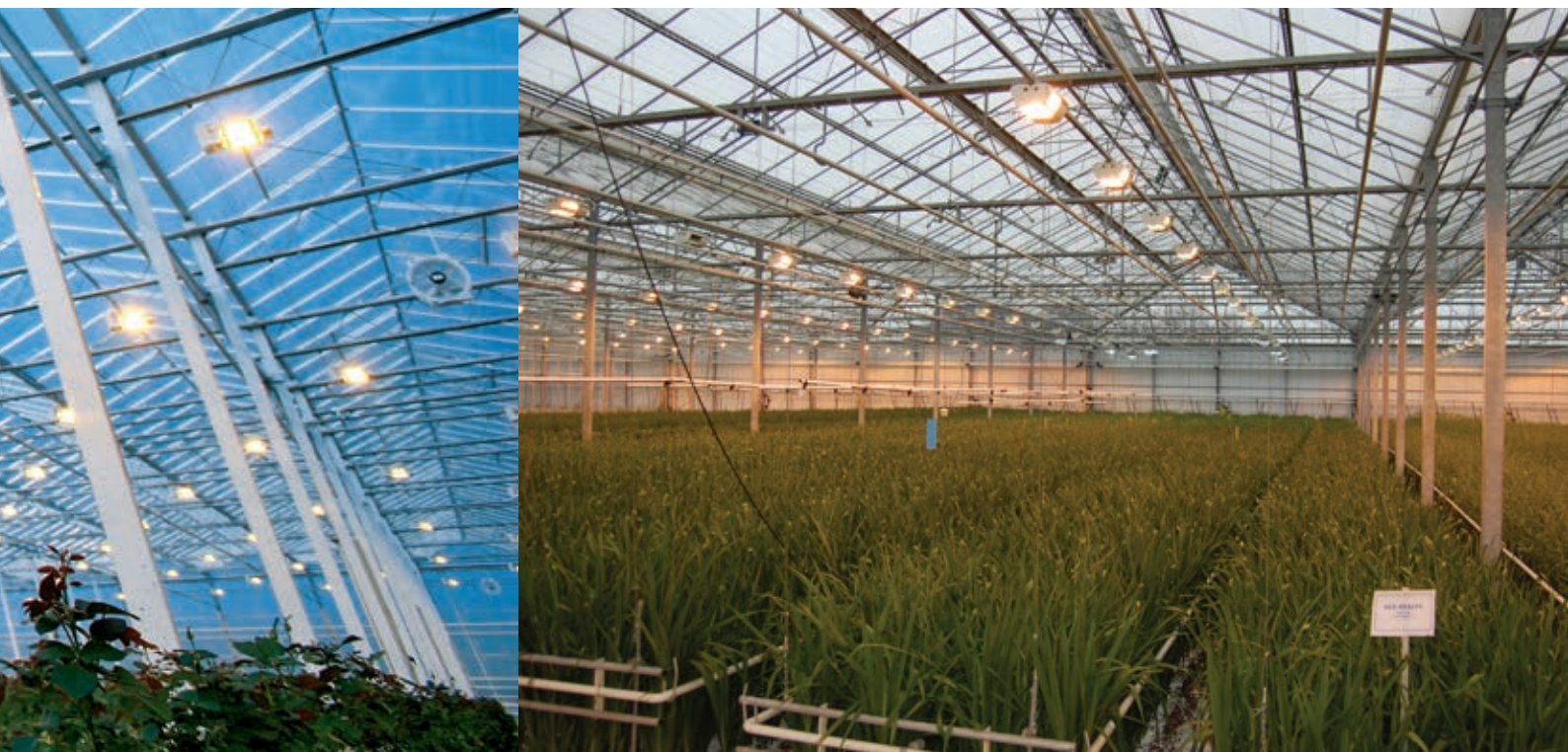




Lichtspectrum bij stuur- en groeilicht in Freesia

Indicatief praktijkonderzoek naar de effecten van stuurlicht met LED lampen en groeilicht met plasmalampen

Frank van der Helm¹, Tom Dueck¹, Hans Pronk² en Peter Penning³ ¹ Wageningen UR glastuinbouw, ² Pronk Consultancy, ³ Penning Freesia



Referaat

Wageningen UR glastuinbouw heeft samen met Penning Freesia en Pronk Consultancy in 2012 onderzoek gedaan naar de teeltkundige toepassingsmogelijkheden van LED- en zwavelplasmalampen in de teelt van. Met LED onderzoeksmodules is dagverlenging gerealiseerd van 10 uur bij een laag lichtniveau van 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Met zwavelplasmalampen is groeilicht gegeven ter vervanging van SON-T lampen. Rood licht heeft een toename van het cumulatief geoogst gewicht gegeven van 7% in Albatros tot 20% in Red Beauty. Verrood licht had een positief effect op het takgewicht van de hoofdtak. In beide rassen was de lengte onder zwavelplasma lampen korter en in Red Beauty was de lengte onder stuurlicht van alle kleuren ook iets korter dan onder SON-T. Er is in deze proef geen extra stimulering van de groei waargenomen door belichten met 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ Ecoplasma zwavelplasmalampen ten opzichte van SON-T. Het onderzoek is mogelijk gemaakt door financiering door het Productschap Tuinbouw en uitgevoerd onder begeleiding van de BCO en de landelijke commissie Freesia van LTO Groeiservice.

Abstract

In a research in a greenhouse crop of Freesia at a commercial nursery the value of red, blue and far-red LED light modules and Sulphur plasma (Ecoplasma 900) grow light is tested. Elongation of day length with 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ monochromatic light from LED modules during 8 hours in the whole dark period had positive effect on yield of fresh weight. In the light period natural light was supported with 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ of HPS lighting. Under Red light total yield of fresh weight was 7% to 20% higher. Under Far-red light the stem weight of the individual stems increased. A day length of 24 hours was given with positive effect on growth, which contradicts with earlier studies when 24 hours of lighting with HPS resulted in adverse effects on crop yield and quality. Time of flowering was not influenced by the day elongation treatments. Since the research was conducted at only one commercial farm conclusions cannot be analysed statistically. In another plot 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ of HPS grow light was replaced by 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ sulphur plasma light. Due to problems with the reflector of the lamps no equal distribution of light could be obtained in a 3, 5 meter high greenhouse. No increase of yield was yielded under sulphur plasma light, but flower stems were shorter under sulphur plasma light. These results should be read as indications of the possible effects of day elongation using low intensity monochromatic light of specific colour. The research is conducted by Wageningen UR Greenhouse horticulture in cooperation with Pronk consultancy and Penning Freesia. The project was paid by Productschap tuinbouw.

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw

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

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Probleemstelling	7
	1.2 Theoretische achtergrond	7
	1.2.1 Algemeen; invloed van lichtkleuren op plantengroei	7
	1.2.2 Belichten en daglengtegevoeligheid bij Freesia	8
	1.2.3 Enkele relevante onderzoekservaringen met stuurlicht in andere gewassen	9
	1.2.4 Hypotheses	10
	1.2.4.1 Hypothese rood	10
	1.2.4.2 Hypothese blauw	10
	1.2.4.3 Hypothese verrood	10
	1.2.4.4 Hypothese zwavelpasmalampen	10
	1.3 Doelstelling	10
2	Materiaal en Methoden	11
	2.1 proefomgeving	11
	2.2 Proefopzet	11
	2.2.1 Belichtingsstrategieën	11
	2.2.2 Belichtingsduur	12
	2.2.3 Metingen en waarnemingen	12
	2.2.4 Data analyse leeswijzer	13
3	Resultaten	15
	3.1 Realisatie belichting	15
	3.1.1 LED modules	15
	3.1.1.1 Intensiteit en lichtverdeling	15
	3.1.1.2 Spectrum	15
	3.1.2 Plasma en SON-T lampen	16
	3.1.2.1 Intensiteit en lichtverdeling	16
	3.1.2.2 Spectrum	17
	3.1.3 Realisatie overig klimaat	18
	3.2 Resultaten gewaswaarneming	18
	3.2.1 Albatros	18
	3.2.1.1 Sloopwaarnemingen	18
	3.2.1.2 Oogstregistratie	19
	3.2.2 Red beauty	23
	3.2.2.1 Sloopwaarnemingen	23
	3.2.2.2 Oogstregistratie	23
	3.2.3 Riga	27
	3.2.3.1 Vervroeging of verlating	27
	3.2.3.2 Overige resultaten	28
4	Discussie	29
	4.1 Rood licht	29
	4.2 Verrood licht	29
	4.3 Blauw licht	30

	4.4	Led modules algemeen	30
	4.5	Plasma lampen	30
5		Conclusies en aanbevelingen	33
	5.1	Conclusies	33
	5.2	Aanbevelingen	33
6		Literatuur	35
Bijlage I	a.	Proefopzet uit projectvoorstel	37
Bijlage I	b.	Proefopzet na bespreking in BCO	39
Bijlage I	c.	Proefopzet gerealiseerd	41
Bijlage II		Spectrum verschillen in zwavelplasmalampen.	43
Bijlage III		Dataset van sloopwaarnemingen.	45

Samenvatting

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de toepassing van Led lampen en plasma lampen in de teelt van Freesia. Doel van dit onderzoek was de meerwaarde van nieuwe lampen in de teelt van Freesia te beproeven met specifiek aandacht voor belichten met een specifieke lichtkleur of lichtspectrum met als doel overmatige lengtegroei van Freesia in de najaarsteelt (zomerplanting) te beperken en de invloed op het uitgroeien en de kwaliteit van haken te bepalen. Het onderzoek is uitgevoerd door een samenwerking tussen Penning Freesia, Hans Pronk consultancy en Wageningen UR glastuinbouw. Het project is mogelijk gemaakt door financiering door het productschap tuinbouw en uitgevoerd onder begeleiding van de BCO en de landelijke commissie Freesia van LTO Groeiservice.

Al jaren wordt in de Freesiateelt belicht met SON-T lampen. Sinds een aantal jaar zijn ook LED lampen beschikbaar en een actuele nieuwe ontwikkeling is de plasmalamp. Gezien de lage teelttemperatuur van Freesia is de warmte die vrijkomt bij belichten met SON-T lampen in Freesia niet altijd gewenst. Vooral in het najaar is het moeilijk een goede stevige plant te telen als gevolg van SON-T lampen met hoge temperaturen. De vraag is of de morfologie van de plant met belichting te sturen is zodat ook in het najaar een goede plantopbouw bereikt kan worden. Onderzoek toont aan dat het lichtspectrum van invloed is op de morfologie van de plant, maar m.b.t. de groei van Freesia is daarover nog weinig bekend. Door stuurlicht met een hogere fractie blauw of een hogere rood:verrood ratio kan mogelijk een meer gedrongen plant ontstaan. Belichten in een specifiek spectrum kan het best bereikt worden met LED lampen. Zwavelplasmalampen (Ecoplasma 900) hebben een breder spectrum dat beter vergelijkbaar is met het daglicht spectrum in het voorjaar (spectrum Bijlage II). Een proef in een cel zonder daglicht gaf aanleiding te verwachten dat met plasmalampen met minder energie een betere kwaliteit Freesia te telen is, door verbetering van de lichtonderschepping door de stand en de vorm van het blad. Echter, de invloed van daglicht kan verschillen die in een cel ontstaan op het veld teniet doen. Er was daarom behoefte aan een veldproef om op veldniveau de invloed van lichtkleur op de groei van Freesia te bepalen.

De proef is uitgevoerd in de praktijk op het bedrijf Penning Freesia en is voor waarnemingen en verslaglegging ondersteund door Wageningen UR glastuinbouw en Hans Pronk consultancy. De kas was een breedkapper met gangbaar Freesia klimaat en een teelt van het ras red beauty met daar tussen geplant vakken van 1 meter met het ras Albatros. De plantdatum was 14 augustus. Er zijn 80 knollen per m² geplant (maat 8). Dit zijn 96 knollen per strekkende meter bed (proefveldje). Er zijn vier belichting strategieën uitgevoerd:

- Blauw = 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T + 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dagverlenging met blauw licht (LED module)
- Rood = 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T + 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ + dagverlenging met rood licht (LED module)
- Verrood = 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T + 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ + dagverlenging met verrood licht (LED module)
- Plasma1 = belichting met plasmalampen met zelfde intensiteit als SONT controle (Ecoplasma 900)
- Plasma = belichting met plasmalampen met halve intensiteit als SONT controle (Ecoplasma 900)
- SON-T = controle met SON-T lampen (600 W SON-T, 5000 lux geïnstalleerd vermogen met enigszins verouderde lampen).

Rood, blauw en verrood licht is gegeven met onderzoeksmodules die via een buizenconstructie aan het hijsgaas waren bevestigd. De modules waren per kleur dimbaar

Er is gestart met dagverlenging op 30 september 2011, dit was 2,5 week na planten. De dagverlenging is in de donkerperiode aanvullend op de dag uitgevoerd, tot aan het tijdstip dat de assimilatiebelichting aanging van 16.30 tot 2.00 uur, dus in totaal 9,5 uur per nacht. Er is gekozen voor een lange belichtingsduur om invloed op de morfologie te veroorzaken. Begin december is de starttijd i.v.m. kortere dagen aangepast naar 4 uur en werd dus 10 uur dagverlenging gegeven, waarbij echter de laatste 2 uur ook SON-T al aanstond, dus de werkelijke dagverlenging was toen 8 uur. De SON-T en plasmalampen hebben volgens de normale groeilichtstrategie van de kweker gebrand. Dit was bij aanvang in september 14 uur, oplopend tot 16 uur per dag in december en januari.

Bij het lezen van onderstaande conclusies wordt benadrukt dat de resultaten uit een praktijkproef komen en geen solide statistische onderbouwing hebben. De conclusies geven wel een richting aan voor toepassing van of onderzoek naar dagverlenging met monochromatisch licht in Freesia. De volgende conclusies vloeien uit de discussie voort:

- Dagverlenging met 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ stuurlicht lijkt een positief effect te hebben op de productie van vooral het aantal haken. Rood licht lijkt het meest positieve effect te hebben op het cumulatief geoogst gewicht. Verrood licht lijkt een positief effect te hebben op het takgewicht. Over de invloed van blauw licht is geen eenduidige conclusie te trekken.
- Er lijkt een rasinvloed te zijn in de reactie op stuurlicht. Het licht gevoelige Red Beauty reageerde sterker op het stuurlicht behandelingen dan Albatros
- Een daglengte van 24 uur met monochromatisch stuurlicht heeft geen negatief, maar een licht positief, effect gehad op de groei in Freesia. Dit in tegenstelling tot praktijkervaringen en onderzoek met SON-T belichting langer dan 16 uur.
- De resultaten van dit onderzoek wijken af van de hypothesen die op basis van literatuur over de invloed van lichtkleuren op plantengroei voor andere planten dan Freesia is opgesteld. Bijvoorbeeld; Bij Freesia wordt door dagverlenging met rood stuurlicht de tak eerder langer dan korter, en onder verrood licht is niet de strekking te zien die bij andere gewassen wel voorkomt.
- De lengte van het gewas (blad) is met stuurlicht niet beïnvloed, onafhankelijk van de kleur van het licht. Wel was de lengte van de takken beïnvloed door de behandelingen. In beide rassen was de lengte onder plasma lampen korter en in Red Beauty was de lengte onder stuurlicht ook iets korter. De vooraf gewenste invloed op de strekking van het gewas is niet bereikt.
- Er is in deze proef geen extra stimulering van de groei waargenomen door belichten met zwavelpasmalampen ten opzichte van SON-T. Hierbij moet worden opgemerkt dat de lichtverdeling met zwavelpasmalampen niet gelijkmatig te krijgen was. De reflectoren bij deze lampen zijn nog niet goed aangepast aan toepassing in de tuinbouw.
- Voor toepassing in de praktijk van stuurlicht met Led lampen is meer onderzoek nodig omdat de resultaten nog geen statistische hardheid hebben en om eventuele effecten te kwantificeren.
- Er lijkt geen snellere bloei op te treden als gevolg van stuurlichtbehandelingen, ook niet als al vroeg in de teelt gestart wordt (indicatieve proef in Riga). Dit ondersteunt de bevindingen van Gerrit Heij dat daglengte bij Freesia geen invloed heeft op de teeltsnelheid. (Bodem-)temperatuur is hierbij de bepalende factor (Heij, en van Mourik 2008).

Gezien de onzekerheden in dit onderzoek is het verstandig om de positieve resultaten uit deze proef minimaal nog eens goed te herhalen. Op basis van deze praktijkproef worden de volgende aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek:

- Voor vervolgonderzoek kan de aandacht focussen op de invloed van dagverlenging met rood en verrood licht. Bij een vervolgproef wordt aanbevolen de veldjes met lichtkleuren beter te verspreiden om plaatsbepaalde variatie beter uit te sluiten.
- Het lijkt erop dat intensiteit een minder belangrijke rol speelt, maar het zou goed zijn de bandbreedte in kaart te brengen, zoals bij anjers. Door de intensiteit verder te verlagen is energiebesparing en besparing op de investering mogelijk.
- Resultaten in dit onderzoek roept vragen op met betrekking tot de fotoperiodiciteit van Freesia. Is het eigenlijk wel een daglengtegevoelige plant?
- Ook met betrekking tot de belichtingsduur is het de vraag of de huidige strategie de meest optimale is. Indien met minder uur belichten hetzelfde effect bereikt kan worden kan energie bespaard worden. Vooral als ook het aantal uur belichten met SON-T verminderd kan worden.
- Er is sprake van cultivarinvloed, dus een vervolgonderzoek zal rekening moeten houden met deze verschillen.
- Er lijkt geen aanleiding om verder onderzoek te doen naar gebruik van zwavelpasmalampen bij Freesia in kassen. Mocht hier toch, vanuit ervaringen in cellen, aanleiding voor zijn dan dient tenminste een reflector te zijn ontwikkeld die voor geen gelijkmatige lichtverdeling kan zorgen. Zonder reflector die een goede verdeling van het licht geeft is toepassing van zwavelpasmalampen in de kas, ook voor onderzoek, nog af te raden.
- In vervolgonderzoek is het aan te bevelen of stuurlicht de source/sink verhouding beïnvloed. Er moet daarom ook aan de ondergrondse ontwikkeling/productie aandacht besteed worden.
- Onduidelijk is nog waardoor de productietoename ontstaat en of dit aan het gewas zichtbaar is door stand van het gewas/blad of kenmerken als bladoppervlakte.

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de toepassing van Led lampen en plasma lampen in de teelt van Freesia. Doel van dit onderzoek was de meerwaarde van nieuwe lampen in de teelt van Freesia beproeven met specifiek aandacht voor belichten met een specifieke lichtkleur of lightspectrum met als doel overmatige lengtegroei van Freesia in de najaarsteelt (zomerplanting) te beperken en de invloed op het uitgroeien en de kwaliteit van haken te bepalen.

Het onderzoek naar de invloed van lightspectrum op de productie en kwaliteit van Freesia is uitgevoerd door een samenwerking tussen Penning Freesia, Hans Pronk consultancy en Wageningen UR glastuinbouw. Het project is mogelijk gemaakt door financiering door het productschap tuinbouw en uitgevoerd onder begeleiding van de BCO en de landelijke commissie Freesia van LTO Groeiservice.

1.1 Probleemstelling

Al jaren wordt in de Freesiateelt belicht met SON-T lampen. Sinds een aantal jaar zijn ook LED lampen beschikbaar en een actuele nieuwe ontwikkeling is de toepassing van de plasmalamp in de tuinbouw. Gezien de lage teelttemperatuur van Freesia is de warmte die vrijkomt bij belichten met SONT lampen in Freesia niet altijd gewenst. Vooral in het najaar is het moeilijk een goede stevige plant te telen als gevolg van SON-T lampen met hoge temperaturen. De vraag is of de morfologie van de plant met belichting te sturen is zodat ook in het najaar een goede plantopbouw bereikt kan worden. Onderzoek toont aan dat het lightspectrum van invloed is op de morfologie van de plant, maar m.b.t. de groei van Freesia is daarover nog weinig bekend. Door stuurlicht met een hogere fractie blauw of een hogere rood:verrood ratio kan mogelijk een meer gedrongen plant ontstaan. Belichten in een specifiek spectrum kan het best bereikt worden met LED lampen. Zwavelplasmalampen (Ecoplasma 900) hebben een breder spectrum dat beter vergelijkbaar is met het daglicht spectrum in het voorjaar (spectrum Bijlage II). Een proef in een cel zonder daglicht gaf aanleiding te verwachten dat met plasmalampen met minder energie een betere kwaliteit Freesia te telen is, door verbetering van de lichtonderschepping door de stand en de vorm van het blad. Echter, de invloed van daglicht kan verschillen die in een cel gevonden worden op het veld teniet doen (pers. comm. E. Heuvelink PT bijeenkomst LED belichting). Er is een veldproef nodig om op veldniveau de invloed van lichtkleur op de groei van Freesia te bepalen.

1.2 Theoretische achtergrond

1.2.1 Algemeen; invloed van lichtkleuren op plantengroei

Een uitgebreide literatuurstudie naar fotoperiodisch stuurlicht is uitgevoerd door de Boer en Marcelis. (Boer and Marcelis 2009). Zij beschrijven in hun studie dat dagverlenging en/of dagverlenging met stuurlicht met een zeer lage intensiteit in veel gewassen kan leiden tot een groeistimulus. Het mechanisme achter deze groeistimulus kunnen zij echter op basis van de bekende literatuur niet met zekerheid vaststellen. Zij geven twee hypothesen. Enerzijds kan door invloed op de morfologie (plantopbouw, bladstand e.d.) de lichtonderschepping verbeterd worden, waardoor meer fotosynthese gedurende de dag tot een groeistimulus lijkt. Anderzijds is het ook mogelijk dat het fotosynthese proces direct beïnvloed wordt, wat wil zeggen dat door het stuurlicht de fotosynthese zelf efficiënter gaat verlopen, maar deze laatste hypothese is minder waarschijnlijk dan de eerste. Dagverlenging met stuurlicht kan dus meer invloed hebben op het gewas dan invloed op de bloei alleen. Spaargaren geeft in zijn naslagwerk voor belichting in de tuinbouw een duidelijk, zij het enigszins verouderd, overzicht van kennis over de invloed van lichtkleur op de groei en ontwikkeling van planten (Spaargaren 2001).

Weinig rood en veel verrood:

- Meer strekking, dunnere en grotere bladeren (bij zonneplanten juist kleiner blad),
- Minder vertakking.
- Opheffen van de remming van de bloemaanleg bij kortedagplanten planten,
- Sluiten van de huidmondjes.

Veel rood/ en weinig/geen verrood:

- Openen huidmondjes
- Verhoging van aantal huidmondjes,
- Kleiner en dikker blad,
- Remming van lengtegroei bij zonneplanten,
- Uitstel bloemaanleg bij kortedagplanten.

Blaauw licht:

- Remming van de lengtegroei,
- Export assimilaten uit bladgroenkorrels voor verwerking,
- Opengaan van huidmondjes.

Een zeer korte beschrijving van het mechanisme achter de reactie op stuurlicht bij daglengtegevoeligheid is hier beschreven op basis van Taiz (Taiz and Zeiger 2010). De invloed van lichtkleur op de bloemaanleg verloopt via hormonen (florigen) en wordt aangestuurd door fytochromen (P_r en P_{fr}) in het blad. Rood en verrood licht hebben invloed op de activiteit van de fytochromen, maar er zijn ook planten met receptoren die gevoelig zijn voor blauw licht die betrokken zijn bij de bloeinductie. De activiteit van fytochromen reguleert samen met de interne biologische klok van de plant de bloei bij daglengtegevoelige planten. De uitwerking van fytochromen is complex en bij ieder gewas lijkt de reactie anders te verlopen, ook als het beide planten korte of langedagplanten zijn. Specifiek voor Freesia is geen onderzoek gedaan naar de werking van de fytochromen waar dit onderzoek zich op kan baseren.

Daarnaast kan lichtkleur ook invloed hebben op de morfologie van de plant. Sinds de introductie van LED lampen, waarmee licht met monochromatisch spectrum gemaakt kan worden, worden in onderzoek resultaten gevonden die soms in tegenstelling zijn met ouder onderzoek. Zoals stimuleren van de lengtegroei onder invloed van blauw licht i.p.v. remming. Niet alleen de kleur, ook de intensiteit, de duur en het tijdstip van stuurlicht kunnen invloed hebben op het effect. Ook strooilicht en daglicht zijn factoren die de resultaten kunnen beïnvloeden. In de meeste gevallen is onderzoek naar stuurlicht gedaan bij afwezigheid van daglicht. Het weglaten van bepaalde kleuren kan een respons op een andere kleur omkeren. Zoals bijvoorbeeld bij R/B combinaties in komkommer. Hierbij geeft 100% blauw sterke strekking en 95% blauw en 5% rood remming van de lengtegroei (pers communicatie Wim van Ieperen).

Over het algemeen kan gesteld worden dat voor fotoperiodische (daglengte) invloed van stuurlicht een korte lichtpuls op het juiste tijdstip bij kortedagplanten vaak al volstaat om bloeinductie tegen te gaan. Bij langedagplanten is dit minder duidelijk. Bij langere belichtingsduren met stuurlicht wordt de invloed op de morfologie sterker, al zullen fotoperiodische effecten bij daglengte gevoelige planten nog steeds wel optreden (pers. comm. Uulke van Meeteren). Uitvoerige uitwerking van literatuur over fotoperiodiciteit in relatie tot de toepassing van stuurlicht is uitgewerkt door de Boer en Marcelis (Boer and Marcelis 2009) en valt verder buiten de scope van dit project.

1.2.2 Belichten en daglengtegevoeligheid bij Freesia

Spaargaren stelt de minimale streefwaarde voor lichtsom bij Freesia op 4 tot 6 mol/m² per dag (Spaargaren 2001). Dit betekent dat in december op dagen met 2,3 mol/m²/dag er met een belichtingsniveau van 35 tot 50 μmol/m²/s ongeveer 14 uur moet worden belicht. Met deze strategie nemen vers en droog gewicht van hoofdstengels en haken met de helft of meer toe. Ook worden de stengels langer (10%) en het aantal goede knoppen per kam neemt op de hoofdstengel met 40% toe. Tevens wordt het drooggewicht van nieuwe knollen verdrievoudigd.

Voor de vorming van nieuwe knollen en kralen is lange dag gunstig. Naarmate de dagen langer worden gaan de gevormde assimilaten meer naar de ondergrondse delen dan naar de bovengrondse. Dat kan ten koste gaan van de kwaliteit van de hoofdtak en vooral ook van de haken. Deze verandering in de verdeling van assimilaten vindt plaats in het traject van 16 tot 20 uur daglengte. De vorming van haken evenals van de bloemknopaanleg en de takkwaliteit daarvan worden door korte dag gestimuleerd. Lange dag versnelt de teelt tot 2 weken. Voor de bloemproductie zou volgens onderzoek van LUW belichten pas zinvol zijn als de hoofdtak 15 tot 20 cm groot is. Als in een eerder stadium wordt belicht gaan de assimilaten naar de nieuwe knol en niet naar de haken. Onderzoek van PBG heeft aangetoond dat belichten op een jong gewas wel positief effect heeft als er maar niet langer dan 14 uur belicht wordt voordat de bloemstengel een lengte van 20 cm heeft bereikt (Spaargaren 2001). Spaargaren schrijft ook dat het verschijnen van de tweede haak pas aangelegd

wordt als de hoofdtak 15 cm bereikt. Hij baseert zijn verhaal grotendeels op het werk van Doorduyn (Doorduyn 1992) en Berghoef (Berghoef, Farr *et al.* 1991). De invloed van daglengte is meer recentelijk onderzocht door Gerrit Heij. In dit onderzoek is gekeken naar de invloed van daglengte op vroegheid, ontwikkeling en productie van Freesia. Respectievelijk 2, 3, 4, 5 en 6 weken na het planten is een daglengte van 10 uur gerealiseerd. Deze korte dag is aangehouden totdat de knoppen 4 cm lang waren. Een knop van 4 cm werd twee weken eerder bereikt bij een korte dag behandeling vanaf 2 weken na plantdatum, dan bij een korte dag behandeling vanaf 4, 5 of 6 weken na plantdatum. De uiteindelijke oogst werd echter niet vertraagd of versneld door de daglengtebehandelingen, ook was er geen effect op aantal en gewicht van de hoofdtakken en de haken. Een voorbehandeling van de knollen met drie weken 14 °C versnelde in dezelfde proef wel de teeltduur. (Heij, van Mourik *et al.* 2008). Dit geeft aan dat bij Freesia vooral de temperatuur in de eerste fase van de teelt van invloed is op de uiteindelijke lengte van de teeltduur. De invloed van 24 uur belichten in verschillende fases van de teelt is ook onderzocht door Blom. Blom vond in zijn onderzoek dat belichten gedurende 24 uur met SON-T lampen met een intensiteit van 36 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ in de knopaanleg leidde tot vroegere bloei, maar met minder en kortere takken met een lager takgewicht. Belichten na de bloemaanleg gedurende 24 uur leidde slechts tot minimale verschillen, waarbij de verschillen vooral in knalgewicht terug te vinden waren (Blom and Piott 1992). In de praktijk belichten veel telers niet langer dan 14 tot 16 uur, omdat meer belichten onvoldoende meeropbrengst geeft (pers comm Hans Pronk). Bij Freesia is er duidelijk een beperking ten aanzien van langdurig belichten met SON-T lampen, maar het is onduidelijk of dit een daglengte effect is of dat er andere mechanismen in het spel zijn.

1.2.3 Enkele relevante onderzoekservaringen met stuurlicht in andere gewassen

Anjer

In een proef met stuurlicht ($< 1 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) bij anjers resulteerde dagverlenging met Led lampen met rood, verrood en blauw licht in snellere bloei dan met spaarlampen (geen verrood) en gelijktijdige bloei met gloeilampen (veel verrood en weinig blauw). Opvallend was dat de kwaliteit zwaarder was bij gebruik van LED lampen met Rood/Wit/Verrood spectrum bij dagverlenging en lichter bij gebruik van gloeilampen (veel verrood en rood en weinig blauw in het spectrum). (Van der Helm, 2011). De invloed op kwaliteit is in 2012 niet bevestigd (lopend onderzoek van der Helm 2012)

Chrysant

Belichten met verrood geeft geen positief effect op het takgewicht. Door met verrood bij begin van de nachtperiode te belichten nam het aantal zij scheuten en gewicht van de zij scheuten af, de taklengte was langer, de reactietijd korter en percentage droge stof hoger. Er zijn geen verschillen in gewasontwikkeling geconstateerd indien tijdens de dag periode wordt belicht (Maaswinkel, 2012).

Tulp

In een proef met Led belichting bij meerlagenteelt van tulpen gaf blauw licht duidelijk zwaardere en langere tulpen dan rood licht. Onder continue blauw LED licht worden de tulpen langer dan onder rood. Onder rood LED licht spreidt de spruit veel eerder. Hierin is geen verschil bij 30, 15 of 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Wildschut and Campen 2010).

Lisianthus

Bij Lisianthus gaf stuurlicht (4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) met verrood licht een snellere bloei. Rood en in mindere mate blauw licht gaf een gelijktijdige bloei maar een zwaardere tak dan niet behandelde controle (van der Wekken, 2011). Bij Lisianthus is de bloeinductie en aanleg voor een groot gedeelte ook gereguleerd door temperatuur ((Helm, Steenbergen *et al.* 2012) en is er ook onduidelijkheid of het nu wel of niet een kwantitatieve Langedagplant is.

Daglicht lamp

Onderzoek met de daglichtlamp geeft aan dat planten onder een spectrum dat beter overeenkomt met zonlicht dan SON-T licht een andere plantopbouw hebben. Onder de daglichtlamp ontwikkelen de planten bij dezelfde intensiteit tot grotere planten met hoger vers en drooggewicht. Hogewoning verklaart deze extra groei doordat de plant zich meer op het licht richt waardoor hij het licht ook beter kan benutten, dus een betere lichtonderschepping. In feite vindt onder SON-T dus een ongunstige morfologische vervorming plaats die veroorzaakt dat de plant het licht minder efficiënt kan omzetten in droge

stof. De onderzoekers geven aan dat dit vooral in de jonge fase, voor het sluiten van het gewas, een voordeel oplevert. Recenter onderzoek in de opkweek van groenteplanten toont aan dat zwavelplasma lampen qua drooggewicht van jonge komkommerplanten tussen daglichtplasma lamp/rood/blauw/verrood LED met het hoogste en SON-T/rood/blauw LED met het laagste drooggewicht in zitten (PT presentatie Hogewoning, 2012 en Acta Hort Lightsim 2012). Er is dus wel een effect van zwavelplasma lampen op de ontwikkeling en lichtonderschepping te verwachten, zij het iets minder dan bij een echte daglichtlamp.

1.2.4 Hypotheses

Op basis van bovenstaande samenvatting uit de literatuur wordt de volgende verwachting uitgesproken ten aanzien van de invloed van de behandelingen in deze proef.

1.2.4.1 Hypothese rood

Verwacht wordt dat de plant onder invloed van rood licht korter blijft met kleinere en dikkere bladeren. Er kan ook als gevolg van dagverlenging extra groei ontstaan.

Van dagverlenging met rood licht wordt verwacht dat dit door de plant wordt opgevat als lange dag waardoor, als Freesia een kortedagplant is, de bloei trager zal zijn en meer assimilaten naar de knol gaan, resulterend in een hoger knolgewicht, maar geen hoger takgewicht.

1.2.4.2 Hypothese blauw

Van dagverlenging met blauw licht wordt verwacht dat het vooral invloed kan hebben op de morfologie. Het kan twee kanten op gaan. Er zijn bronnen die als algemeen effect vermelden dat de lengtegroei door blauw licht geremd kan worden (Spaargaren 2001), maar ook dat het (lengte-)groei kan stimuleren (Boer and Marcelis 2009). Bij komkommer en Chrysant geeft 100% blauw licht meer strekking. De verwachting is dus dat er ook bij Freesia bij de stuurlichtbehandeling met 100% blauw licht meer strekking optreedt.

1.2.4.3 Hypothese verrood

Van dagverlenging met verrood licht wordt verwacht dat er meer strekking zal zijn met dunnere en grotere bladeren. Verder dat er minder vertakking ontstaat, dus wellicht ook (minder haken. Als Freesia een kortedagplant is kan een versnelling van de bloei mogelijk zijn door opheffen van de remming van de bloemaanleg.

1.2.4.4 Hypothese zwavelplasmalampen

Van de zwavelplasmalampen wordt verwacht dat het spectrum beter overeenkomt met zonlicht dan SON-T licht. Hierdoor kan bij groenteplanten een plantopbouw ontstaan die door betere lichtonderschepping het licht ook beter kan benutten (Hogewoning 2010). Dit moet uiteindelijk resulteren in een hogere productie in grammen droge stof per m². Het is vooraf niet in te schatten of dit in kwaliteit (takgewicht) of aantal takken te zien zal zijn.

1.3 Doelstelling

Voor het onderzoek stond de volgende doelstelling centraal:

De meerwaarde van nieuwe lampen in de teelt van Freesia beproeven met specifiek aandacht voor belichten met een specifieke lichtkleur of lightspectrum met als doel overmatige lengtegroei van Freesia in de najaarsteelt (zomerplanting) te beperken en de invloed op het uitgroeien van haken te bepalen.

2 Materiaal en Methoden

2.1 proefomgeving

De proef is uitgevoerd in de praktijk op het bedrijf Penning Freesia en is voor waarnemingen en verslaglegging ondersteund door Wageningen UR glastuinbouw en Hans Pronk consultancy. De kas was een breedkapper met gangbaar Freesia klimaat en een teelt van het ras red beauty met daar tussen geplant vakken van 1 meter met het ras Albatros. De plantdatum was 14 augustus. Er zijn 80 knollen per m² geplant (maat 8). Dit zijn 96 knollen per strekkende meter bed (proefveldje)

2.2 Proefopzet

2.2.1 Belichtingsstrategieën

In een kap van 12.80 bij 40 meter zijn vier belichting strategieën uitgevoerd:

Blauw = 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SONT + 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dagverlenging met blauw licht (LED module)

Rood = 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SONT + 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dagverlenging met rood licht (LED module)

Verrood = 35 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SONT + 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ dagverlenging met verrood licht (LED module)

Plasma1 = belichting met plasmalampen met zelfde intensiteit als SONT controle (Ecoplasma 900)

Plasma = belichting met plasmalampen met halve intensiteit als SONT controle (Ecoplasma 900)

SONT = controle met SON-T lampen (600 W SON-T, 5000 lux geïnstalleerd vermogen met enigszins verouderde lampen)

Rood, blauw en verrood licht is gegeven met onderzoeksmodules die via een buizenconstructie aan het hijsgaas waren bevestigd. De modules waren per kleur dimbaar (Figuur 1.).



Figuur 1: Nachtelijke weergave van de proefopstelling.

De proefopzet zoals opgenomen in het projectvoorstel is in de eerste BCO gewijzigd. (Bijlage 1a tot 1c). Dit was een voorwaarde voor financiering. Op het moment van de eerste BCO waren de knollen al geplant en moest het voorstel passen binnen dit beplantingsplan met 2 rassen Albatros en Red Beauty. Het vak was in zijn geheel met Red beauty beplant met vakken van 1 m met Albatros, omdat deze cultivar beter bekend is bij de gemiddelde Freesia kweker. Red Beauty reageert sterk op licht en daarom was ook deze cultivar waardevol voor de proef. Een tweede wijziging was naar aanleiding van de lichtmetingen. Het lichtniveau dat verwacht werd bij SON-T en plasmalampen bleek niet gehaald te

worden. Daarom is een proef aangelegd met een halve intensiteit van plasmalampen en een intensiteit vergelijkbaar met de intensiteit van SON-T lampen. Tevens zijn nog enkele veldjes verplaatst i.v.m. de arbeid van de registratie.

De proefopzet uit het projectvoorstel is aangepast op de volgende punten:

- Minder behandelingen en meer herhalingen per behandeling. Er is maar met 1 intensiteit ($2\text{--}6\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) gewerkt en er is alleen aanvullend op de dag een dagverlenging in de proefopzet opgenomen.
- Meer herhalingen in het vak met plasmalampen in c.v. Red Beauty
- Ook voor verrood licht een dimbare onderzoeksmodule i.p.v. bol.
- Aanpassing van het proefplan aan het beplantingsplan met vakken c.v. Albatros
- Verhangen van plasmalampen en aanpassen van reflectoren om een gelijke en een halve lichtintensiteit in de telvakken te realiseren.
- Het aanbrengen van lichtafscherming was ongewenst door de kweker ivm economische schade van schaduwwerking. SON-T en Zwavelplasma lampen gaven strooilicht. De LED lampen, die dichterbij het gewas hingen, veroorzaakten geen strooilicht.
- Verplaatsing van enkele veldjes in c.v. Red Beauty.
- Door vertraging van de levering van plasmalampen is 1^{ste} week november gestart met belichten met plasmalampen. Hiervoor is met SON-T belicht.
- Doordat laat begonnen is met belichten in ook in een later geplant vak c.v. Riga een kleine proef gedaan.

2.2.2 Belichtingsduur

De dagverlenging is in de donkerperiode aanvullend op de dag uitgevoerd, tot aan het tijdstip dat de assimilatiebelichting aanging van 16.30 tot 2.00 uur, dus in totaal 9,5 uur per nacht. Er is gekozen voor een lange belichtingsduur om invloed op de morfologie te krijgen. Dit aansluitend op het onderzoek met nachtonderbreking bij *Lisianthus*. Er is gestart met dagverlenging op 30 september 2011, dit was 2,5 week na planten. In begin december is de starttijd i.v.m. kortere dagen aangepast naar 4 uur en werd dus 10 uur dagverlenging gegeven, waarbij echter de laatste 2 uur ook SON-T al aanstond, dus de werkelijke dagverlenging was toen 8 uur. De SON-T en plasmalampen hebben volgens de normale strategie van de kweker gebrand. Dit was bij aanvang in september 14 uur, oplopend tot 16 uur per dag in december en januari. Een overzicht van de belichte uren per maand is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Aantal uren belicht per maand in het proefvak.

maand	Uren/mnd	
Sept	40	uur
Okt.	192	uur
Nov.	433	uur
Dec.	486	uur
Jan.	487	uur
Feb.	307	uur
Mrt.	102	uur

2.2.3 Metingen en waarnemingen

De lichtintensiteit in de vakken met Led lampen is direct na installeren van de lampen gemeten met een hand gedragen Licor Par meter (staafvormig sensoroppervlak) en een Jaz spectrum meter (puntvormige sensor) oppervlak. Er is op veld niveau gemeten, dat wil zeggen net boven de kop. De lampen gingen met het hijsgeas mee omhoog, waardoor de afstand tot de kop redelijk gelijk bleef. Echter, op 6 december was de afstand tussen LED module en gewas zoveel kleiner geworden door groei van het gewas, dat opnieuw gedimd is. Op dat tijdstip is ook onder de plasmalampen gemeten met de Licor. Het spectrum van de plasmalampen is in januari gemeten.

Gedurende de teelt is in de sloopvakken de ontwikkeling van de bloem en haken, de lengte en het takgewicht gemeten. Hiervoor is steeds 1 representatieve plant gesloopt om het vak niet te snel en te sterk uit te dunnen. Bij de eerste bloei zijn 3 takken per veldje gemeten om een gemiddelde waarde te krijgen. De productie is in de sloopveldjes niet geteld. De productie is geteld en gewogen per oogstdag per veldje. De temperatuur, RV en andere klimaatkengetallen zijn met de normale teelt meetbox bijgehouden.

2.2.4 Data analyse leeswijzer

De analyse van de data is uitgevoerd in Excel. Er is geen statistische verwerking van de data in Genstat uitgevoerd, omdat de opzet een correcte statistische analyse niet toestaat. Dit was binnen de opzet van deze praktijkproef ook niet te realiseren (Bijlage 1c). Wel is door het aantal herhalingen bij de proeven met dagverlenging en bij de controle de betrouwbaarheid van de waarneming goed. Een plaats gerelateerde factor die geen onderdeel was van de proef is echter niet uit te sluiten.

Er is wel in de grafieken een standaarddeviatie van de gehele populatie aangegeven d.m.v. foutbalkjes. Indien de waarde van een behandeling buiten deze balkjes treedt is er een mogelijkheid dat er sprake is van een verschil tussen de waarden en dus mogelijk een behandelingseffect. Indien dit niet zo is, wil dit nog niet zeggen dat er geen verschillen zijn, maar hierover is niet met zekerheid een uitspraak mogelijk. De resultaten van deze proef dienen als indicatie en eventueel een richting aan te geven voor vervolgonderzoek.

3 Resultaten

3.1 Realisatie belichting

3.1.1 LED modules

3.1.1.1 Intensiteit en lichtverdeling

De intensiteit van de Led dagverlenging moest $4 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bedragen. Met 1 lamp was deze intensiteit over 1 meter bed lengte ($1\text{m} \times 1.2\text{m}$) niet egaal realiseerbaar. De veldjes met dezelfde kleur zijn daarom bij elkaar gevoegd zodat een betere lichtverdeling mogelijk was. Echter verschillen tussen recht onder de lamp en iets verder van de lamp verwijderd bleven wel aanwezig (Tabel 2.). Aan de uiterste grenzen van de veldjes kon de lichtintensiteit nog lager zijn tot $1.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Een kleinere oppervlakte als telveld aanhouden was praktisch niet uitvoerbaar door het door elkaar heen groeien van de planten. Dit was bij de gebruikte oppervlakte al lastig.

Tabel 2. Gemeten lichtintensiteit uit Led modules onder de lamp en tussen de lampen met de Licor (PAR, dus rood en blauw) en de Jaz (volledige spectrum, dus ook verrood).

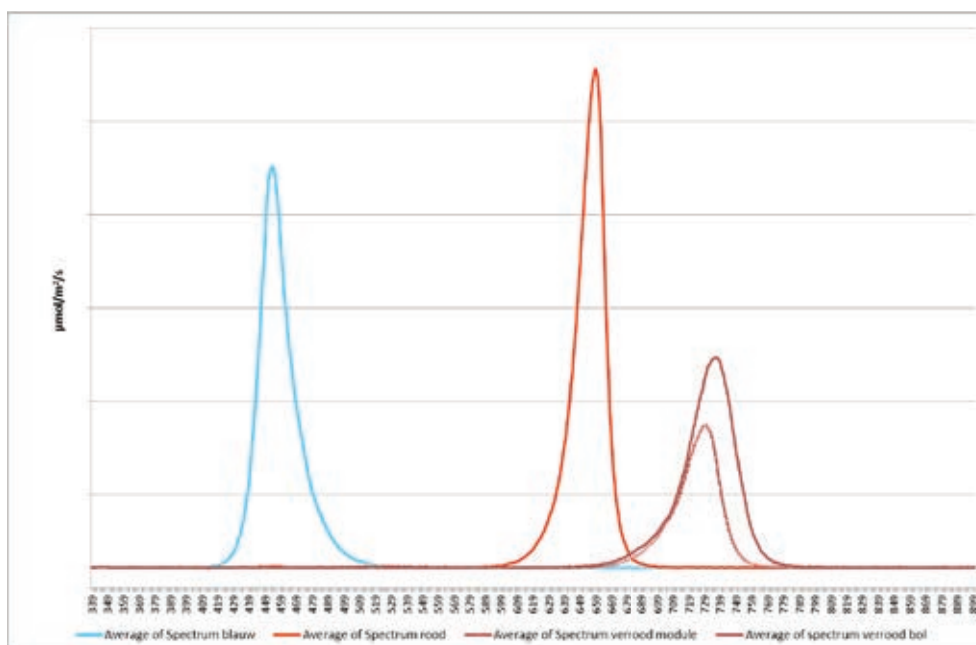
kleur	onder	grens a	grens v
Blauw*	5.6	3.1	3.1
Rood*	4.6	2.6	2.4
Verrood**	6.5	4.0	4.1
Rood**	5.6	3.8	3.3
Blauw**	5.9	3.0	2.6

*Gemeten met de Licor PAR lichtmeter met staafvormige receptor.

**Gemeten met Jaz en via PARSpecs omgerekend naar $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

3.1.1.2 Spectrum

Het spectrum van Led modules is gemeten en weergegeven in (Figuur 2.). De Led bol lijkt een iets breder spectrum te hebben dan de Led module (verrood), maar beide hebben een piek op $730 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. De waarden zijn een gemiddelde van 2 metingen.



Figuur 2. Spectrum van blauw, rode en verrood LED modules en verrood LED bol gemeten met Jaz spectrum meter (intensiteit is variabel).

3.1.2 Plasma en SON-T lampen

3.1.2.1 Intensiteit en lichtverdeling

De intensiteit van de belichting met SON-T en plasmalampen is alleen met de Licor gemeten omdat beide lampen voornamelijk PAR licht uitstralen. De intensiteit voor SON-T van 5000 lux zou in theorie overeen moeten komen met 59 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$. Hier was de proefopzet vanuit gegaan. De lampen waren echter al enkele jaren oud en de lichtniveaus waren diensgevolge lager dan verwacht (30 - 50 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$). Het bed waarboven LED modules waren geïnstalleerd lag tussen de lampen, waar een redelijk gelijkmatige lichtintensiteit van ongeveer 30 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ is gemeten. De intensiteit van de veldjes dicht bij de lamp (s11 en s9) hadden een hogere lichtintensiteit (ongeveer 45 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$). Deze zijn meer naar binnen geschoven, waardoor de lichtsom beter vergelijkbaar was met de velden onder de Led modules.

De intensiteit onder de plasma lampen was zeer wisselend. Er is twee keer gemeten. De eerste keer meten was snel duidelijk dat de lichtverdeling niet goed was. Alle reflectoren zijn toen vervangen door handgemaakte reflectoren. Hierbij is de directe straling van de lamp eerst naar de reflector gekeerd, omdat dit voor zeer hoge plaatselijke pieken zorgde en te weinig straling buiten de directe omgeving van de lamp. Na het vervangen van de reflectoren was de verdeling verbeterd, maar feitelijk nog altijd zeer variabel. Binnen een proefveld is voor en achter in het veld gemeten. De meting gaf aan dat de verdeling zelfs binnen een veldje nog sterk kon variëren. In de veldjes met lage intensiteit (plasma) was de lichtverdeling wel veel gelijkjer dan in de veldjes met hoge intensiteit (plasma1). Een betere verdeling kon niet bereikt worden.

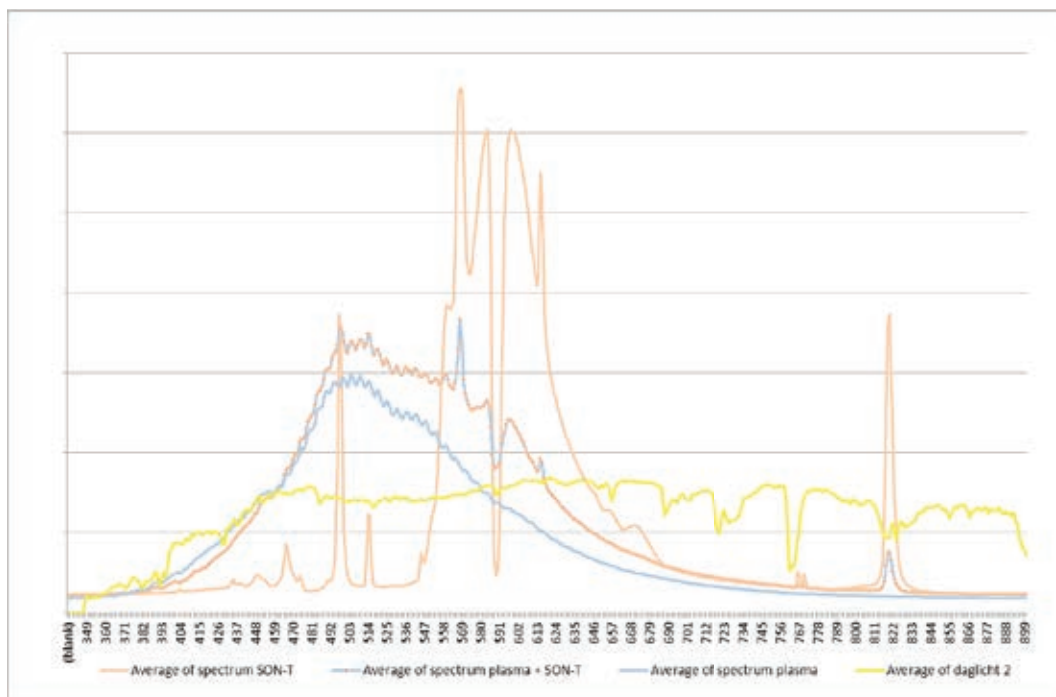
Tabel 3. Gemeten lichtintensiteiten in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ voor de behandelingen SON-T, Plasma en Plasma1

Kleur	ras	code	Sloop/tel	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
SONT	Albatros	s1	s	31.0
		s3	T	34.7
		s4	T	35.4
		s5	T	33.8
		s6	T	36.8
	red beauty	s10	s	34.8
		s11*	T	45.0
		s2	T	33.8
		s7	T	34.3
		s9*	T	47.3
Plasma1	Albatros	p7	s	65.7
		p9	T	37.9
	red beauty	p10	s	35.3
		p11	T	43.6
		p12	T	36.1
		p8	T	55.5
Plasma	Albatros	p1	s	25.0
		p3	T	22.9
	red beauty	p2	T	22.5
		p5*	T	70.0

*Veldje is verplaatst, nieuwe lichtintensiteit is niet meer gemeten met Licor.

3.1.2.2 Spectrum

Het spectrum van Led modules is gemeten en weergegeven in (Figuur 3.). De waarden zijn een gemiddelde van 3 metingen. De plasmalampen waren niet volledig uniform voor wat betreft spectrum. Er waren meer blauwe en meer rode bollen. De verschillen die gemeten zijn waren klein, maar wel meetbaar (bijlage II). De invloed van strooilicht van de normale SON-T assimilatiebelichting in de kas heeft duidelijk meer invloed op het spectrum gehad dan de verschillen tussen de lampen onderling. Hiermee moet wel gezegd worden dat door de combinatie van plasma met strooilicht van SON-T het spectrum zelfs beter vergelijkbaar wordt met de curve van een daglichtspectrum. Het groeilicht onder plasmalampen is tijdens de proef toch wel relatief blauwer geweest dan onder SON-T of daglicht. De resultaten moeten ook in dat licht bekeken worden.



Figuur 3. Spectrumverdeling per nm. van SON-T, zwavelplasmalampen en Zwavelplasmalampen met strooilicht van SON-T in vergelijking met een daglichtspectrum in de kas (Bleiswijk). De waarden zijn een gemiddelde van 3 metingen.

3.1.3 Realisatie overig klimaat

Er zijn geen gegevens verzameld over de realisatie van het klimaat specifiek voor deze proef. Vermeld moet wel worden dat tijdens de BCO eind december het de kwekers opviel dat er verschillen waren in ontwikkeling van het gewas. Het viel vooral op dat langs de randen van het bed in het vak met plasmalampen de ontwikkeling sneller was gegaan dan in het midden van het bed. Er was geen verklaring voor op basis van klimaat.

3.2 Resultaten gewaswaarneming

3.2.1 Albatros

3.2.1.1 Sloopwaarnemingen

De verschillen tussen de behandelingen in de sloopwaarneming zijn klein. Per waarneming is aanvankelijk 1 plant gesloopt waardoor de verschillen niet goed zichtbaar werden. Alleen door de waarneming in de tijd op te tellen worden kleine verschillen zichtbaar. Om meer verschil te zien is de waarneming op 2 januari met 3 herhalingen per veld uitgevoerd. In een vroeger stadium slopen van meer dan 1 plant per veldje zou de proef ook teveel beïnvloed hebben i.v.m. invloed van slopen op de plantdichtheid. De stand van het gewas op moment dat gestart is met belichten met plasma lampen en de laatste sloopwaarnemingen voor de oogst zijn weergegeven in Tabel 4.

De volledige dataset is toegevoegd als Bijlage III.

Tabel 4. Resultaten van de sloopwaarnemingen van Albatros bij de start met belichten met plasmalampen en start van de oogst.

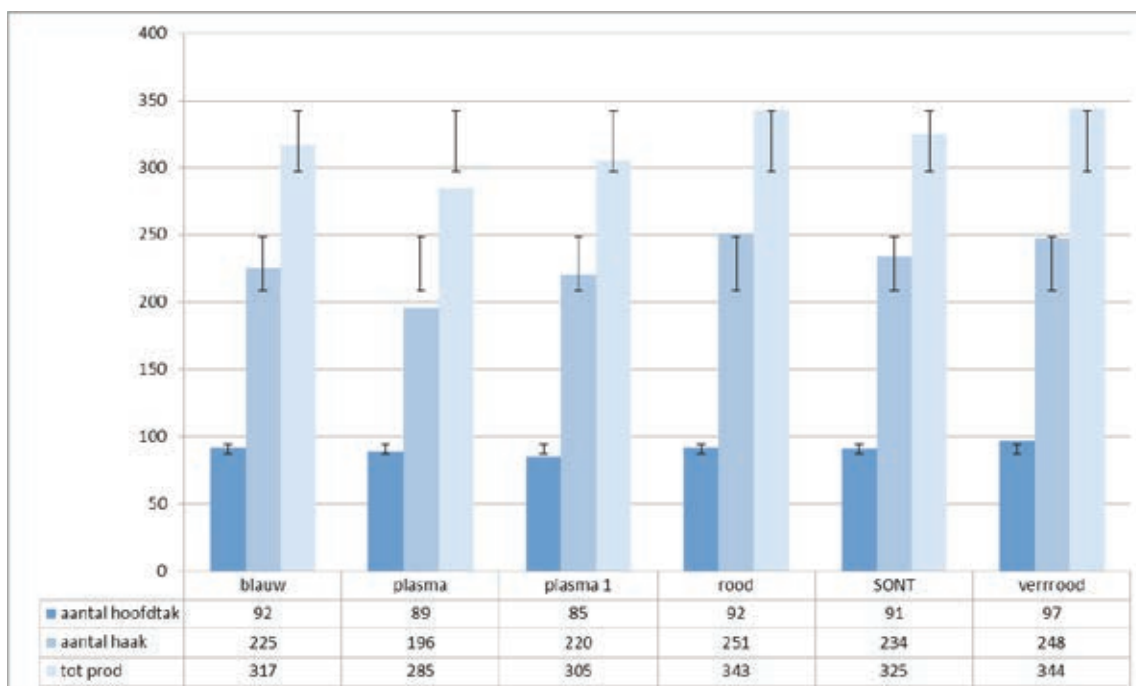
datum	kleur	Knol- gewicht	breedte blad	Blad- lengte	gewicht	aantal blad	hoogte knop	haken	Steel- gewicht
7-11-2011	blauw	1.2	8.0	104	75	11.00	26	6.00	5.3
	plasma	1.1	7.3	102	61	11.00	27	5.00	4.0
	plasma1	1.2	7.5	116	73	10.00	32	6.00	5.5
	rood	1.9	8.6	102	71	12.00	38	5.00	6.3
	SONT	0.8	6.2	106	60	10.00	28	6.00	3.5
	verrood	1.0	7.6	102	64	11.00	23	6.00	3.9
2-1-2012	blauw	2.7	8.3	107	133	11.00	134	5.00	75.1
	plasma	2.8	8.4	107	116	11.20	135	4.00	68.0
	plasma1	2.1	8.0	96	123	10.60	124	4.00	69.6
	rood	3.1	9.1	109	127	11.00	137	4.80	74.2
	SONT	2.1	8.2	99	98	11.00	127	3.80	56.9
	verrood	2.4	8.2	103	119	10.40	129	4.40	66.2

In grote lijnen zijn de volgende opvallende waarnemingen gedaan bij de sloopwaarnemingen. Verschillen zijn niet getoetst op significantie doordat er maar 1 sloopveldje was.

- Rood stuurlicht behandeling lijkt iets meer steelgewicht, breder blad en een snellere ontwikkeling van de bloemhoogte te geven.
- De sloopwaarnemingen laten niet duidelijk zien dat het gewas onder plasma lampen al een duidelijke achterstand had ten opzichte van SON-T.

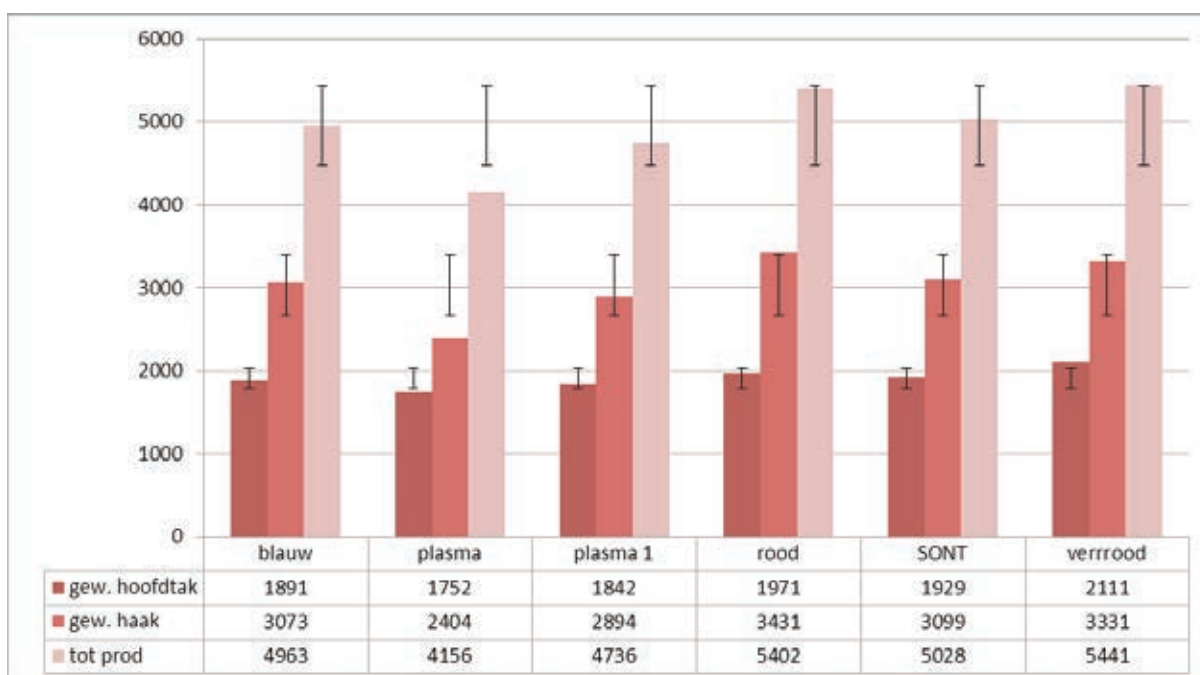
3.2.1.2 Oogstregistratie

De productie van albatros is per lichtkleur weergegeven in Figuur 4. Er zijn in totaal 80 knollen geplant (96 per strekkende meter). In de veldjes met rood en verrood zijn respectievelijk 18 en 19 takken meer geoogst. Dit is 5,2% verschil ten opzichte van de controle met SON-T. Onder plasmalampen met gelijke intensiteit (plasma 1) zijn 20 takken minder geoogst.



Figuur 4. Productie van Albatros per lichtkleur met standaarddeviatie over alle veldjes. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood = 3 en plasma en plasma1 = 1 veldje).

Het totaal geoogst cumulatief gewicht voor albatros is weergegeven in Figuur 5. Onder dagverlenging met rood en verrood licht is ongeveer 400 g meer geoogst. Dit is 7,9% ten opzichte van de controle met SON-T. Onder plasmalampen met gelijke intensiteit (plasma 1) is 300 g minder geoogst. De weergegeven spreiding (standaarddeviatie) is van de hele populatie ten opzichte van het gemiddelde. Deze is dus kleiner dan de standaarddeviatie per behandeling, die niet te bepalen is voor alle behandelingen. Een uitspraak over significantie van de verschillen is niet mogelijk.



Figuur 5. Cumulatief geoogst gewicht (g) van Albatros per lichtkleur met standaarddeviatie over alle veldjes. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood = 3 en plasma en plasma1 = 1 veldje).

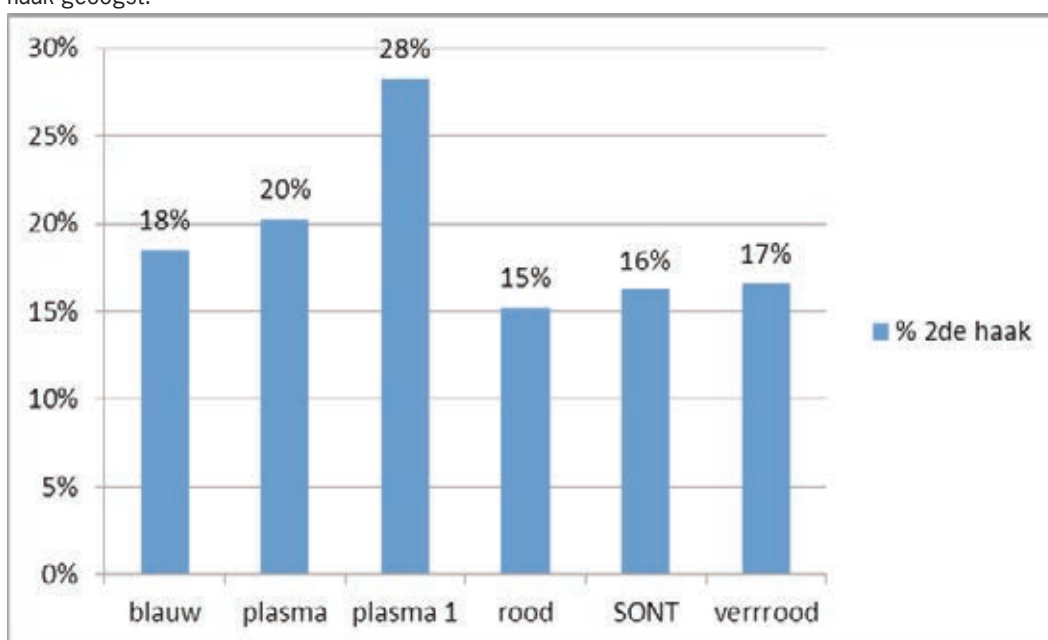
Uit de bovenstaande twee grafieken is een invloed van lichtkleur op het takgewicht af te leiden. Het gemiddeld takgewicht is bepaald door het aantal takken/gedeeld door gezamenlijk gewicht per oogstdatum per veldje. Het takgewicht onder

verrood licht is 0,9 g/tak hoger. Dit is 4,5% zwaarder. Onder Plasma1 0,6 g hoger, maar onder de lage intensiteit 0,9 gram lager. Onder rood licht waren de takken 0,3 gram zwaarder. Opvallend is dat de verschillen die voor de hoofdtak gelden, niet terugkomen bij de haken. Daar geeft blauw licht 0,4 gram zwaardere haken. Onder lage intensiteit plasmalampen is het haakgewicht juist 1,2 gram lager en onder gelijke intensiteit een minimale 0,2 gram. Overige verschillen zijn verwaarloosbaar klein.



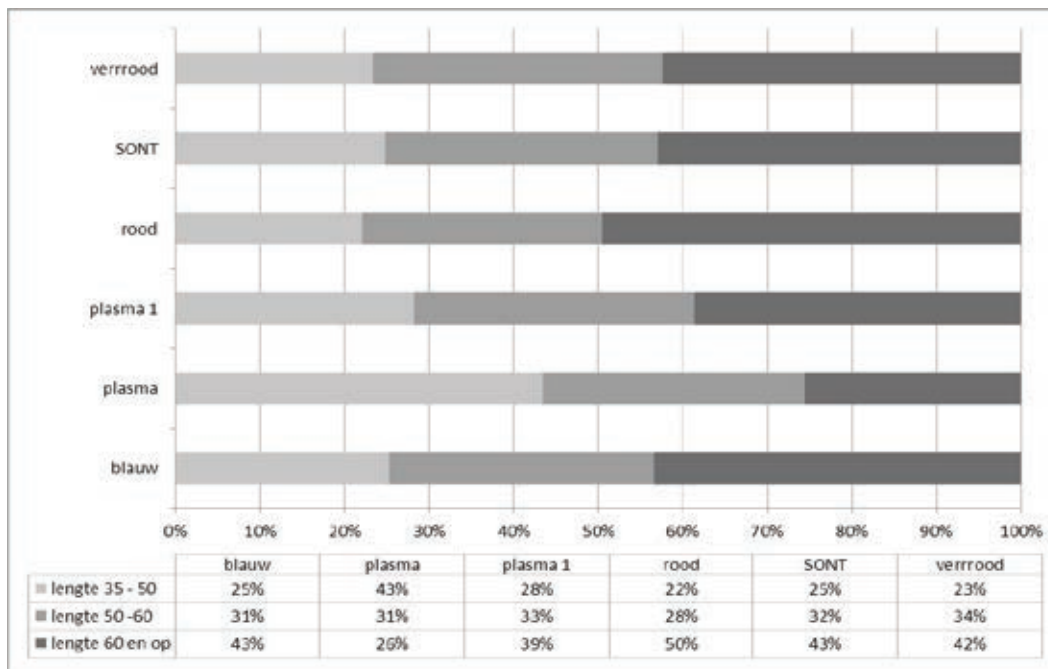
Figuur 6. Gemiddeld takgewicht (g) van Albatros per lichtkleur met standaarddeviatie over alle veldjes. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood = 3 en plasma en plasma1 = 1 veldje).

Als de hoofdtak minder lang is, worden vaker 2 haken in plaats van 1 haak met de hoofdtak mee geoogst. Het % hoofdtakken die met een 2^{de} haak geoogst is weergegeven in Figuur 7. Opvallend is dat vooral in het vak plasma1 (plasma gelijke intensiteit met SON-T) 12% meer hoofdtakken met 2^{de} haak zijn geoogst dan onder SON-T. Onder een lagere intensiteit plasma is het verschil 4% en onder blauw licht 2%. Onder rood licht zijn de minste hoofdtakken met tweede haak geoogst.



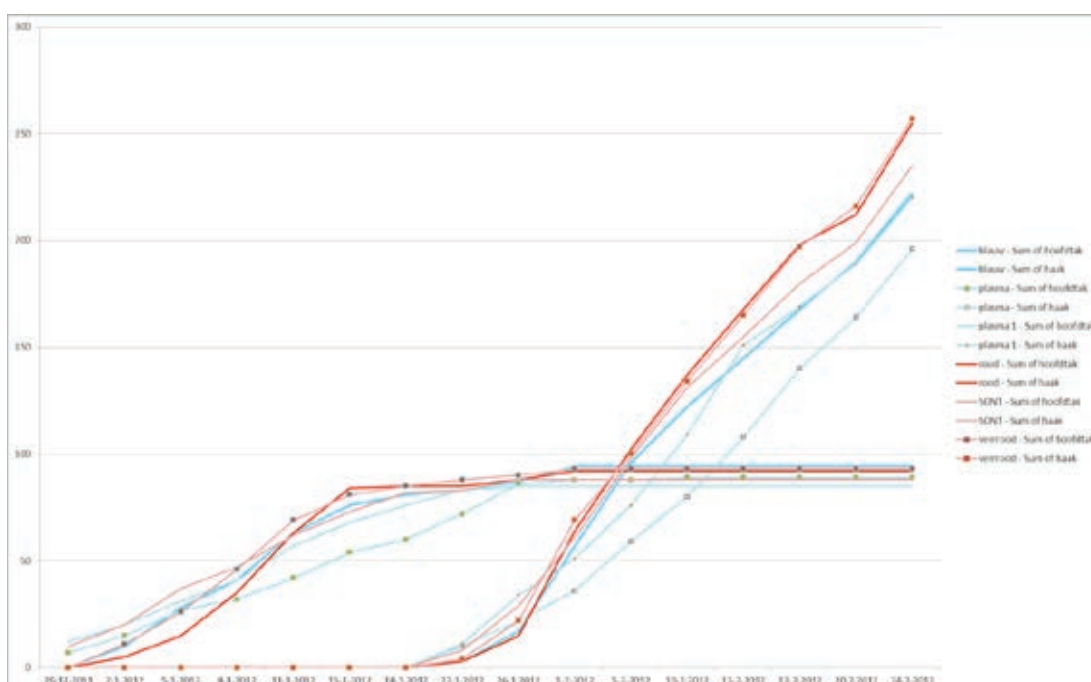
Figuur 7% hoofdtakken met een tweede haak bij Albatros per lichtkleur. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood = 3 en plasma en plasma1 = 1 veldje).

De registratie van de lengte van de hoofdtakken is moeilijk te analyseren. De haken zijn daarom beter uit gesorteerd. De resultaten van de lengtesortering van de haken is weergegeven in Figuur 8. Takken onder rood licht hebben 7% meer takken in klasse 60cm en op. Plasma1 en plasma hebben respectievelijk 5% en 17% minder takken in lengteklasse 60 en op. Verrood en blauw licht weken niet af van SON-T.



Figuur 8. Verdeling over lengtesorteringklassen van de haken bij Albatros per lichtkleur. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood = 3 en plasma en plasma1 = 1 veldje).

Het cumulatief verloop van de productie geeft een beeld van de snelheid van het gewas (Figuur 9.). Dit kan inzicht geven of vervroeging of vertraging is opgetreden als gevolg van de behandelingen. Het meest opvallend is dat de behandeling met lagere intensiteit plasmalampen minder snel de hoofdtakken heeft gegeven dan de overige behandelingen, al was de start van de productie niet later. Bij de haken lijkt de productie niet zozeer trager, alleen lager.



Figuur 9. Cumulatief verloop van de productie Albatros voor 1 veldje per lichtbehandeling.

3.2.2 Red beauty

3.2.2.1 Sloopwaarnemingen

De stand van het gewas op moment dat gestart is met belichten met plasma lampen en de laatste sloopwaarnemingen voor de oogst zijn weergegeven in Tabel 5. De volledige dataset is toegevoegd als Bijlage III. Er waren voor Red Beauty geen sloopveldjes in de vakken met LED belichting.

Tabel 5. Resultaten van de sloopwaarnemingen van Red Beauty bij de start met belichten met plasmalampen en start van de oogst.

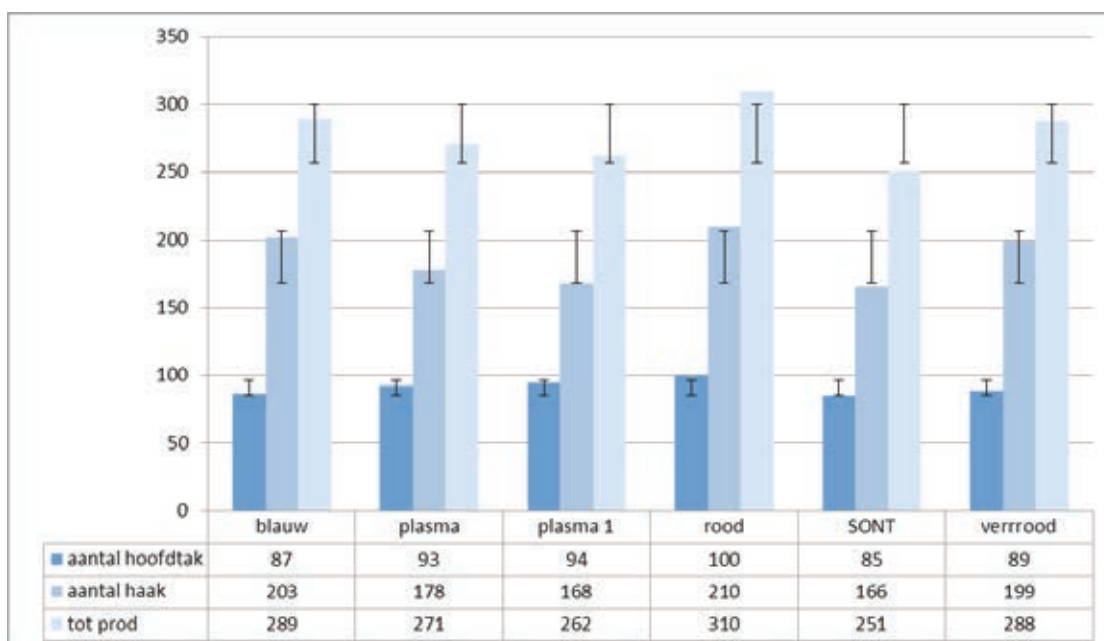
<i>datum</i>	<i>kleur</i>	<i>gem. of knol- gewicht</i>	<i>gem. of breedte blad</i>	<i>gem. of bladlengte</i>	<i>gem. of gewicht</i>	<i>gem. of aantal blad</i>	<i>gem. of hoogte knop</i>	<i>gem. of haken</i>	<i>gem. of steel- gewicht</i>
7-11-2011	plasma	1.50	7.20	100.00	50.40	9.00	15.00	5.00	1.20
	plasma1	2.70	6.60	105.00	57.70	10.00	15.00	6.00	3.00
	SONT	1.20	6.50	104.00	46.50	10.00	25.00	5.00	1.80
23-1-2012	plasma	3.58	6.72	107.40	86.32	9.20	126.80	3.60	59.18
	plasma1	5.48	7.14	114.60	97.44	10.00	126.20	4.00	55.78
	SONT	5.98	7.26	105.00	108.86	10.00	131.00	4.00	67.98

Het valt op dat bij aanvang van het belichten er kleine verschillen waren tussen de behandelingen. De knophoogte bij SONT was hoger, maar dit was een week eerder niet het geval en in de weken was er een steeds wisselend verschil in knophoogte. Ook bij Red Beauty kan niet gesteld worden dat er bij aanvang al een duidelijk verschil tussen het vak met plasmalampen en de controle met SONT.

Bij de oogst was in het vak met plasmalampen met lage intensiteit het knolgewicht duidelijk lager, het blad minder breed en het taggewicht was lager.

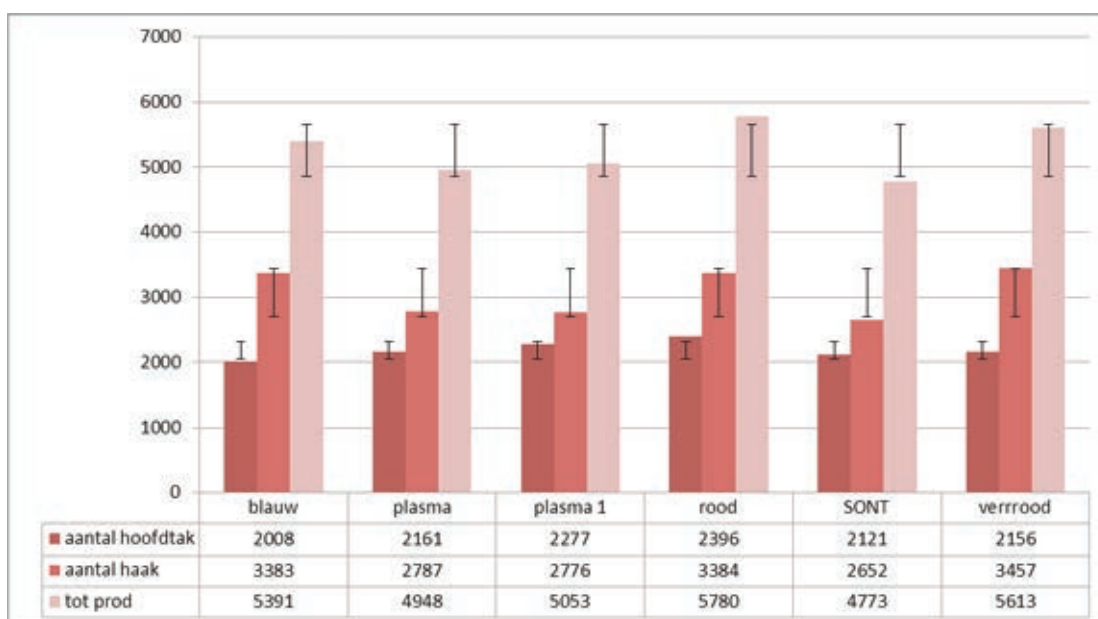
3.2.2.2 Oogstregistratie

De productie van Red Beauty is per lichtkleur weergegeven in Figuur 10. Er zijn in totaal 80 knollen per m² geplant (96 per strekkende meter). Er zijn onder rood licht meer hoofdtakken geoogst dan er knollen geplant zijn. De verklaring hiervoor is het splitsen van de knollen. In de veldjes onder rood licht zijn gemiddeld 59 takken meer geoogst dan in de controle met SONT. Dit is 22,6% verschil. Er zijn onder rood licht zowel veel hoofdtakken als haken geoogst. De SONT controle bij Red Beauty had van alle behandelingen de laagste productie. Ook onder plasmalampen zijn nog 11 en 20 takken meer geoogst. Onder blauw en verrood respectievelijk 37 en 28 takken. Nog altijd 15%. Het verschil zat hem hier vooral in de haken. Er is in Red Beauty wat Fusarium opgetreden. Er zijn gemiddeld 15 planten aangetast geweest in de veldjes plasma 1 en tussen de 2 en 5 in de overige veldjes. Dit heeft geen uitval opgeleverd dat zichtbaar is in de productie.



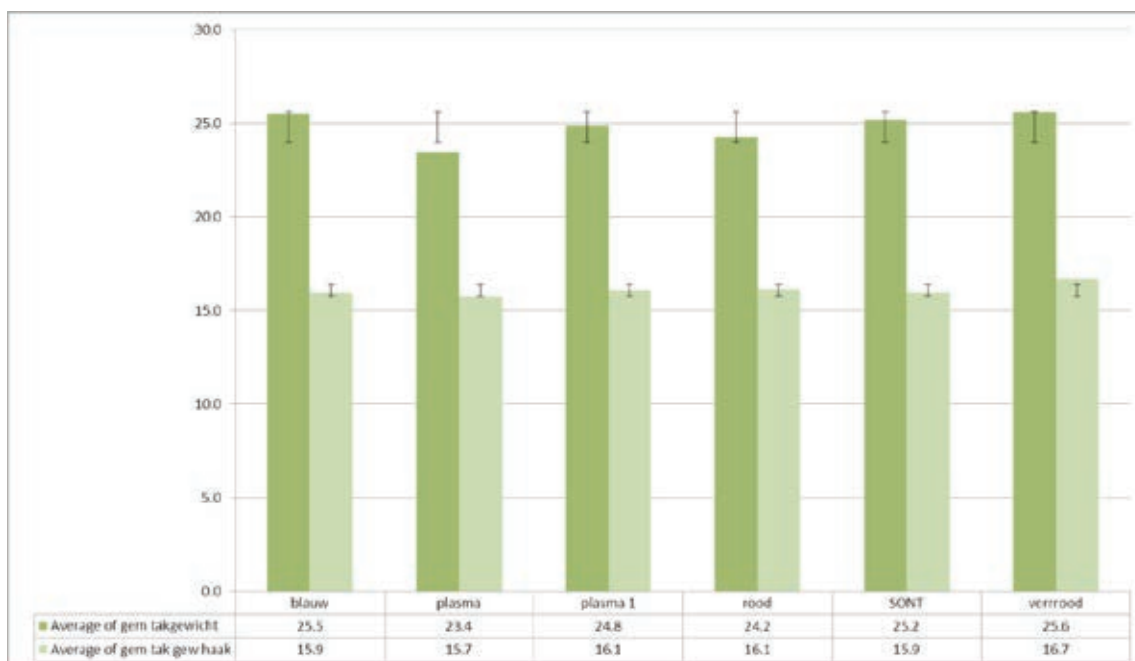
Figuur 10. Productie van Red Beauty per lichtkleur met standaarddeviatie over alle veldjes. De waarden zijn gemiddeld over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood, plasma = 2 en plasma1 = 3 veldjes).

Het totaal geoogst cumulatief gewicht voor Red Beauty is weergegeven in Figuur 11. Onder dagverlenging met rood licht is ongeveer 1000 g meer geoogst. Dit is afgerond 21% meer ten opzichte van de controle met SON-T. Alle dagverlenging heeft vooral meer gewicht aan haken geproduceerd. Bij verrood is totaal 850 gram meer geoogst dan SON-T. Onder plasmalampen met gelijke intensiteit (plasma 1) en lagere intensiteit is respectievelijk 300 g 200 g meer geoogst.



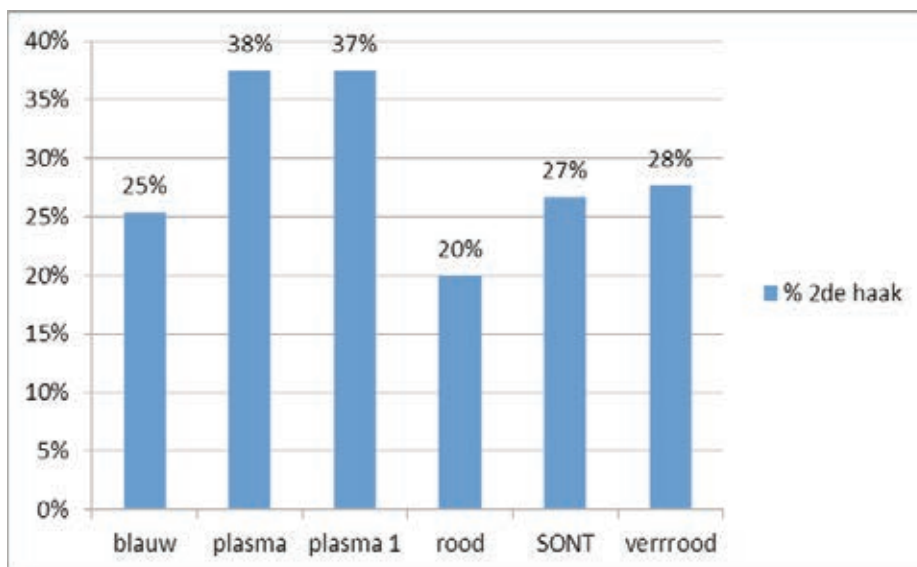
Figuur 11. Cumulatief geoogst gewicht (g) van Red Beauty per lichtkleur met standaarddeviatie over alle veldjes. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood, plasma = 2 en plasma1 = 3 veldjes).

Het gemiddeld takgewicht is bepaald door het aantal takken/gedeeld door gezamenlijk gewicht per oogstdatum per veldje (Figuur 12.). Het takgewicht onder verrood licht is 0,4 g/tak hoger voor de hoofdtak en 0,8 g voor de haken. Onder blauw licht werd de hoofdtak 0,3 gram zwaarder dan onder SON-T. Onder lagere intensiteit Plasma was het gemiddeld takgewicht 1,8 g per tak lager, en onder gelijke intensiteit 0,4 gram lager. Onder rood licht waren de takken 1 gram lichter. Opvallend is dat de verschillen die voor de hoofdtak gelden, niet terugkomen bij de haken. De haakgewichten ontkopen elkaar niet veel, behalve bij verrood, waar de haken duidelijk zwaarder waren.



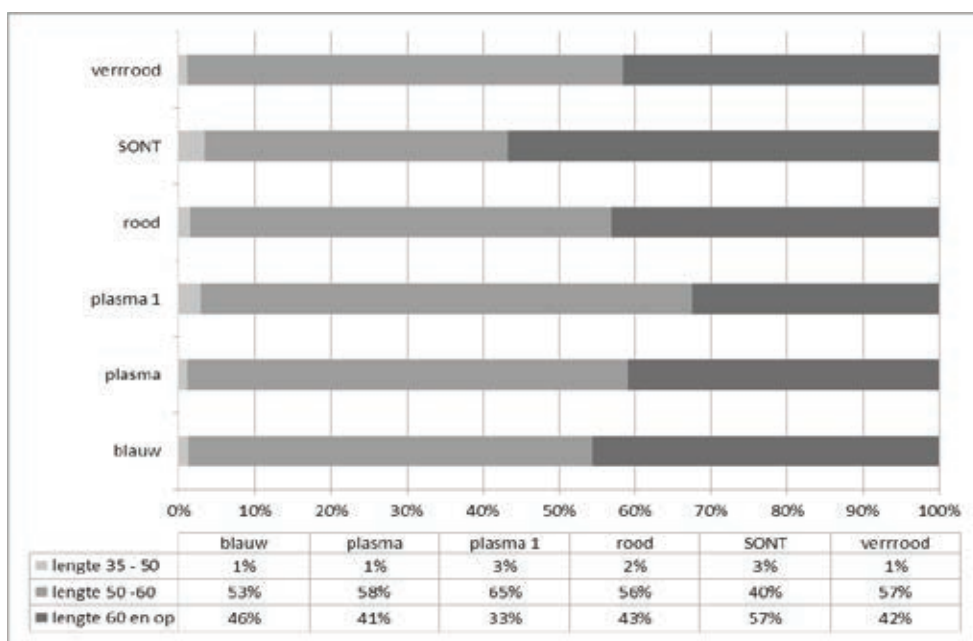
Figuur 12. Gemiddeld takgewicht (g) van Red Beauty per lichtkleur met standaarddeviatie over alle veldjes. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SONT = 4, Rood, blauw, verrood, plasma = 2 en plasma1 = 3 veldje).

Als de hoofdtak minder lang is, worden vaker 2 haken in plaats van 1 haak met de hoofdtak mee geoogst. Het % hoofdtakken die met een 2^{de} haak geoogst is weergegeven in Figuur 13. Opvallend is dat vooral in het vak plasma1 (plasma gelijke intensiteit) 10% meer hoofdtakken met 2^{de} haak zijn geoogst dan onder SONT. Onder een lagere intensiteit plasma is het verschil 11%. Onder rood licht zijn 7% minder hoofdtakken met tweede haak geoogst. Blauw en verrood waren min of meer vergelijkbaar met SONT.

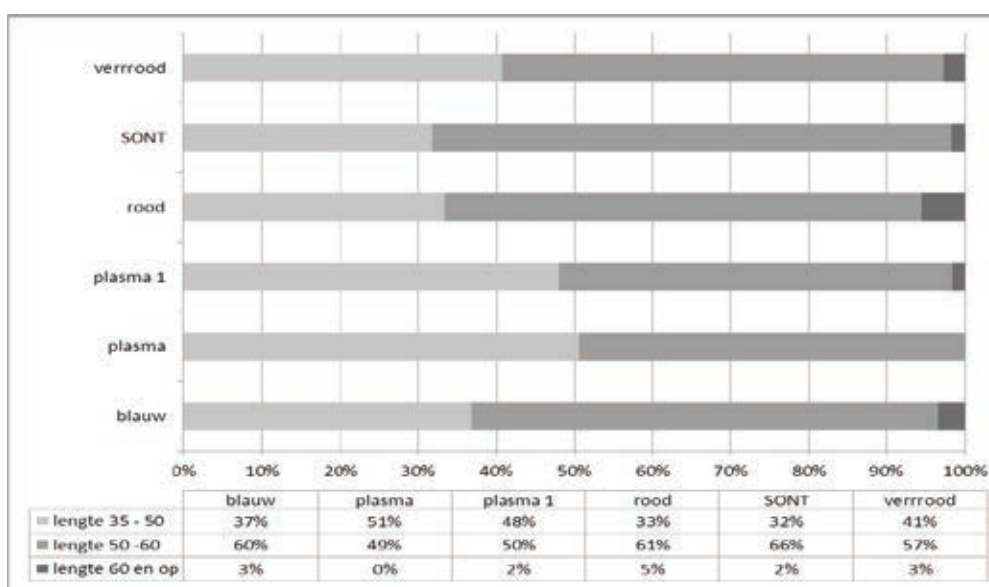


Figuur 13. % hoofdtakken met een tweede haak bij Red Beauty per lichtkleur. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SONT = 4, Rood, blauw, verrood, plasma = 2 en plasma1 = 3 veldjes).

Bij Red Beauty zijn zowel de hoofdtakken als de haken gestandaardiseerd uitgesorteerd. De resultaten van de lengtesortering van de hoofdtakken zijn weergegeven in Figuur 14. en van de haken in Figuur 15. Hoofdtakken onder SONT waren duidelijk langer, variërend van 11% ten opzichte van blauw en 24% ten opzichte van plasma1 in klasse 60cm en op. De haken waren onder SONT ook het langste, maar het verschil ten opzichte van rood en blauw was klein. Onder verrood waren 8% haken minder in klassen langer dan 50cm en bij Plasma1 en plasma vielen respectievelijk 16% en 19% minder takken in lengteklassen groter dan 50cm.

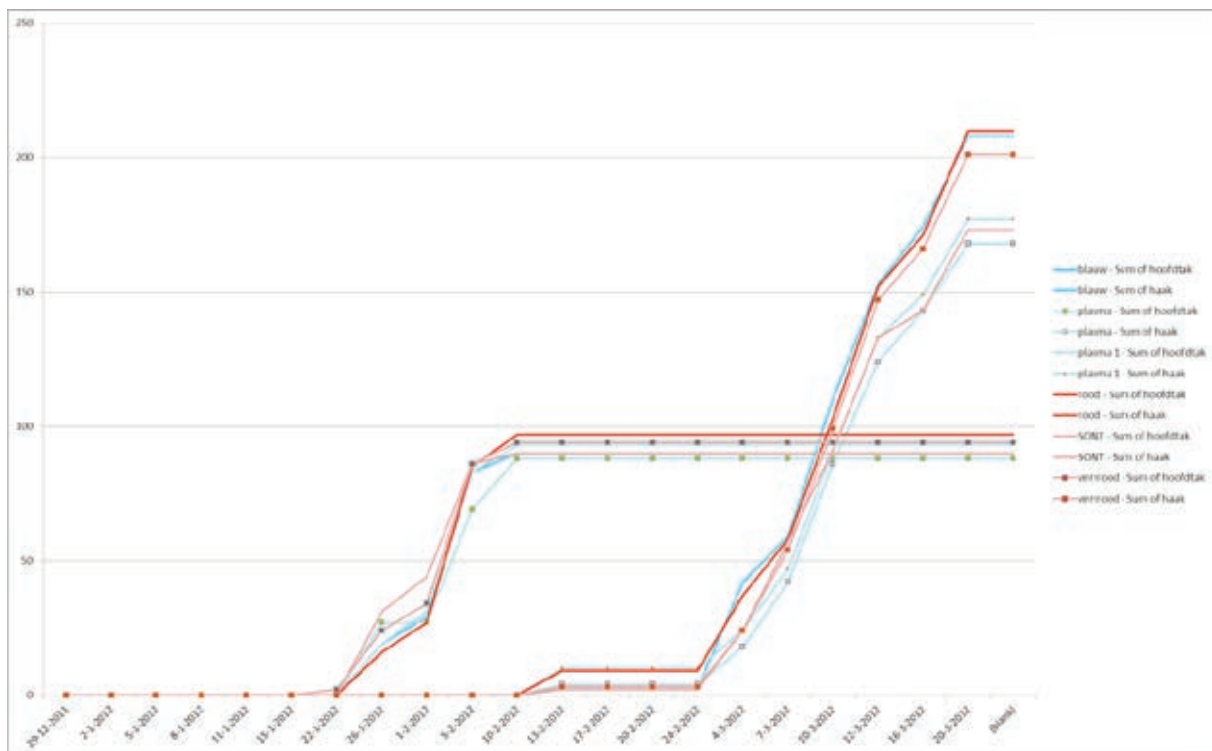


Figuur 14. Verdeling over lengtesorteringklassen van de hoofdtakken bij Red Beauty per lichtkleur. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood, plasma = 2 en plasma1 = 3 veldjes).



Figuur 15. Verdeling over lengtesorteringklassen van de haken bij Red Beauty per lichtkleur. De waarden zijn gemiddelde over het aantal proefveldjes (SON-T = 4, Rood, blauw, verrood, plasma = 2 en plasma1 = 3 veldjes).

Het cumulatief verloop van de productie geeft een beeld van de snelheid van het gewas (Figuur 16.). Dit kan inzicht geven of vervroeging of vertraging is opgetreden als gevolg van de behandelingen. Er zijn geen duidelijke verschillen voor wat betreft de snelheid van de ontwikkeling zichtbaar.

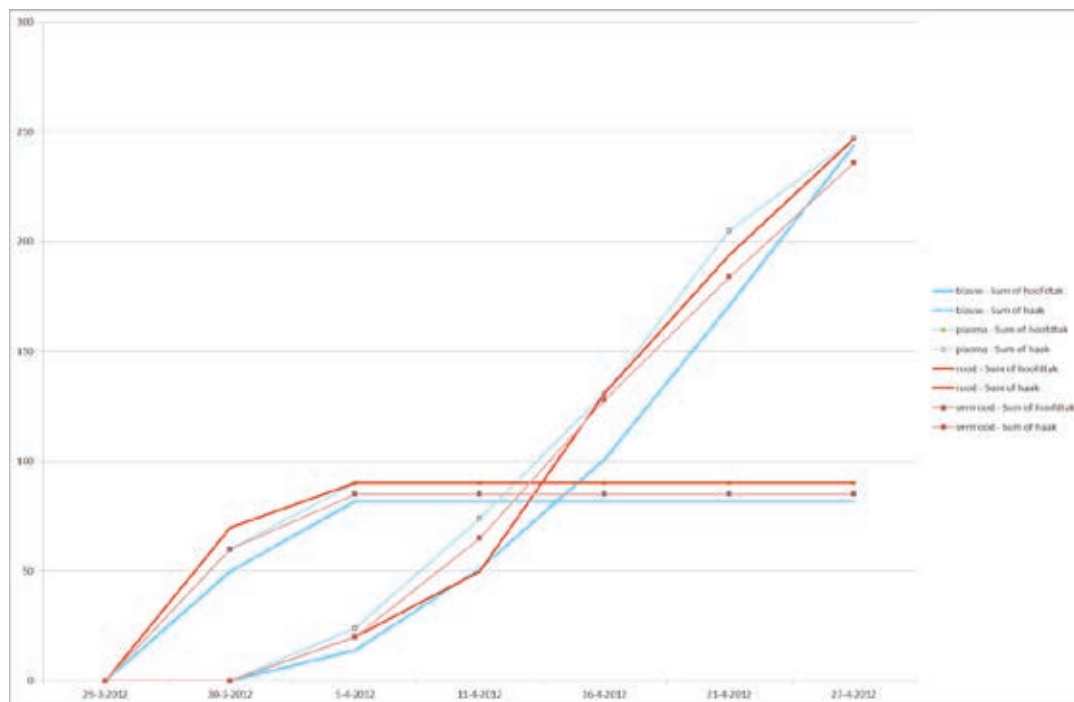


Figuur 16. Cumulatief verloop van de productie Red Beauty voor 1 veldje per lichtkleur.

3.2.3 Riga

3.2.3.1 Vervroeging of verlating

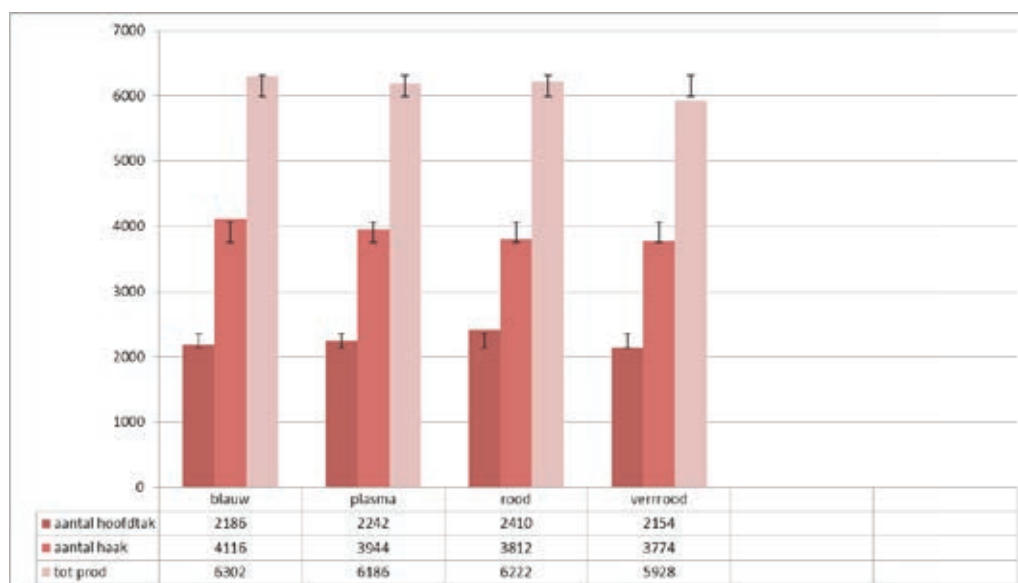
De dagverlenging is 6 weken na het planten begonnen. In de BCO is er discussie geweest of hiermee niet de eerste periode van knopaanleg gemist is. Daarom is een kleine proef met een rode en blauwe Led module, een verrode LED lamp en een plasmalamp uitgevoerd in een nieuw geplant vak van het ras Riga. Het doel van dit kleine proefje is te zien of er niet een duidelijke versnelling of vertraging optreedt als in een jonger stadium gestart wordt met dagverlenging. Het cumulatief productieverloop is weergegeven in Figuur 17. Er is helaas geen controle veld met SON-T geteld en ook de lichtsom is niet gemeten, behalve voor het afstellen van de hoogte van de LED modules (afgesteld op $4 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Het resultaat van dit proefje geeft geen aanleiding te verwachten dat versnelling van de bloei gerealiseerd kan worden door dagverlenging met een specifieke lichtkleur of belichten met plasmalampen. Wel lijkt de productie onder blauw licht iets trager te zijn verlopen.



Figuur 17. Cumulatief verloop van de productie van Riga in een extra proef met 1 veldje per lichtkleur.

3.2.3.2 Overige resultaten

Het geoogst gewicht per veldje staat in Figuur 18. Opvallend is het iets hoger geoogst gewicht onder blauw licht. In Figuur 17. is te zien dat onder blauw licht de productie iets trager lijkt te zijn geweest. De takken waren ook gemiddeld iets langer met een hoger takgewicht. Opvallend is dat onder verrood geen hoger takgewicht is ontstaan en ook de productie was relatief laag. Er is een LED bol in plaats van een module gebruikt met net een iets ander spectrum en lagere output. Opvallend was ook dat het gemiddeld takgewicht onder de plasma lamp ook hier lager was dan de overige behandelingen, 2,3 g verschil met blauw, hoogste takgewicht. De takken waren niet veel korter, maar wel het kortste van de vier veldjes. Het relatief hoge geoogst gewicht van hoofdtakken onder rood licht hangt samen met een hoge productie in combinatie met een relatief hoog takgewicht.



Figuur 18. Geoogst gewicht (gram) per veldje in een extra proef in Riga met 1 veldje per lichtkleur.

4 Discussie

Vooraf zijn op basis van de literatuur hypothesen opgesteld ten aanzien van de reactie op de behandelingen. De resultaten maken duidelijk dat deze verwachtingen niet altijd zijn uitgekomen. Per behandeling wordt dit kort besproken. De verschillen zijn niet statistisch te analyseren en de rol van het toeval bij het ontstaan van de verschillen is dus niet duidelijk aan te geven. Dit moet de lezer in het achterhoofd houden bij het lezen van deze resultaten.

4.1 Rood licht

Dagverlenging met rood licht heeft in deze proef geleid tot een hogere productie van het aantal takken ten opzichte van SON-T in zowel Albatros als Red Beauty en ook in Riga was de hoogste productie onder dagverlenging met rood licht. De meer productie zit zowel in meer takken als een hoger takgewicht doordat de takken vaak ook gemiddeld iets langer waren. Dit is in hoofdtakken, maar veel sterker nog bij de haken zichtbaar geweest. Er is geen duidelijke invloed op de teeltsnelheid waargenomen. Vermoedelijk was ook de 16 uur belichting met SON-T voor de plant fotoperiodisch al voorbij de kritische daglengte (14 uur), of Freesia is voor wat betreft de snelheid van bloeien niet gevoelig voor daglengte. Dit laatste wordt ondersteund door onderzoek van Heij (Heij, van Mourik *et al.* 2008), het eerste door onderzoek van Doorduyn en Berghoef (Doorduyn 1992). Uit literatuur (Blom and Piott 1992) en praktijkervaring is bekend dat langer dan 16 uur belichten in Freesia niet zinvol is en dat 24 uur belichten zelfs nadelig kan zijn. Opvallend is dat er nu met stuurlicht een daglengte is gemaakt van 24 uur, met naar het zich laat aanzien, positieve effecten. Genoemde effecten zullen dan ook vermoedelijk een morfologische of fysiologische verklaring hebben die niets met fotoperiodiciteit te maken heeft, zoals beschreven door de Boer en Marcelis (Boer and Marcelis 2009). Een positief effect op takgewicht door rood licht is eerder al wel gezien bij *Lisianthus* (lange dag plant) (van der Wekken, 2011). De resultaten zijn gedeeltelijk in tegenstelling met wat er op basis van literatuur verwacht werd. Als hypothese is ook gesteld dat een korter gewas met dikkere en kleinere bladeren zou ontstaan. Dit is niet uitgekomen, wat mogelijk verklaard kan worden uit het feit dat Freesia geen zonneplant is en daarom anders reageert op rood licht dan bijvoorbeeld roos, *Petunia* of tomaat. De groeistimulans, evenals het feit dat Freesia bij 24 uur daglengte wel goed kan ontwikkelen onder rood licht met lage intensiteit, zijn wel interessante resultaten van de dagverlenging met rood licht. Gezien de proefopzet, bestaat de kans dat dit op toeval gebaseerd is.

4.2 Verrood licht

Het meest opvallende is dat onder verrood modules door dagverlenging in deze proef een hoger gemiddeld takgewicht is ontstaan. Dit was zowel voor hoofdtakken als haken zichtbaar. De toename van het gewicht was niet toe te schrijven aan toegenomen lengte, want deze was steeds gemiddeld. Ook qua productie was de behandeling goed, maar iets minder dan onder dagverlenging met rood licht. Er zijn zeker niet minder haken ontstaan, zoals op basis van de theorie wel mogelijk zou zijn geweest door invloed van verrood licht op de vertakking. Een vraag die de groeistimulans bij rood licht nog oproept, is of dit het gevolg kan zijn van toch wat fotosynthese. Dit kan echter bij verrood nooit de oorzaak zijn. Recent onderzoek in tomaat (dagneutraleplant) laat een toename van de generativiteit zien door verrood licht. Hetzelfde is te zien bij anjer en *Lisianthus*, maar al deze gewassen zijn lange dag planten en Freesia is voor zover bekend een korte dag plant. Het feit dat er geen invloed is gezien van verrood op de snelheid van bloeien maakt het niet waarschijnlijk dat er sprake is van een fotoperiodisch effect. Eerder is er sprake van een morfologisch of fysiologisch effect. Over dit morfologisch of fysiologisch effect kan slechts gespeculeerd worden, zoals beschreven door de Boer en Marcelis (Boer and Marcelis 2009). Er kan dan gedacht worden aan invloed op bladstand en bladvorm en daarmee een verbetering van de lichtonderschepping, iets dat in onderzoek met de daglichtlamp als mechanisme wordt aangeduid. Er zou ook sprake kunnen zijn van een verbetering van de verwerking of allocatie van de assimilaten. Van de knollen is helaas het gewicht niet bepaald. Er is over de invloed van lichtkleur op assimilatenverwerking bij Freesia geen literatuur beschikbaar. Als hypothese is ook gesteld dat een langer gewas met dunne en grote bladeren zou ontstaan. Dit is niet uitgekomen, maar de groeistimulans, evenals het feit dat Freesia bij 24 uur daglengte wel

goed kan ontwikkelen onder verrood licht met lage intensiteit, zijn wel interessante effecten van de dagverlenging met verrood licht. Gezien de proefopzet, bestaat de kans dat dit op toeval gebaseerd is.

4.3 Blauw licht

De verschillen van dagverlenging met blauw licht ten opzichte van de normale behandeling met SON-T waren steeds niet echt groot. Wel lijkt ook hier een kleine groeistimulans door dagverlenging plaats te vinden. Blauw licht lijkt in ieder geval niet te leiden tot een korter en gedrongener gewas, zoals wel beschreven in de literatuur (Boer and Marcelis 2009). Dit was ook bij rood licht al niet het geval. Ook in *Lisianthus* waren de resultaten van dagverlenging met blauw licht gemiddeld en sprong er niets echt uit, in die zin is aan de verwachtingen voldaan. Er is geen directe aanleiding om met dagverlenging met blauw licht verder te gaan. Tenzij wellicht in een combinatie met rood licht, zoals voor groeilicht vaak wordt gebruikt. Onderzoek in komkommer en chrysant geeft aan dat een combinatie van blauw met een klein beetje rood licht de strekking remt, terwijl 100% blauw licht de strekking stimuleert (pers communicatie W van Ieperen). Dit was ten tijde van het inzetten van de proef niet bekend, want dit was met het oog op het doel van de proef interessanter geweest om te onderzoeken.

4.4 Led modules algemeen

Er is in deze proef met Led onderzoeksmodules gewerkt. Ondanks het clusteren van de veldjes per kleur was er binnen de veldjes een ongelijkmatige verdeling van de lichtsom. Op het veld was hier geen zichtbare invloed van. De intensiteit lijkt minder van belang dan de kleur. In de praktijk kan een betere verdeling bereikt worden door de modules hoger boven het gewas te hangen en meerdere modules te gebruiken. In deze proef was dit niet mogelijk in verband met de onderlinge verstoring van de veldjes die relatief nog dicht bij elkaar lagen. Gezien de lage lichtsom die gerealiseerd moet worden zou dit in de praktijk met relatief weinig modules en dus ook weinig lichtverlies door schaduw en kosten gerealiseerd moeten kunnen worden.

4.5 Plasma lampen

De resultaten onder plasmalampen zijn afhankelijk van de intensiteit. Bij een gelijke intensiteit was het verschil met de SON-T controle niet zo groot. Wel was er een duidelijk verschil in geoogst gewicht met de behandeling die een dagverlenging met LED stuurlicht gehad hebben, deze was onder plasma lampen duidelijk lager. Het enige opvallende verschil met de SON-T controle was de lengte en vermoedelijk daaruitvoortvloeiende, het aantal hoofdtakken met 2 haken. Bij een lagere intensiteit plasmalampen ging de productie duidelijk omlaag bij beide cultivars. Zowel aantal takken als geoogst gewicht/takgewicht was duidelijk lager. Dit verschil in lengte was niet aanwezig in de gewaswaarneming van het blad. Het is opvallend dat de takken zoveel korter zijn gebleven. Een vraag die dit oproept is in hoeverre de plaats in de kas een rol heeft gespeeld. De grens met het vak met plasmalampen was echter met het blote oog zichtbaar. Dit doet toch een behandelingseffect vermoeden, of er moet zoveel toeval in het spel zijn dat een andere sterk beïnvloedende factor precies volgens die lijn verliep. Een verstoring factor is de lichtverdeling geweest. De reflector was niet in staat een goede verdeling te geven, vooral in de veldjes met een intensiteit die vergelijkbaar was met SON-T was de verdeling zeer slecht. Binnen een veldje kon $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verschil voorkomen. Gemiddeld was de lichtsom dan wel vergelijkbaar met SON-T, voor de individuele ontwikkeling van de takken waren er wel verschillen.

Van de plasmalampen werd verwacht dat het spectrum beter overeenkomt met zonlicht. Hierdoor zou, zoals bij groentepplanten, een plantopbouw moeten ontstaan waarbij door betere lichtonderschepping het licht ook beter benut kan worden (Hogewoning 2010). Dit zou uiteindelijk kunnen resulteren in een hogere productie in grammen droge stof per m^2 . Deze verwachting is dus in deze proef met plasmalampen niet uitgekomen. In de proeven met groentepplanten bleek uiteindelijk dat de verschillen die na de opkweek zichtbaar waren niet in een hogere productie bij de kweker resulteerde. In deze proef is de belichting met zwavelplasmalampen pas gestart toen de LAI al maximaal was. Het voordeel van een betere lichtonderschepping is wellicht hierdoor niet benut, zoals ook beschreven door Blom. (Blom and Piott 1992). In Riga is eerder gestart met belichten. In deze proef was het resultaat gelijkwaardig met dagverlenging. Deze proef was

echter slechts indicatief en hing slechts 1 lamp tussen vele SON-T lampen. Gezien de spectrumvermenging die al gemeten is in het grote proefvak kan dit niet als een representatief resultaat gezien worden voor een plasmalamp.

Indien in een jonger stadium toch een verschil gemaakt zou kunnen worden, dan is het nog de vraag of dit bij de oogst dan nog is terug te zien. Het lijkt er vooralsnog niet op dat met zwavelplasmalampen belichten een verbetering kan zijn ten opzichte van SON-T. Zelfs als de energie-efficiëntie van de lamp beter zou zijn, dan is dit als gevolg van de gebrekkige reflector en daaruit voortvloeiende slechte lichtverdeling, in deze proef niet vast te stellen geweest. Uit de literatuur is bekend dat oranje/rood licht voor de fotosynthese normaal gesproken efficiënter is dan het blauw/groene spectrum waar de plasma lamp in piekt. Voor verder onderzoek in Freesia lijkt de in deze proef gebruikte zwavelplasmalamp op dit moment onvoldoende interessant.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Bij het lezen van onderstaande conclusies wordt benadrukt dat de resultaten uit een praktijkproef komen en geen solide statistische onderbouwing hebben. De conclusies geven wel een richting aan voor toepassing van of onderzoek naar dagverlenging met monochromatisch licht in Freesia. De volgende conclusies vloeien uit de discussie voort:

- Dagverlenging met $4 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ stuurlicht lijkt een positief effect te hebben op de productie van vooral het aantal haken. Rood licht lijkt het meest positieve effect te hebben op het cumulatief geoogst gewicht. Verrood licht lijkt een positief effect te hebben op het takgewicht. Over de invloed van blauw licht is geen eenduidige conclusie te trekken.
- Er lijkt een rasinvloed te zijn in de reactie op stuurlicht. Het licht gevoelige Red Beauty reageerde sterker op het stuurlicht behandelingen dan Albatros
- Een daglengte van 24 uur met monochromatisch stuurlicht heeft geen negatief, maar een licht positief, effect gehad op de groei in Freesia. Dit in tegenstelling tot praktijkervaringen en onderzoek met SON-T belichting langer dan 16 uur.
- De resultaten van dit onderzoek wijken af van de hypothese die op basis van literatuur over de invloed van lichtkleuren op plantengroei voor andere planten dan Freesia is opgesteld. Bijvoorbeeld; Bij Freesia wordt door dagverlenging met rood stuurlicht de tak eerder langer dan korter, en onder verrood licht is niet de strekking te zien die bij andere gewassen wel voorkomt.
- De lengte van het gewas (blad) is met stuurlicht niet beïnvloed, onafhankelijk van de kleur van het licht. Wel was de lengte van de takken beïnvloed door de behandelingen. In beide rassen was de lengte onder plasma lampen korter en in Red Beauty was de lengte onder stuurlicht ook iets korter.
- Er is in deze proef geen extra stimulering van de groei waargenomen door belichten met zwavelpasmalampen ten opzichte van SON-T. Hierbij moet worden opgemerkt dat de lichtverdeling met zwavelpasmalampen niet gelijkmatig te krijgen was. De reflectoren bij deze lampen zijn nog niet goed aangepast aan toepassing in de tuinbouw.
- Voor toepassing in de praktijk van stuurlicht met Led lampen is meer onderzoek nodig om de effecten te kwantificeren.
- Er lijkt geen snellere bloei op te treden als gevolg van stuurlichtbehandelingen, ook niet als al vroeg in de teelt gestart wordt (indicatieve proef in Riga). Dit ondersteunt de bevindingen van Gerrit Heij (Heij 2008) dat daglengte bij Freesia geen invloed heeft op de teeltsnelheid. (Bodem-)temperatuur is hierbij de bepalende factor.

5.2 Aanbevelingen

Gezien de onzekerheden in dit onderzoek is het verstandig om de positieve resultaten uit deze proef minimaal nog eens goed te herhalen. Op basis van deze praktijkproef worden de volgende aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek:

- Voor vervolgonderzoek kan de aandacht focussen op de invloed van dagverlenging met rood en verrood licht. Bij een vervolproef wordt aanbevolen de veldjes met lichtkleuren beter te verspreiden om plaatsbepaalde variatie beter uit te sluiten.
- Het lijkt erop dat intensiteit een minder belangrijke rol speelt, maar het zou goed zijn de bandbreedte in kaart te brengen, zoals bij anjers. Door de intensiteit verder te verlagen is energiebesparing en besparing op de investering mogelijk.
- Resultaten in dit onderzoek roept vragen op met betrekking tot de fotoperiodiciteit van Freesia. Is het eigenlijk wel een daglengtegevoelige plant?
- Ook met betrekking tot de belichtingsduur is het de vraag of de huidige strategie de meest optimale is. Indien met minder uur belichten hetzelfde effect bereikt kan worden kan energie bespaard worden. Vooral als ook het aantal uur belichten met SON-T verminderd kan worden.
- Er is waarschijnlijk sprake van cultivarinvloed, dus een vervolgonderzoek zal rekening moeten houden met deze verschillen.
- Er lijkt geen aanleiding om verder onderzoek te doen naar gebruik van zwavelpasmalampen bij Freesia in kassen. Mocht hier toch, vanuit ervaringen in cellen, aanleiding voor zijn dan dient ten minste een reflector te zijn ontwikkeld

die voor een gelijkmatige lichtverdeling kan zorgen. Zonder reflector die een goede verdeling van het licht geeft is toepassing van zwavelpasmalampen in de kas, ook voor onderzoek, af te raden.

- Voor vervolgonderzoek is het aan te bevelen te onderzoeken of stuurlicht de source/sink verhouding beïnvloed. Er moet daarom ook aan de ondergrondse ontwikkeling/productie aandacht besteed worden.
- Onduidelijk is nog waardoor de productietoename ontstaat en of dit aan het gewas zichtbaar is door stand van het gewas/blad of kenmerken als bladoppervlakte.

6 Literatuur

Berghoef, J., D. J. Farr, *et al.* (1991).

“Te vroeg beginnen heeft geen zin : belichtingsonderzoek Freesia (1).” Vakblad voor de Bloemisterij **46**(41): 42-43.

Blom, T. J. and B. D. Piott (1992).

“Assimilative Lighting with High-pressure Sodium Lamps Reduces Freesia Quality.” HortScience **27**(12): 1267-1268.

Boer, d. P. and L. Marcelis (2009).

Fotoperiodisch stuurlicht : verkenning van de mogelijkheden voor toepassing van fotoperiodisch stuurlicht om de groei te stimuleren. Bleiswijk, Wageningen UR Glastuinbouw.

Doorduyn, J. C. (1992).

“Effects of photosynthetic lighting on Freesia grown for winter-flowering.” acta horticultrae **325**: 85-90.

Heij, G., N. van Mourik, *et al.* (2008).

Onderzoek daglengte in de teelt van Freesia. Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw.

Helm, F. v. d., P. Steenbergen, *et al.* (2012).

“Zomerkwaliteit van Lisianthus - invloed van temperatuur, lichtsom, Rv en daglengte tijdens de opkweek op de kwaliteit van lisianthus in de zomer.”

Hogewoning, S. W. (2010).

On the photosynthetic and developmental responses of leaves to the spectral composition of light Proefschrift Wageningen

Spaargaren (2001).

“belichting van tuinbouwgewassen.” hortilux.

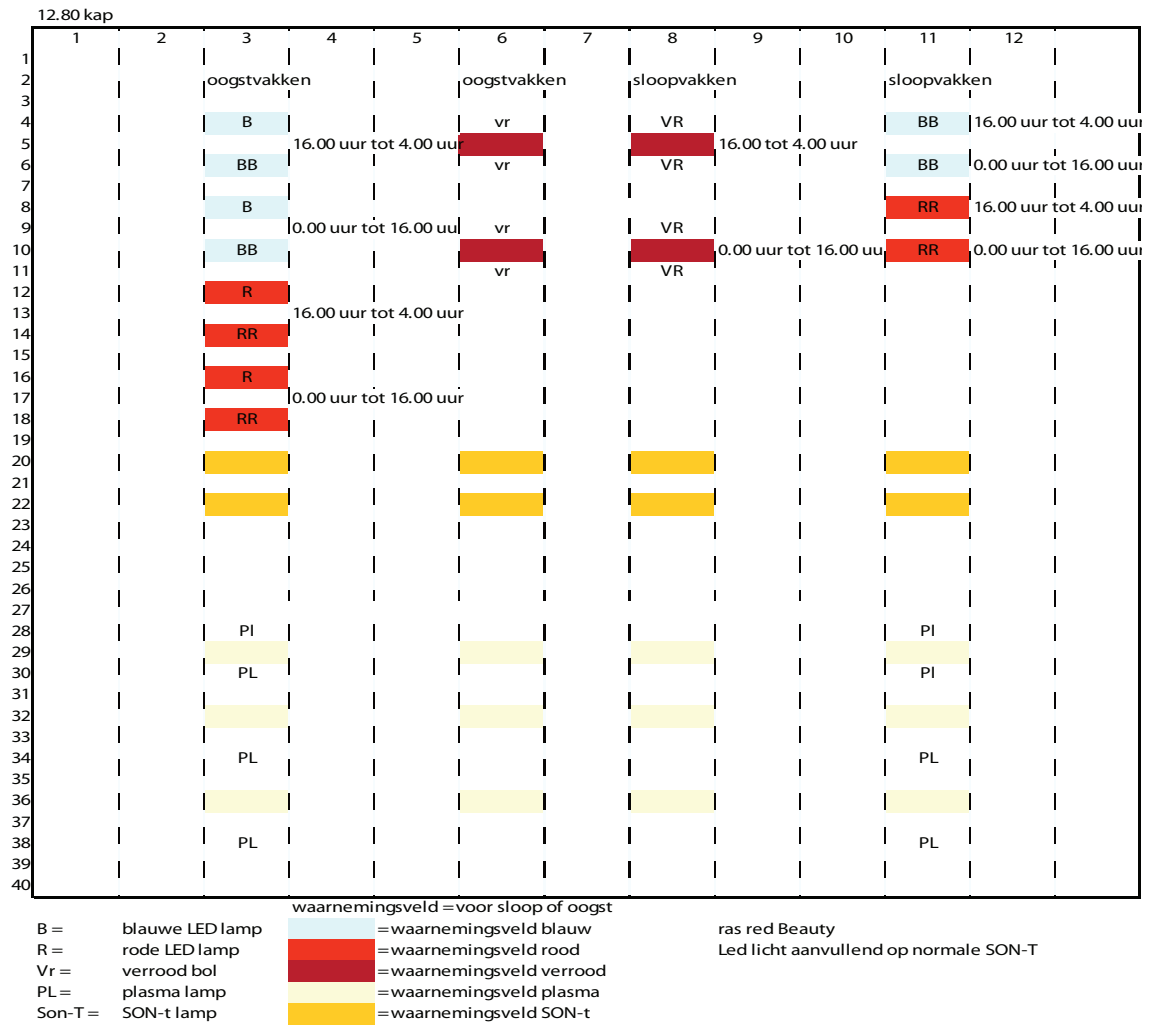
Taiz, L. and E. Zeiger (2010).

Plant physiology. Sunderland, MA, Sinauer Associates.

Wildschut, J. and J. C. Campen (2010).

Meerlagenteelt in de praktijk : energie-efficiënter broeien. Lisse, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit.

Bijlage I a. Proefopzet uit projectvoorstel



Bijlage I b. Proefopzet na bespreking in BCO

bed 8	bed 7	bed 6	bed 5	bed 4	bed 3	bed 2	bed 1
plasma 60 umol							
							
			S p1 ALBATROS	S p4 Red Beauty			
			T p2 red beauty	T p5 Red Beauty			
			T p3 ALBATROS	T p6 Red Beauty			
plasma 90 umol			S p7 ALBATROS	S p10 Red Beauty			
			T p8 red beauty	T p11 Red Beauty			
			T p9 ALBATROS	T p12 Red Beauty			
Led lampen 4 umol							
SON-T 60 umol			s r1 ALBATROS	s s1 ALBATROS			
			s b1 ALBATROS	T s2 Red beauty			T s8 Red beauty
			s v1 ALBATROS	T v4 ALBATROS			
			T v2 Red Beauty	T v5 Red Beauty			
			T v3 ALBATROS	T v6 ALBATROS			T s9 Red beauty
			T r2 ALBATROS	T r5 ALBATROS			s s10 Red beauty
			T r3 Red Beauty	T r6 red beauty			
			T r4 ALBATROS				
				T s4 ALBATROS			
			T b2 ALBATROS	T b5 ALBATROS			
			T b3 red beauty	T b6 blue beauty			T s11 Red beauty
			T b4 ALBATROS				
			T s6 ALBATROS	T s5 ALBATROS			
		T s7 RED BEAUTY					

hoogte LEDs en plasma lampen op basis van intensiteit

Led 4 umol/m2/s in waarnemingsveldjes (met gradient)

Plasma 60 umol en 90 umol/m2/s in waarnemingsveldjes

SON-T 60 umol/m2/s

SON-T en plasma gelijk aanschakelen van 2 u tot 16.00 u.

LED aanschakelen om 16.30 u en uit om 2.00 u (9.5 uur brandtijd)



SON-T



Rood



Blauw



Verrood



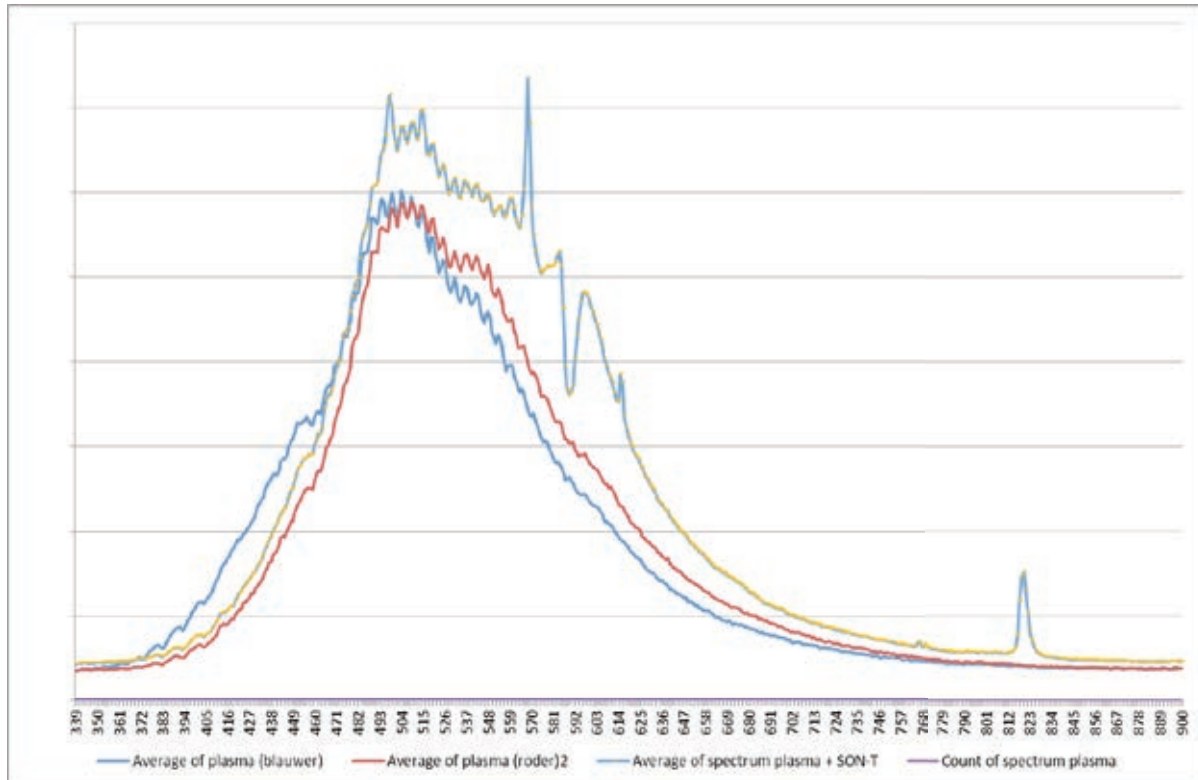
plasma

Bijlage I c. Proefopzet gerealiseerd

[illegible]

Bijlage II Spectrum verschillen in zwavelplasmalampen.

Onderstaande grafiek laat een spectrum verdeling zien van het licht uit een plasmalamp die op zicht respectievelijk roder of blauwer was. Ter vergelijking is het spectrum van plasmalamp met strooilicht van SON-T toegevoegd.



Bijlage III Dataset van sloopwaarnemingen.

ras	datum	kleur	Average of knoglgewicht	Average of breedte blad	Average of bladlengte	Average of gewicht	Average of aantal blad	Average of hoogte knop	Average of haken	Average of steeltgewicht	
Albatros	18-10-2011	blauw	0.50	5.70	80.00	33.80	9.00	1.90	5.00		
		plasma	0.50	4.00	70.00	27.80	7.00	1.50	5.00		
		plasma1	0.60	5.60	77.00	35.90	9.00	3.40	5.00		
		rood	0.50	5.70	80.00	33.80	9.00	1.90	5.00		
		SONT	0.50	5.40	76.00	29.90	8.00	1.80	5.00		
	24-10-2011	verrood	0.60	6.00	71.00	34.40	9.00	1.80	5.00		
		blauw	0.80	7.00	93.00	46.70	10.00	5.40	5.00	0.40	
		plasma	0.60	6.30	86.00	41.50	8.00	5.70	5.00	0.40	
		plasma1	0.60	6.20	86.00	39.60	9.00	4.90	5.00	0.20	
		rood	0.60	6.00	82.00	35.20	9.00	4.70	5.00	0.30	
	31-10-2011	SONT	0.40	5.70	83.00	38.30	9.00	6.00	5.00	0.40	
		verrood	0.30	6.20	77.00	27.50	9.00	3.30	5.00	0.00	
		blauw	0.80	8.30	93.00	52.30	10.00	10.50	5.00	0.90	
		plasma	0.70	7.50	83.00	44.30	10.00	8.00	6.00	0.40	
		plasma1	0.90	6.20	103.00	52.80	10.00	10.20	6.00	0.90	
	7-11-2011	rood	0.90	7.30	96.00	67.80	11.00	11.00	6.00	1.20	
		SONT	0.80	7.60	101.00	47.80	11.00	20.50	5.00	1.60	
		verrood	1.10	5.70	98.00	54.20	10.00	17.00	6.00	1.80	
		blauw	1.20	8.00	104.00	75.30	11.00	26.00	6.00	5.30	
		plasma	1.10	7.30	102.00	61.80	11.00	27.00	5.00	4.00	
	15-11-2011	plasma1	1.20	7.50	116.00	73.50	10.00	32.00	6.00	5.50	
		rood	1.90	8.60	102.00	71.90	12.00	38.00	5.00	6.30	
		SONT	0.80	6.20	106.00	60.40	10.00	28.00	6.00	3.50	
		verrood	1.00	7.60	102.00	64.80	11.00	23.00	6.00	3.90	
		blauw	1.20	6.50	100.00	49.50	11.00	15.50	5.00	1.40	
	21-11-2011	plasma	1.80	6.00	102.00	62.10	10.00	39.00	5.00	6.40	
		plasma1	2.30	7.60	107.00	77.70	12.00	33.50	6.00	7.30	
		rood	1.40	8.50	111.00	77.40	11.00	43.00	5.00	9.90	
		SONT	1.60	7.20	104.00	62.20	11.00	38.00	5.00	7.60	
		verrood	1.50	8.90	102.00	73.90	12.00	32.00	6.00	6.80	
	28-11-2011	blauw	3.80	7.60	111.00	75.50	11.00	37.00	5.00	8.10	
		plasma	2.90	7.70	109.00	93.60	12.00	49.00	6.00	13.10	
		plasma1	1.70	7.60	109.00	61.40	11.00	45.00	5.00	7.50	
		rood	2.50	7.70	115.00	86.60	11.00	53.00	6.00	15.00	
		SONT	2.00	6.30	108.00	77.00	12.00	58.00	5.00	13.70	
	5-12-2011	verrood	1.40	8.30	106.00	78.50	11.00	58.00	5.00	15.00	
		blauw	3.30	9.00	117.00	105.70	13.00	85.00	5.00	28.50	
		plasma	2.30	7.50	114.00	101.60	11.00	62.00	6.00	19.20	
		plasma1	3.30	7.00	109.00	99.10	13.00	70.00	5.00	30.20	
		rood	2.10	7.70	120.00	77.90	11.00	69.00	5.00	16.30	
	12-12-2011	SONT	1.80	7.00	101.00	69.50	11.00	66.00	5.00	20.30	
		verrood	2.20	7.60	101.00	79.90	11.00	63.00	5.00	20.50	
		blauw	2.40	8.20	104.00	97.60	14.00	83.00	5.00	30.90	
		plasma	2.50	9.20	112.00	89.80	13.00	76.00	#DIV/0!	20.70	
		plasma1	1.60	7.80	111.00	97.20	13.00	82.00	5.00	26.80	
	19-12-2011	rood	2.20	8.00	119.00	93.80	13.00	79.00	5.00	27.80	
		SONT	2.40	9.60	108.00	87.20	11.00	90.00	4.00	29.70	
		verrood	3.70	7.50	106.00	98.10	12.00	75.00	6.00	32.90	
		blauw	1.80	8.70	107.00	88.40	11.00	87.00	5.00	32.50	
		plasma	2.60	10.20	101.00	99.60	11.00	111.00	5.00	48.20	
	2-1-2012	plasma1	2.20	7.50	109.00	91.90	11.00	91.00	6.00	37.70	
		rood	2.30	6.50	107.00	102.90	11.00	113.00	5.00	49.30	
		SONT	2.30	8.50	104.00	105.60	12.00	97.00	5.00	46.10	
		verrood	1.50	8.20	104.00	91.60	13.00	92.00	5.00	37.00	
		blauw	2.10	7.70	109.00	92.50	12.00	111.00	4.00	42.30	
	27-12-2011	plasma	3.20	8.60	116.00	110.20	12.00	112.00	6.00	48.20	
		plasma1	3.40	8.00	115.00	120.00	12.00	114.00	6.00	49.90	
		rood	2.50	8.50	107.00	113.40	11.00	123.00	5.00	51.00	
		SONT	1.90	8.50	110.00	126.10	12.00	125.00	5.00	57.00	
		verrood	1.90	7.50	114.00	92.30	13.00	107.00	5.00	39.50	
	9-1-2012	blauw	2.80	8.20	102.00	117.20	11.00	132.00	5.00	67.30	
		plasma	2.40	8.00	98.00	120.10	11.00	126.00	4.00	68.00	
		plasma1	2.50	7.60	102.00	100.50	11.00	127.00	4.00	56.10	
		rood	3.10	8.90	120.00	128.10	11.00	140.00	5.00	79.80	
		SONT	6.00	7.40	113.00	93.30	11.00	102.00	5.00	32.80	
	2-2-2012	verrood	2.80	9.00	102.00	125.70	11.00	122.00	4.00	67.20	
		blauw	2.72	8.36	107.60	133.16	11.00	134.00	5.00	75.10	
		plasma	2.80	8.40	107.80	116.96	11.20	135.80	4.00	68.00	
		plasma1	2.16	8.08	96.80	123.04	10.60	124.20	4.00	69.68	
		rood	3.06	9.12	109.80	127.76	11.00	137.60	4.80	74.20	
	9-9-2012	SONT	2.06	8.28	98.00	98.92	11.00	127.00	3.80	56.98	
		verrood	2.38	8.28	103.80	119.94	10.40	129.80	4.40	66.22	
		blauw									
		plasma									
		plasma1									
	16-1-2012	rood									
		SONT									
		verrood									
		blauw									
		plasma									
	23-1-2012	plasma1									
		rood									
		SONT									
		verrood									
		blauw	8.60	7.20	103.00	94.40	10.00	86.00	4.00	50.60	
	red beauty	18-10-2011	plasma	0.60	6.60	72.00	31.20	9.00	2.80	5.00	
			plasma1	0.90	5.60	71.00	28.50	8.00	0.70	4.00	
			SONT	0.50	4.80	87.00	32.60	9.00	1.80	5.00	
		24-10-2011	plasma	0.80	5.80	91.00	34.80	9.00	2.40	5.00	
			plasma1	0.80	6.30	79.00	31.20	9.00	1.80	5.00	
			SONT	0.80	6.80	88.00	30.10	9.00	3.30	5.00	
		31-10-2011	plasma	1.60	7.30	89.00	50.30	10.00	3.80	5.00	0.30
			plasma1	1.00	7.80	89.00	44.90	9.00	3.30	5.00	0.30
			SONT	0.60	7.30	94.00	42.70	9.00	3.70	5.00	0.10
		7-11-2011	plasma	1.50	7.20	100.00	50.40	9.00	15.00	5.00	1.20
			plasma1	2.70	6.60	105.00	57.70	10.00	15.00	6.00	3.00
			SONT	1.20	6.50	104.00	46.50	10.00	25.00	5.00	1.80
		15-11-2011	plasma	2.30	8.00	100.00	58.20	11.00	15.00	5.00	1.60
			plasma1	1.40	7.00	105.00	49.40	9.00	21.00	5.00	2.30
			SONT	1.90	6.50	115.00	50.30	9.00	29.00	5.00	3.90
21-11-2011		plasma	1.80	8.00	115.00	57.90	11.00	35.00	5.00	5.00	
		plasma1	2.30	7.90	109.00	74.30	10.00	25.00	5.00	4.10	
		SONT	1.70	8.30	113.00	74.90	11.00	42.00	5.00	9.90	
28-11-2011		plasma	3.30	7.70	112.00	67.70	11.00	75.00	5.00	16.10	
		plasma1	6.00	7.00	110.00	82.00	11.00	45.00	5.00	12.60	
		SONT	5.90	7.60	111.00	73.50	11.00	49.00	5.00	12.20	
5-12-2011		plasma	4.20	7.50	111.00	72.80	11.00	53.00	4.00	12.50	
		plasma1	2.40	6.50	106.00	54.10	11.00	46.00	5.00	9.20	
		SONT	3.80	7.30	105.00	79.40	12.00	67.00	5.00	19.80	
12-12-2011		plasma	2.10	8.50	107.00	78.20	12.00	56.00	5.00	11.20	
		plasma1	3.90	8.00	110.00	66.70	11.00	78.00	4.00	23.70	
		SONT	4.60	7.80	113.00	76.70	11.00	81.00	5.00	24.10	
19-12-2011		plasma	3.30	8.20	109.00	79.50	11.00	98.00	4.00	36.80	
		plasma1	4.20	8.00	112.00	84.80	12.00	94.00	5.00	33.10	
		SONT	3.50	5.70	116.00	61.50	11.00	77.00	5.00	48.90	
27-12-2011	plasma	4.60	6.50	118.00	95.70	12.00	107.00	5.00	39.80		
	plasma1	5.70	7.80	122.00	100.70	11.00	103.00	5.00	36.00		
	SONT	1.40	8.50	98.00	123.70	12.00	130.00	4.00	67.90		
2-1-2012	plasma										
	plasma1										
	SONT										
	verrood										
	blauw										
9-1-2012	plasma	4.90	5.10	110.00	43.80	10.00	124.00	5.00	42.10		
	plasma1	3.50	6.70	103.40	33.40	10.00	133.00	5.00	23.60		
	SONT	8.20	6.40	101.00	84.30	10.00	125.00	5.00	44.20		
	plasma	2.80	8.90	104.00	89.30	10.00	122.00	4.00	42.70		
	plasma1	3.30	7.10	108.00	85.70	10.00	125.00	4.00	51.20		
23-1-2012	plasma	3.58	6.72	107.40	86.32	9.20	126.80	3.60	59.18		
	plasma1	5.48	7.14	109.44	97.44	4.00	126.20	10.00	55.78		
	SONT	5.98	7.26	105.00	109.88	10.00	131.00	4.00	62.98		
	plasma										
	plasma1										

