>	5413	5004	3%	4%
<i>3e serie</i>	4481	3951	4%	11%
<i>4e serie</i>	1710	1653	7%	5%
gemiddeld	4145	3856	5%	8%
		93%		
	Korte dag	Lange dag	Korte dag	Lange dag
gemiddeld	3973	4028	6%	7%
		101%		
	Voor	Achter	Voor	Achter
gemiddeld	3800	4201	7%	6%
		111%		

	Aantal trossen per plant		Aantal vruchten per tros		Gewicht per tros	
	SON spectrum	Exp. spectrum	SON spectrum	Exp. spectrum	SON spectrum	Exp. spectrum
<i>1e serie</i>	7,69	6,87	5,53	6,17	648	704
<i>2e serie</i>	8,00	7,25	5,65	5,78	679	690
<i>3e serie</i>	6,56	6,44	5,83	5,91	685	613
<i>4e serie</i>	3,00	2,56	5,06	5,59	568	646
gemiddeld	6,31	5,78	5,52	5,86	645	663
		92%		106%		103%
	Korte dag	Lange dag	Korte dag	Lange dag	Korte dag	Lange dag
gemiddeld	6,21	5,88	5,48	5,89	638	670
		95%		107%		105%
	Voor	Achter	Voor	Achter	Voor	Achter
gemiddeld	6,09	5,98	5,78	5,60	629	679
		98%		97%		108%

2e serie	gewicht (g/plant)			internodien
Behandeling	generatief	vegetatief	totaal	lengte (cm)
SON spectrum	5413	2508	7921	7,44
Exp.spectrum	5004	2144	7149	7,63
Korte dag	4596	2004	6599	7,63
Lange dag	5822	2649	8470	7,44
Voor	4915	2281	7196	7,75
Achter	5502	2372	7874	7,31

Tabel 2: Productiegegevens Snijroos, cv First Red

Behandeling	aantal takken	taklengte	takgewicht	totaal gewicht	effect
SON spectrum	384	80	47,3	18155	
Exp. Spectrum	347	80	48,5	16801	93%
Korte dag	355	81	48,7	17229	
Lange dag	376	79	47,1	17727	103%
Voor	360	80	46,7	16808	
Achter	371	80	49,1	18148	108%

Tabel 3: Productiegegevens Potroos

Potroos 1e teelt (niet geremd)				gewicht		
Behandeling	Lengte	aantal knoppen	aantal zij knoppen	vers	droog	% dr st
SON spectrum	45,1	2,35	0,25	38,1	8,41	22,0
Exp. Spectrum	45,2	2,00	0,30	40,3	8,94	22,1
Korte dag	43,8	2,30	0,00	37,1	8,44	22,7
Lange dag	46,5	2,05	0,55	41,2	8,92	21,5
Voor	46,8	2,80	0,30	41,7	9,41	22,5
Achter	43,4	1,55	0,25	36,6	7,94	21,6

Potroos 2e teelt (3x geremd)					
Lamptype	Lengte	aantal knoppen	gew. vers	gew. droog	% dr gew
SON spectrum	31,00	6,45	55,77	11,95	21,48
Exp. Spectrum	26,70	5,60	51,72	10,97	21,23
Korte dag	29,25	4,05	52,64	11,27	21,42
Lange dag	28,45	8,00	54,85	11,65	21,29
Voor	26,95	5,95	55,66	11,86	21,32
Achter	30,75	6,10	51,83	11,06	21,39

Tabel 4: Productiegegevens Snijchrysan

Chrysan 1e teelt					
Behandeling	lengte	aantal knoppen	vers gewicht	droog gewicht	%dr.stof
SON spectrum KD	87	37	131	15,8	12,0
Exp.spectrum KD	97	26	123	14,8	12,1
SON spectrum LD	105	0	168	18,0	10,7
Exp.spectrum LD	118	0	153	17,9	11,8

Chrysan 2e teelt					
Behandeling	Lengte	aantal knoppen	vers gewicht	droog gewicht	%dr st
SON spectrum KD	75	40	121	13,4	11,1
Exp.spectrum KD	84	44	135	15,9	11,7
SON spectrum LD	78	0	102	9,9	9,7
Exp.spectrum LD	82	0	99	9,8	10,0

Tabel 5: Productiegegevens Potchrysan

Potchrysan 1e teelt (niet geremd)					
Behandeling	Lengte	Aantal scheuten/pl	gewicht vers	gewicht droog	%dr.stof
SON KD	38,80	13,20	135,25	16,66	12,33
Exp. KD	43,10	12,00	127,50	15,98	12,54
SON LD	13,80	16,40	73,00	9,17	12,56
Exp. LD	14,85	16,60	72,45	8,73	12,06
KD 1x getopt; LD 2x getopt					

Potchrysan 2e teeld (3x geremd)					
Behandeling	Lengte	Aantal scheuten/pl	gewicht vers	gewicht droog	
SON spectrum KD	27,50	9,50	154,13	20,27	
Exp. spectrum KD	32,25	8,80	162,83	22,57	
SON spectrum LD	32,90	12,50	194,35	25,14	
Exp. spectrum LD	29,60	10,90	160,68	20,77	

KD 1x getopt; LD 2x getopt

Tabel 7: Productiegegevens Lelie

Lelie 1e teelt						
Behandeling	Teelt duur	lengte tak	lengte met blad	aantal knoppen	aantal bladeren	Tak gewicht
SON KD	75	66,1	51,0	3,4	35,4	124,8
Exp. spectrum KD	73	64,6	50,4	3,4	36,3	124,2
SON LD	73	69,7	53,0	3,4	35,1	125,8
Exp. spectrum LD	68	67,3	54,4	3,3	37,0	111,1

Lelie 2 ^e teelt						
Behandeling	Teelt duur	lengte tak	lengte met blad	aantal knoppen	aantal bladeren	Tak gewicht
SON KD	87,6	77,1	64,3	5,8	46,3	193,8
Exp. spectrum KD	87,9	78,9	65,6	5,4	45,9	194,1
SON LD	78,4	70,3	58,8	5,5	48,3	164,6
Exp.spectrum LD	78,2	70,9	59,3	5,5	44,9	155,5

Tabel 8: Productiegegevens Begonia

Begonia 1e teelt		versgewicht		drooggewicht			
Behandeling	Lengte	vegetatief	generatief	vegetatief	generatief	%ds veg	%ds gen
SON spectrum	25,3	200	78,9	10,77	3,25	5,47	4,12
Exp. Spectrum	24,3	181	74,9	10,31	3,25	5,78	4,36
Korte dag	24,7	165	77,3	10,10	3,48	6,15	4,51
Lange dag	24,9	216	76,5	10,97	3,02	5,10	3,97
Voor	25,1	189	78,1	10,52	3,31	5,62	4,24
Achter	24,5	191	75,7	10,56	3,20	5,63	4,24

Begonia 2e teelt		versgewicht		drooggewicht			
Behandeling	Lengte	vegetatief	generatief	vegetatief	generatief	%ds veg	%ds gen
SON spectrum	25,23	186,43	90,22	10,39	3,78		
Exp. Spectrum	23,93	182,76	91,13	10,37	3,83		
Korte dag	23,25	117,24	82,39	7,94	3,82		
Lange dag	25,90	251,94	98,96	12,82	3,79		
Voor	25,13	193,49	95,43	10,82	3,99		
Achter	24,03	175,69	85,92	9,94	3,63		

Tabel 9: Productiegegevens Ficus Benjamina

Ficus	Lengte (cm)			Versgewicht (g)			Drooggewicht (g)			droge stof
	2e maal	3e maal	eind oogst	2e maal	3e maal	eind oogst	2e maal	3e maal	eind oogst	
Behandeling										
SON spectrum	46	56	68	41	82	167	8,9	19,4	43,2	25,8%
Exp. spectrum	44	58	74	38	91	182	8,1	20,5	45,9	25,2%
Korte dag	44	60	77	41	90	185	8,7	20,0	46,7	25,3%
Lange dag	46	54	65	38	83	165	8,2	19,8	42,3	25,7%
Voor	44	58	71	42	92	181	8,8	21,0	46,7	25,8%
Achter	46	56	71	37	81	168	8,1	18,8	42,3	25,1%