



Lage intensiteit LED belichting in zomerbloemen en trekheesters

Praktijkonderzoek naar effect van stuurlicht op vroegheid en kwaliteit

Frank van der Helm en Arca Kromwijk

Rapport GTB-1348

Referaat

Bij veel snijbloemen wordt productie en kwaliteit verbeterd door kunstmatig belichten in lichtarme perioden. Omdat voor veel seizoensbloemen belichten met assimilatiebelichting (SON-T) niet rendabel is of een te hoge investering vereist, is onderzocht in hoeverre stuurlicht de kwaliteit kan verbeteren en de oogst kan vervroegen. Bij violier (*Matthiola incana*) gaf dagverlenging met lage intensiteit LED belichting (Philips productiemodules 94% rood / 6% blauw) een vervroeging van 10 tot 20 dagen bij een toename in lichtintensiteit van 5 tot 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ op plantniveau. Bij leeuwenbek (*Antirrhinum majus*) was het effect minder sterk en pas zichtbaar vanaf 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Bij *Trachelium caeruleum* was het effect nog weer minder en pas zichtbaar bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ bij twee van de drie rassen. LED belichting overdag bij de korte dag plant Ranonkel (*Ranunculus asiaticus*) had geen effect op het oogsttijdstip. Stuurlicht gaf een donkerdere bladkleur en het blad was donkerder naarmate de lichtintensiteit hoger was. De bladkleur van sneeuwballen (*Viburnum opulus* 'Roseum') verbeterde ook onder rode, blauwe en rood/blauwe LED lampen en onder Retrofit lampen. Bovendien bleef het blad en de stengel onder de bloemtros compacter en was de kwaliteit gemiddeld wat beter onder rood, blauw en rood/blauw stuurlicht. Verrood licht gaf een tegenovergesteld effect met lichter blad, meer strekking en kleiner en spitsler blad.

Abstract

For many cut flowers production and quality are enhanced by adding artificial assimilation light during periods of low light. For many seasonal flowers, the use of high intensity assimilation light is unprofitable or requires too high investment. Therefore the effect of day length extension with low intensity LED light (Philips production modules 94% red / 6% blue) was tested. In stock (*Matthiola incana*) the use of low intensity LED lighting accelerated harvest date by 10 to 20 days as light intensity increased from 5 to 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ measured at plant level. In snapdragon (*Antirrhinum majus*) the effect was less pronounced and visible only from 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. In *Trachelium caeruleum* the effect was even less and only visible at 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in two of the three varieties used. The use of LED lighting during the daytime on the short day plant *Ranunculus asiaticus* had no effect on the time of harvest. In most crops leaf colour improved and leaf colour became darker as light intensity increased. The leaf colour of snowball (*Viburnum opulus* 'Roseum') also improved under red, blue, and 94% red/6% blue LED lights and under Retrofit lamps when compared to no artificial light. Moreover, leaves and stem below the inflorescence remained more compact and quality improved under red, blue, and red/blue light. Far-red LED light gave the opposite effect with lighter leaf colour, increased stem elongation and smaller and more pointed leaves.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1348

Projectnummer: 3242137721

Disclaimer

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Aanleiding	7
	1.2 Doel	7
2	Proeven 2013	9
	2.1 Materiaal en methode	9
	2.1.1 Violier voorjaar 2013	9
	2.1.2 Trachelium najaar 2013	10
	2.2 Resultaten 2013	11
	2.2.1 Violier in het voorjaar	11
	2.2.2 Trachelium in het najaar	13
3	Proeven 2014	15
	3.1 Materiaal en methode	15
	3.1.1 Zomerbloemen	15
	3.1.2 Sneeuwbal (Viburnum opulus 'Roseum')	16
	3.2 Resultaten 2014	18
	3.2.1 Violier	18
	3.2.2 Leeuwenbek	21
	3.2.3 Trachelium	25
	3.2.4 Ranonkel	27
	3.2.5 Sneeuwbal	28
	3.2.5.1 Resultaten eerste trek	28
	3.2.5.2 Resultaten tweede trek	30
	3.2.5.3 Resultaten derde trek	32
4	Economische vergelijking	35
5	Conclusies, discussie en aanbevelingen	37
	5.1 Conclusies	37
	5.1.1 Zomerbloemen	37
	5.1.2 Sneeuwbal	37
	5.1.3 Kosten LED belichting	38
	5.2 Discussie	38
	5.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek	39
	Literatuur	41
	Bijlage I. Proefplannen onderzoek 2014	43
	Bijlage II. Resultaten lichtmetingen	47

Samenvatting

Inleiding

Bij een groot aantal snijbloemen wordt de productie en de kwaliteit verbeterd door kunstmatig te belichten in lichtarme perioden. Dit is nodig om jaarrond afnemers te kunnen voorzien van product dat kwalitatief kan concurreren met buitenlandse producten. Voor veel seizoensbloemen is jaarrondteelt niet mogelijk en is belichten met SON-T lampen niet rendabel of vereist een te hoge investering. Ook is de kwaliteit van de eerste bloemen vroeg in het seizoen soms minder dan van de bloemen die later komen. Dit is met het oog van reputatievestiging bij de start van het seizoen onwenselijk. Daarom is onderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden om met lage intensiteit LED belichting de kwaliteit te verbeteren en de oogst te vervroegen. Het onderzoek is mogelijk gemaakt door de Innovatiemotor van Greenport Aalsmeer, Philips, Florensis en de telers waar de praktijkproeven zijn uitgevoerd.

Proefopzet

Met Philips LED-productiemodules (94% rood en 6% blauw) zijn proefvelden aangelegd met een lichtintensiteit van 5, 10 of 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ op plantniveau. Bij violier en Trachelium is 10 uur belicht aansluitend op dag, startend 1 uur voor zon onder. Bij leeuwenbek is vooruitlopend op de dag belicht van 23.00 tot 9.00 uur. Ranonkel is een korte dagplant die bij lange dag in zomerrust gaat en daarom is bij ranonkel 10 uur belicht gedurende de dagperiode met een belichtingsintensiteit van 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Bij sneeuwballen is het effect van verschillende lichtkleuren onderzocht. Bij een vroege trek zijn proefvelden aangelegd met rood LED licht, blauw LED licht, verrood LED licht, rood/blauw LED licht (94% rood en 6% blauw) en Retrofit lampen (combinatie van rood, verrood en blauw licht) en vergeleken met onbelichte controlevelden. De lichtintensiteit op planthoogte was bij alle lampen 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Er is 12 uur belicht aanvullend aan de dag (15.00 's middag tot 3.00 uur 's nachts) met minimaal 4 uur donker voor zonsopgang.

Vervroeging bij zomerbloemen

Dagverlenging met lage intensiteit LED belichting gaf bij violier, leeuwenbek en Trachelium een vervroeging van de oogst in het vroege voorjaar. De mate van vervroeging verschilde per gewas en per cultivar. Bij violier was het effect het grootst. Dagverlenging met 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED belichting gaf 10 dagen vervroeging. De vervroeging nam toe van 10 tot 20 dagen bij een toename in lichtintensiteit van 5 naar 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Bij violier reageerden alle cultivars in dezelfde mate op de LED belichting. Bij Leeuwenbek reageerden de verschillende cultivars in verschillende mate. Over het algemeen was het effect bij leeuwenbek wat minder sterk dan bij violier en was het effect pas zichtbaar bij een lichtintensiteit van 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ of hoger. Bij Trachelium was het effect weer minder dan bij leeuwenbek en was pas een effect te zien vanaf 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ bij twee van de drie rassen. Het derde Trachelium ras reageerde nagenoeg niet. Trachelium is een kwalitatieve lange dag plant en daarom werd bij de controlebehandeling ook al belicht met gloeilampen voor dagverlenging. Toevoeging van LED-belichting heeft dan een gering effect. Violier en leeuwenbek zijn kwantitatieve lange dag planten en bij violier en twee van de drie leeuwenbekcultivars was bij de controlebehandeling geen dagverlenging aanwezig. LED belichting overdag bij de korte dag plant Ranonkel had geen effect op het oogsttijdstip. Bij violier werd ook een verbetering van de trosvorm bereikt. De vervroeging was bij violier bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ dusdanig sterk dat het takgewicht bij de oogst sterk afnam. Bij 5 en 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ was het takgewicht wel voldoende.

Verbetering bladkleur

Bij alle gewassen verbeterde bladkleur onder de lage intensiteit LED belichting. De bladkleur was donkerder naarmate de lichtintensiteit van de LED belichting hoger was. Vooral in het jonge gewas was een duidelijk effect zichtbaar. De verbetering in bladkleur was bij violier het grootst. Bij leeuwenbek was de verbetering in bladkleur minder sterk en was bij de oogst geen verschil in bladkleur meer meetbaar. Ook bij sneeuwballen verbeterde de bladkleur onder de rode, blauwe en rood/blauwe LED lampen en onder de Retrofit lampen. Verrood licht gaf een tegenovergesteld effect met lichter blad, meer strekking en kleiner en spitsler blad dan bij de controle. Dit effect is ook bij violieren gezien onder verrood licht. Bij de sneeuwballen onder de Retrofit lampen (bevatten deels verrood licht) was het blad ook wat kleiner en spitsler, maar minder sterk dan onder 100% verrood en nog wel acceptabel.

Betere kwaliteit sneeuwballen

Het stuurlicht had bij sneeuwbal ook effect op de strekking. De lengte onder de bloemtros en bladlengte en –breedte was vooral bij rood stuurlicht korter. Bij rood/blauw licht was het effect minder sterk. Omdat de bossen geoogst onder rood licht minder vol waren, gaf de teler de voorkeur aan rood/blauw LED licht. Blauw licht gaf ook minder strekking, maar daar is 's ochtends wat guttatie gezien. Onder de Retrofit lampen was de oogst van de 2^e trek gemiddeld 1,5 dag vroeger dan bij de controlebehandeling. Bij de andere lichtkleuren was de vervroeging minder groot (0,5 dag). In de eerste trek was de kwaliteit onder rood, blauw en rood/blauw stuurlicht gemiddeld wat beter dan bij de controle zonder stuurlicht. De tweede partij kwam makkelijk en uniform los, gaf weinig afwijkers en veel 4-koppers, ook bij de controle zonder stuurlicht. Deze struiken hadden buiten langer kou gehad en daardoor was de knoprust volledig doorbroken. Toch was het percentage uniform uitgelopen bloemknoppen bij rood/blauw en rood stuurlicht iets hoger dan bij de controle zonder stuurlicht.

Kosten LED belichting

Tot $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED licht kunnen de meeste bedrijven met zomerbloemen gebruik maken van de elektrische infrastructuur die op de bedrijven aanwezig is voor stuurlicht die voorheen met 150 W gloeilampen werd gegeven. Economisch wordt het bij lichtintensiteiten hoger dan $10 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ al snel interessanter om met SON-T lampen te gaan belichten vanwege de hoge investeringskosten van LED belichting. Vanuit energie oogpunt is belichten met $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED belichting wel twee keer zo zuinig als het laagst mogelijk te installeren lichtniveau met SON-T lampen met een redelijk goede verdeling. Indien ook in het najaar een positief effect gerealiseerd kan worden met dagverlenging met lage intensiteit Led belichting, wordt de investering eerder haalbaar. Dit is in deze proef nog onvoldoende onderzocht. In het najaar is tot dusver alleen bij *Trachelium Forrest purple* LED belichting toegepast en daar is weinig effect gezien. Bij *Trachelium* is in het voorjaar echter ook weinig reactie op de behandelingen gezien. Mogelijk dat in sterker reagerende gewassen zoals violier en leeuwenbek, in het najaar wel positieve resultaten gerealiseerd kunnen worden met dagverlenging met lage intensiteit Led belichting.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

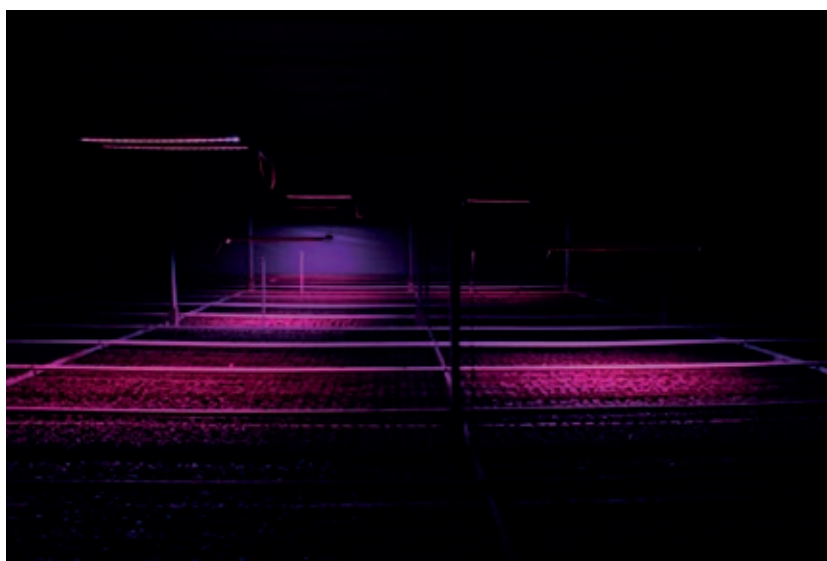
Bij een groot aantal snijbloemen wordt de productie en de kwaliteit verbeterd door kunstmatig te belichten in lichtarmere perioden. Dit is nodig om jaarrond afnemers te kunnen voorzien van product dat kwalitatief kan concurreren met buitenlandse producten. In de regio Roelofarendsveen/Aalsmeer zitten van oudsher veel kwekers van seizoensbloemen. Voor veel seizoensbloemen is jaarrondteelt niet mogelijk en is belichten met SON-T lampen niet rendabel of vereist een te hoge investering. Zij telen veel gewassen die door planteigenschappen seizoensgebonden zijn. Traditioneel kennen deze gewassen een grote productiepiek. Ook is de kwaliteit van de eerste bloemen vroeg in het seizoen soms minder als de bloemen die later komen. Dit is met het oog van reputatievestiging bij de start van het seizoen voor de kweker onwenselijk. Dit was voor firma Bosdijk aanleiding om te zoeken naar mogelijkheden om de kwaliteit van de eerste bloemen te verbeteren. Hiervoor is een vraag ingediend bij Innovatiemotor Greenport Aalsmeer. Dit is een regionaal project, gericht op het stimuleren van de innovatie in de Greenport Aalsmeer. Het project is gefinancierd door de provincie Noord-Holland, samen met het Europees Fonds Regionale Ontwikkeling (Efro) in Brussel.

Wageningen UR glastuinbouw heeft de vraag van firma Bosdijk ingevuld met een onderzoek naar lage intensiteit LED belichting. De komst van LED technologie in de glastuinbouw maakt het belichten met zowel lagere intensiteiten als een zeer specifiek lightspectrum mogelijk. Dit biedt nieuwe kansen om productie en kwaliteit te verbeteren en beter aan te laten sluiten op de wensen van de markt.

1.2 Doel

Doel: Verbeteren kwaliteit en/of verkorten teeltduur door middel van dagverlenging of nachtonderbreking met lage intensiteit LED belichting bij seizoensbloemen.

Efficiëntere belichting betekent relatief meer opbrengst (in stuks en/of kg) per euro elektriciteitskosten. Voor snijbloemen is het minstens zo belangrijk dat de kwaliteit en de sierwaarde wordt verbeterd: zwaardere takken, meer bloemen, donkerder bladkleur, etc. Hiermee kan vooral in najaar, winter en voorjaar de concurrentie met het buitenland beter het hoofd geboden worden.



Figuur 1 Nachtbeeld van LED proef in Violier bij Bosdijk.

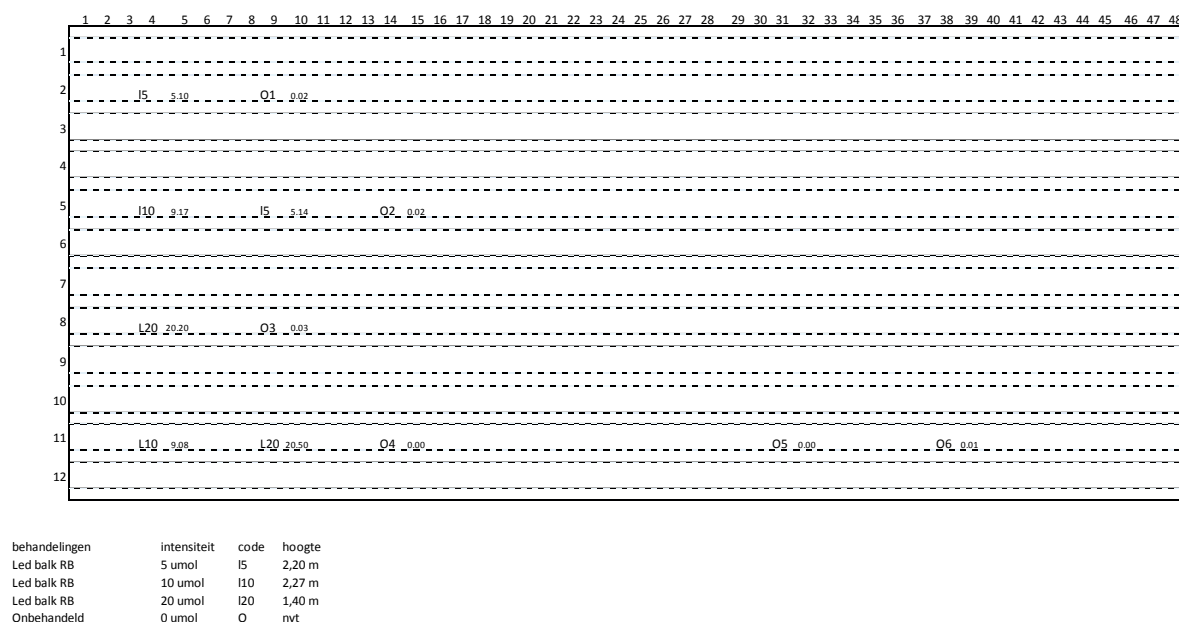
2 Proeven 2013

2.1 Materiaal en methode

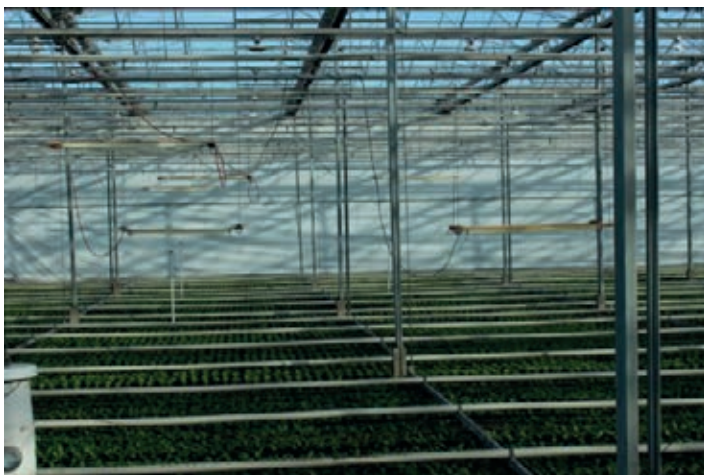
2.1.1 Violier voorjaar 2013

In 2013 is een proef uitgevoerd in violier in het voorjaar en *Trachelium* in het najaar, beiden bij de firma Bosdijk in Nieuwe Wetering. In alle behandelingen is belicht met Philips LED-productiemodules met 94% rood en 6% blauw. De belichting vond plaats door dagverlenging met 10 uur stuurlicht, startend 1 uur voor zon onder. Er is in tweevoud een belichtingsintensiteit van 5, 10 en 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ aangelegd (Figuur 2). De balken werden hiervoor op respectievelijk 2,20 meter, 2,27 meter en 1,40 meter boven de planten gehangen (Figuur 33). Doordat de behandelingen over meerdere kappen hingen (om onderlinge lichtverstoring te voorkomen) waren er in deze proef 4 cultivars: Figaro light rose, Figaro lavender, Centum deep blue en Jordyn white. Bij elke cultivar is een proefveld zonder belichting aangelegd. De lichtverdeling in de proefvelden is nagemeten met een Lycor PAR meter met fotoreceptieve staaf van 1 meter. De resultaten van deze metingen zijn weer gegeven in bijlage II. De verdeling was vooral bij de 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ velden minder goed. Langs de randen was de intensiteit ongeveer 5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ lager dan in het midden. Ter oriëntatie zijn achteraan op bed 2 en 4 ook enkele lampen met een deel verrood licht opgehangen. Er is geplant in week 2 - 2013.

In iedere behandeling is van 5 planten van 1 blad de bladkleur bepaald. Gekozen bladeren hadden min of meer dezelfde bladleeftijd, afgeleid van positie aan de plant. Voor de meting is een SPAD meter gebruikt. De waarneming is 5 weken na planten uitgevoerd (21 feb). In telvakjes is de kwaliteit van de bloemen bepaald, waaronder lengte en gewicht van de takken, bladkleur en aantal bloemen. De eerste 10 takken van ieder veld zijn door Wageningen UR Glastuinbouw nauwkeurig gemeten en gewogen. De overige takken zijn per oogstdag geteld en er is door de kweker 2 keer per veldje een steekproef genomen en het totaal gewicht bepaald.



Figuur 2 Proefschema violier voorjaar 2013.

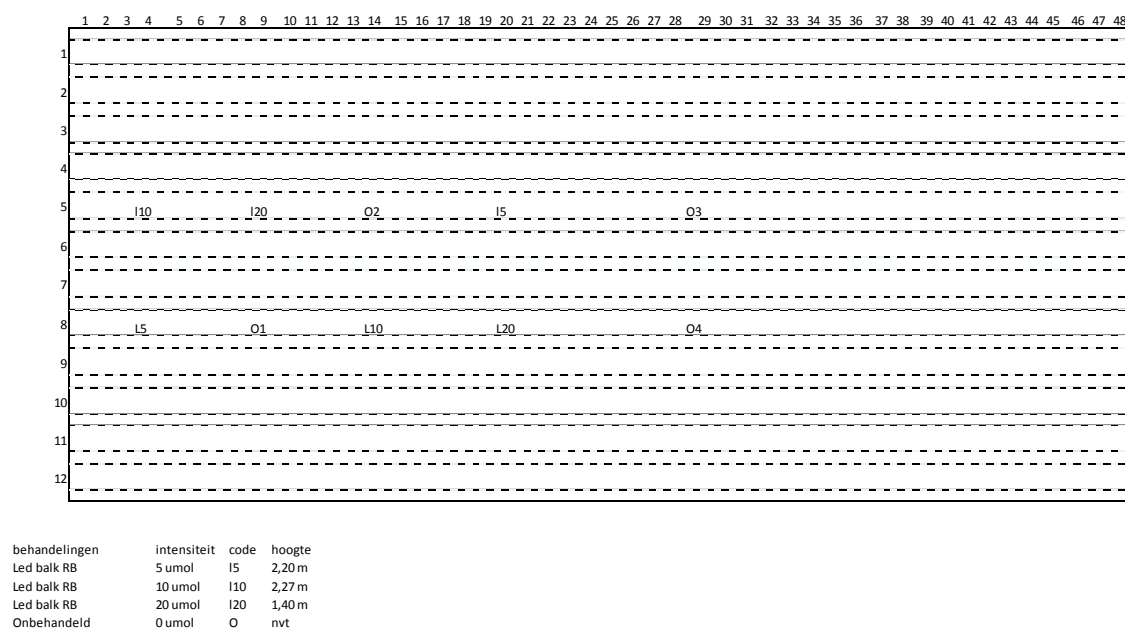


Figuur 3 Houten rekken met Led lampen op verschillende hoogte boven violier voorjaar 2013.

2.1.2 Trachelium najaar 2013

Voor de najaarsproef met Trachelium zijn de LED modules in 1 kap met 1 cultivar geplaatst, zoals weergegeven in Figuur 4. De gebruikte Trachelium cultivar was "Purple". De teler wilde in Trachelium vooral de knopvorming verbeteren, omdat deze in de zomer bij Trachelium erg moeilijk verloopt. Veel takken maken laat of helemaal geen knop. De literatuur geeft aan dat Trachelium een lange dagplant is, die bij 20 uur daglengte altijd een bloem aanlegt.

Voor de proef zijn Tracheliums geplant in week 32 op woensdag en donderdag. Door de ongelijke knopzetting in voorgaande plantingen heeft de teler besloten niet meer te verduisteren. De belichting is aangezet in week 33 op woensdag. Trachelium kreeg al een lange dag behandeling (16 uur), omdat dit een lange dagplant is. De strategie was om met LED licht 4 uur langer daglengte te geven dan de 16 uur daglengte die de teler met de SL lampen geeft, dus in totaal 20 uur daglengte. Uiterlijk 1 uur voor zon onder is begonnen met belichten. Dus als de zon om 21.00 uur onder ging en om 6.00 uur weer op, is om 20.00 uur de LED belichting aangezet en om 21.00 uur zijn ook de SL-lampen aangezet. Om 22.00 uur gingen de SL lampen uit en om 2.00 uur gingen de LED lampen uit. Doel hiervan was de planten in het donker aan het spectrum uit de Led belichting bloot te stellen.



Figuur 4 Proefschema Trachelium najaar 2013.

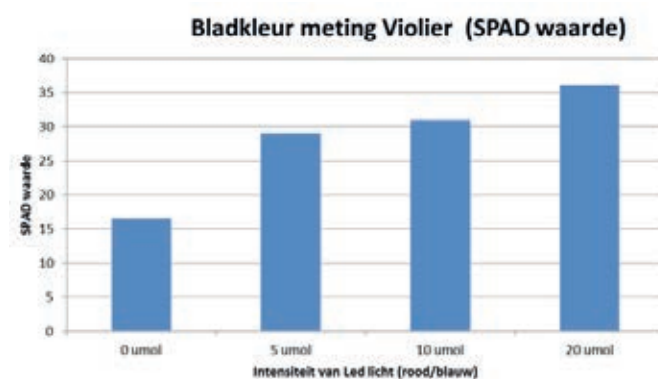
2.2 Resultaten 2013

2.2.1 Violier in het voorjaar

Bij de proef met violier in het voorjaar van 2013 viel al na 1 week een verschil in bladkleur op (Figuur 5 - links). De bladkleur was in de proefvelden met LED licht donkerder dan in de controle (zie ook de resultaten van de SPAD meting in figuur 6). Na twee weken was er niet alleen een verschil in bladkleur, maar ook een verschil in ontwikkeling zichtbaar in de vorm van een langere steel en groter blad. Dit kleurverschil en verschil in ontwikkeling is de gehele teelt zichtbaar gebleven en was bij alle behandelingen zichtbaar, ook bij de $5 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ behandeling. Zoals te zien in Figuur 6 en tabel 1 was er ook tussen de intensiteiten stuurlicht verschil. De bladkleur was donkerder en het verschil in ontwikkeling nam toe met de lichtintensiteit.



Figuur 5 Kleurverschil na 1 week belichten (links) en vroegere bloei en donkerder bladkleur later in de teelt (rechts) bij violier onder $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ stuurlicht.



Figuur 6 Resultaten van bladkleur metingen met SPAD-meter bij onbelichte violieren en bij violieren onder verschillende intensiteiten rood/blauwe LED belichting gemeten op 21 februari 2013.

De verschillende cultivars hadden een verschillende teeltduur. Doordat van alle cultivars ook een controleveld is geteld en waargenomen was het mogelijk om voor alle behandelingen het verschil in teeltduur, gewicht, aantal takken en aantal bladeren ten opzichte van de controle zonder stuurlicht te bepalen, ondanks de verschillen in teeltduur tussen de rassen. Dit is weer gegeven in tabel 1. Bij 5, 10 en 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED belichting was er een vervroeging van respectievelijk 10, 14 en 21 dagen (zie ook figuur 5 - rechts).

Tabel 1

Verskil in vervroeging, lengte, gewicht, productie en aantal bladeren bij stuurlicht met rood/blauwe LED-belichting ten opzichte van de controlebehandeling zonder stuurlicht berekend uit de waarnemingen door de kweker violier 2013.

Lichtintensiteit LED-belichting	vervroeging (dagen)	verschil lengte (cm)*	verschil gewicht (g)**	verschil aantal takken***	verschil aantal bladeren/tak
5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	10	+0.6	-7.98	+10	-7.1
10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	14	+0.9	-4.90	+7.5	-5.9
20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	21	+1.3	-6.88	+12	-4.2

* Verschil ten opzichte van gemiddelde lengte van 65 cm bij onbehandeld

** Ten opzichte van gemiddeld gewicht van 71 gr bij onbehandeld

*** Verschil ten opzichte van 77 takken per m2 bij onbehandeld

Bij de meting van de eerste 10 takken door Wageningen UR Glastuinbouw was het takgewicht bij 5 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ belichting 18% lager dan de controle zonder stuurlicht en bij 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ 12%. Dit verschil is ook tijdens de oogst gemeten (Tabel 1). Er is geen consistent verschil gemeten in % droge stof tussen de behandelingen.

Ondanks het lagere gewicht beschouwde de kweker de kwaliteit toch als minimaal gelijkwaardig aan de onbelichte takken. De donkerder bladkleur, voldoende lengte en de goed gevormde bloemtros speelde hierbij een rol. Het is goed mogelijk dat het verschil in gewicht grotendeels veroorzaakt wordt door een lager aantal bladeren. Stengeldikte is helaas niet gemeten en ook de positie van de bladeren niet.

Enig verschil in droge stof productie is wel te verwachten gezien de berekende PAR-som die de bloemen in de teeltfase hebben ontvangen. Deze is berekend op basis van meteo gegevens, omdat op het bedrijf geen PAR-sensor aanwezig was (Tabel 2). De hoeveelheid PAR-licht uit de belichting is berekend op basis van de intensiteit van de lampen. Voor de berekening van de PAR-som is de totale teeltduur aangehouden. De laatste weken van de teelt neemt de PAR-som per week (naar het voorjaar toe) enorm toe. Daardoor is de PAR-som van de behandeling zonder belichting veel hoger dan die van de belichte behandelingen.

Bij de lampen met deels verrood licht was na 3 weken duidelijk zichtbaar dat het blad geel en spichtig was. De stengel was langgerekt en dun. Dit was aanleiding om de proef met verrood te staken.

Tabel 2

PAR som van planten tot oogst en aandeel Led licht t.o.v. natuurlijk licht bij de vier behandelingen.

behandeling	PAR som van planten tot oogst (mol)	verschil PAR som	PAR som Led licht	% Led tov natuurlijk licht
5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	684	-18%	20.16	2.9%
10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	658	-21%	37.80	5.7%
20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	596	-28%	70.56	11.8%
onbelicht	832		0	0.0%

2.2.2 Trachelium in het najaar

Bij de proef met Trachelium in het najaar was geen duidelijk invloed van stuurlicht op de bladkleur zichtbaar. De verwachte invloed op de knopvorming is ook niet gezien. Het vak maakte erg moeilijk knop aan, dus indien er effect te verwachten zou zijn van de Led behandelingen, dan zou dat in dit proefvak zeker tot uiting moeten zijn gekomen. Met de teler is de conclusie getrokken dat de behandelingen in het najaar in Trachelium geen effect hebben gehad. Door de ongelijkmatigheid van het vak was het niet zinvol om oogstwaarnemingen uit te voeren.

3 Proeven 2014

3.1 Materiaal en methode

Aansluitend op het onderzoek in 2013 zijn in 2014 soortgelijke proeven uitgevoerd in 5 gewassen:

- Trachelium, planten week 2 – 2014 bij v.d. Salm in Oude Wetering.
- Violier, planten week 52 – 2013 bij firma Bosdijk in Nieuwe Wetering.
- Leeuwenbek planten v.a. week 46 - 2013 bij Huigsloot in Oude Wetering.
- Ranonkel, planten week 44 - 2013 bij L. van den Enden in Maasland.
- Sneeuwbal (*Viburnum opulus* 'Roseum'), start trek week 51 – 2013 bij firma Mediaverdi in Aalsmeer.

3.1.1 Zomerbloemen

Proefopzet

Voor de vier zomerbloemen is het proefplan zoveel mogelijk gelijk gehouden aan de systematiek die in 2013 is uitgevoerd en beschreven. Er is belicht met Philips LED-productiemodules met 94% rood en 6% blauw. Bij Trachelium, Violier en Leeuwenbek is in tweevoud een belichtingsintensiteit van 5, 10 en 20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ aangelegd en vergeleken met twee controlevelden zonder belichting. De LED balken werden hiervoor op respectievelijk 2,20 meter, 2,27 meter en 1,40 meter boven de planten gehangen. De lichtverdeling in de veldjes is nagemeten met een Lycor PAR meter met fotoreceptieve staaf van 1 meter. De resultaten van deze metingen zijn weer gegeven in bijlage II. De plattegronden en technische details zijn opgenomen in bijlage I.

In Leeuwenbek is bij 3 cultivars een proef gedaan (bijlage I). Twee herhalingen hingen in een vak met de cultivar Animation Dark Orange. In dit vak werden de bloemen ook met spaarlampen belicht voor dagverlenging. Daarnaast is 1 herhaling opgehangen in een onbelicht vak met de cultivar Maryland lavender en in een onbelicht vak met de cultivar Antibes Red. De gewenste intensiteiten waren wat moeilijk te maken omdat de kas erg laag was. Vooral bij de 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ behandeling moet er rekening mee worden gehouden dat naarmate het gewas hoger werd de verdeling afnam en de intensiteit in het midden van de proefvelden hoger was dan aan de randen en ook gemiddeld hoger dan de 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ die gepland was. Dit was in de lichtmeting, die op halfwas gewas is uitgevoerd, al zichtbaar (bijlage II). Bij violier en Trachelium is 10 uur belicht aansluitend op dag, startend 1 uur voor zon onder. Bij leeuwenbek is vooruitlopend op de dag belicht van 23.00 tot 9.00 uur.

Ranonkel is een korte dagplant die bij lange dag in zomerrust gaat. Daarom is bij dit gewas 10 uur belicht gedurende de dag. Bij Ranonkel is in tweevoud een belichtingsintensiteit van 10 en 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ aangelegd en vergeleken met controlevelden zonder belichting.

Waarnemingen

In iedere behandeling is van 5 planten van 1 blad de bladkleur bepaald. Gekozen bladeren hadden min of meer zelfde bladleeftijd, afgeleid van positie aan de plant. Voor de meting is een SPAD meter gebruikt. De waarneming is 4 tot 6 weken na planten én bij de oogst uitgevoerd.

De eerste 10 takken van ieder veld zijn door Wageningen UR Glastuinbouw uitvoerig gemeten en gewogen. Om de kwaliteit te meten is o.a. lengte en gewicht van de takken, bladkleur en aantal bloemen bepaald. De telers hebben de overige takken per oogstdatum geteld en er is 2 keer per veldje ook het totaal gewicht bepaald. Hiervoor zijn door Wageningen UR Glastuinbouw formulieren ontwikkeld. De data is door Wageningen UR Glastuinbouw verwerkt en geanalyseerd. Omdat telers en onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw beide een deel van de waarnemingen hebben uitgevoerd was de betrokkenheid van de ondernemers groot.

3.1.2 Sneeuwbal (*Viburnum opulus* 'Roseum')

Aanleiding

Bij de vroege trek van sneeuwballen (*Viburnum opulus* 'Roseum') van buiten komen de bloemknoppen vaak moeilijk los en hebben de struiken een lange periode van hoge temperatuur nodig om de knoppen los te stoken. De teelt van sneeuwballen vindt grotendeels buiten plaats. Vanaf het voorjaar worden buiten nieuwe takken gevormd en in de zomer/najaar worden bloemknoppen aangelegd. In het najaar gaan de struiken en bloemknoppen in rust. Deze rust wordt in de winter doorbroken door een kouperiode. Tijdens die kouperiode worden plantenhormonen afgebroken die de knoppen in rust houden (ABA) en komt de productie van andere plantenhormonen (cytokinine en gibberelline) op gang die er voor zorgen dat de bloemknoppen bij voldoende hoge temperatuur uit gaan lopen. Bij de vroege trek hebben de struiken nog maar net de minimale kouperiode gehad en is gedurende lange tijd een hoge temperatuur nodig om de bloemknoppen te laten uitlopen. Bovendien blijft een deel van de aangelegde bloemknoppen zitten en lopen de bloemknoppen ongelijk uit. De kwaliteit van de bloemtakken blijft daardoor achter. In deze proef is onderzocht of stuurlicht van LED-lampen tijdens de vroege trek er voor kan zorgen dat de knoppen eerder los komen, meer knoppen los komen en de kwaliteit van de vroege trek kan verbeteren. Op verzoek van de teler is de proef na de vroege trek herhaald bij een 2^e en 3^e trek in dezelfde kas.

Proefopzet

Het onderzoek bij sneeuwbal is uitgevoerd in een kas met 21 bedden met een lengte van 15 m. In deze kas zijn 6 stuurlicht behandelingen neergelegd (zie tabel 3 en plattegrond in bijlage I). Voor de behandelingen met rood, blauw en verrood licht zijn dimbare LED-onderzoeksmodule met één enkele lichtkleur gebruikt. Voor de behandeling met rood/blauw zijn dezelfde standaard LED-modules gebruikt als bij de zomerbloemen proeven (94% rood en 6% blauw). Bij de zesde behandeling zijn Retrofit lampen (Lemnis Oreon Retrofit Combi Strawberry) toegepast. Dit zijn lampen met een combinatie van rood, verrood en blauw stuurlicht die bij de teelt van aardbei toegepast worden als de planten onvoldoende kou hebben gehad. De lichtintensiteit op planthoogte was bij alle behandelingen gelijk: $5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Op 19 december 2013 zijn lichtmetingen uitgevoerd met een Licor-staafmeter en met een Jazz-meter en de dimbare LED onderzoeksmodule zijn toen zodanig ingesteld dat de lichtintensiteit op planthoogte bij alle behandelingen gelijk was. De stuurlichtbehandelingen zijn aangesloten op een tijdklok en zodanig ingesteld dat de lampen van 15.00 's middag tot 3.00 uur 's nachts aan waren (Figuur 7). Er is dus 12 uur belicht aanvullend aan de dag met minimaal 4 uur donker voorafgaand aan zonsopgang. Van elke behandeling zijn twee proefvelden (A en B) aangelegd van ruim 1 m². Vanwege technische aansturing zijn de twee herhalingen achter elkaar op hetzelfde bed neergelegd (bijlage I) met minimaal 5 meter afstand tussen de proefvelden. Om strooilicht te voorkomen zijn minimaal 2 bedden zonder stuurlicht tussen de proefvelden aan gehouden. Omdat de rood/blauwe LED lampen en de retrofit lampen nog wat hoger hingen dan de LED-onderzoeksmodule zijn daar 3 bedden tussen de proefvelden aangehouden.

Tabel 3

Zes stuurlichtbehandelingen bij sneeuwbal, winter 2013-2014.

Beh. code	Behandeling	Lamphoogte boven maaiveld (m)	Lamphoogte boven planthoogte (m)
O	Onbehandeld		
R	rood LED licht	2.6	1.6
B	Blauw LED licht	2.6	1.6
VR	Verrood LED licht	2.6	1.6
RB	rood/blauw LED licht	3.1	2.1
retro	Retrofit lampen	2.8	1.8



Figuur 7 Proefvelden met stuurlicht boven sneeuwballen tijdens de donkerperiode.

Eerste trek

Voor de eerste vroege trek zijn 18 december 2013 struiken van buiten in de kas gezet. De stuurlichtbehandelingen zijn op 19 december gestart en op 24 december is de kas warm gezet. De kastemperatuur is ingesteld op d/n=30/21°C tot de knoppen los waren. Daarna is de kastemperatuur verlaagd en ingesteld op d/n=24/21°C.

Op 10 en 17 januari is samen met de teler op het oog de stand van het gewas beoordeeld. Op 17 januari (n=4 per behandeling) en 30 januari (n=2*8 per behandeling) is de bladkleur gemeten m.b.v. een SPAD-meter. Op 17 januari is met foto's het verschil in bladkleur en bladvorm vast gelegd van loze scheuten.

Bij de oogst is op 2 oogstdagen (25 en 27 januari) de kwaliteitsklasse van de geoogste takken tijdens de oogst geregistreerd. Hierbij zijn de kwaliteitsklassen aangehouden zoals gehanteerd door kwekerij Mediaverdi (4-kopper, 4-kopafwijker, 2-kopper, 2-kop afwijker en 1-kopper). Op deze oogstdagen zijn ook van 12 bloemtakken per proefveld (=2*12 per behandeling) extra kwaliteitsmetingen uitgevoerd: lengte onder de bloemtros, breedte van de bloemtros, lengte en breedte blad. NB: deze metingen zijn ook uitgevoerd aan de bloemtakken onder de verrode lampen, maar de verrode lampen waren op 17-1 al uitgezet.

Tweede trek

Na afloop van de eerste trek is een nieuwe partij struiken onder de lampen gezet en de proef herhaald. Bij deze tweede trek is de kas in twee gedeeltes vol gezet. Onder de retrofit lampen en Rood/Blauwe LED lampen zijn de struiken 4 februari binnen gezet en twee dagen later (6 februari) zijn struiken binnen gezet onder de blauwe LED lampen, rode LED lampen en op de controlevelden zonder stuurlicht. Daarom zijn twee extra controlevelden zonder stuurlicht aangelegd voor de struiken onder de Retrofit en Rood/Blauwe LED lampen die op dezelfde dag binnen gezet waren. Op 7 februari zijn de Led lampen weer aangezet. Op 10 februari is de kas warm gezet (21°C). De stuurlichtbehandelingen: controle, rood, blauw, rood/blauw en retrofit zijn op dezelfde manier toegepast als bij de 1^e trek. De behandeling met verrood licht is in de 2^e trek niet meer toegepast. Bij de 2^e trek is net als bij de 1^e trek de bladkleur gemeten. Op 28 februari is van 2*10 bloemtakken per behandeling het totaal aantal aangelegde bloemknoppen en het aantal gelijk uitgelopen bloemknoppen geteld. Deze bloemtakken zijn ook gelabeld en daarvan is door de teler het oogsttijdstip en kwaliteitsklasse geregistreerd.

Derde trek

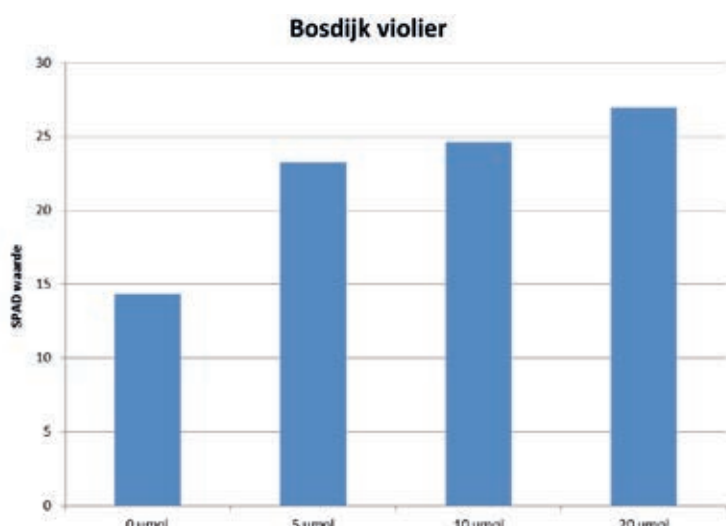
Na afloop van de 2^e trek is een derde partij struiken onder de lampen gezet en de stuurlichtbehandelingen opnieuw ingesteld. Deze trek is gestart op 7 maart. Bij deze trek zijn de stuurlichtbehandelingen: rood, blauw, rood/blauw en retrofit toegepast. Op verzoek van de teler is de belichtingstijd verschoven naar het eind van de donkerperiode/begin van de morgen (=01:00 uur tot 09:00 uur) omdat dit mogelijk een gunstigere periode zou zijn voor effect van belichting op groei. Dit is minder gericht op knop stimulering. Stimulering van de knopuitloop is in maart niet meer nodig. De knoppen lopen onder normale omstandigheden in maart altijd al goed uit omdat de struiken dan buiten al een voldoende lange kouperiode hebben gehad. De behandeling met verrood licht is in de 3^e trek niet meer toegepast. Omdat er verschillende partijen struiken onder de diverse LED lampen zijn gezet, zijn er in de 3^e trek geen metingen verricht.

3.2 Resultaten 2014

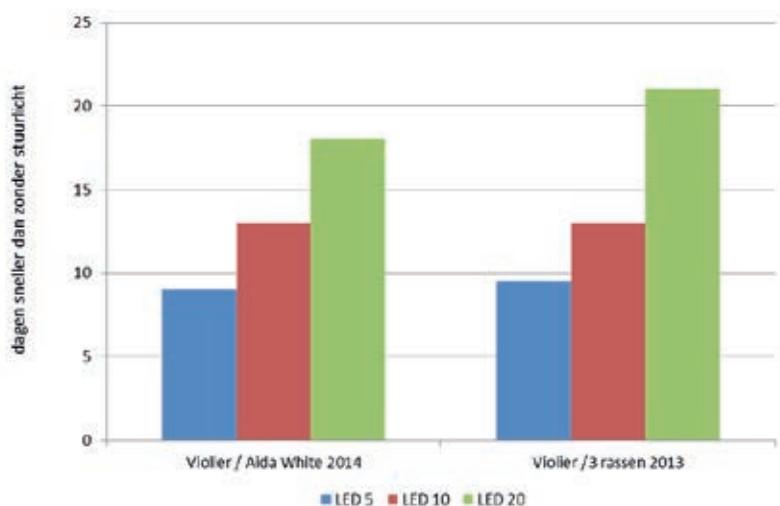
3.2.1 Violier

In 2014 is de proef uitgevoerd in één cultivar: "Aida white". De proef met violier liet in 2014 al snel dezelfde trend in bladkleurverschillen zien als in 2013 (figuur 8). Wel waren de absolute waarden van de bladkleur bij de belichte proefvelden in 2014 minder hoog dan in 2013, mogelijk als gevolg van de hogere temperaturen in 2014. Dit heeft er wellicht ook toe geleid dat met name bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ lichtintensiteit de vervroeging in 2014 iets minder groot was dan in 2013 (Figuur 9). In 2014 was er bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ een vervroeging van 18 dagen in plaats van 21 dagen in 2013.

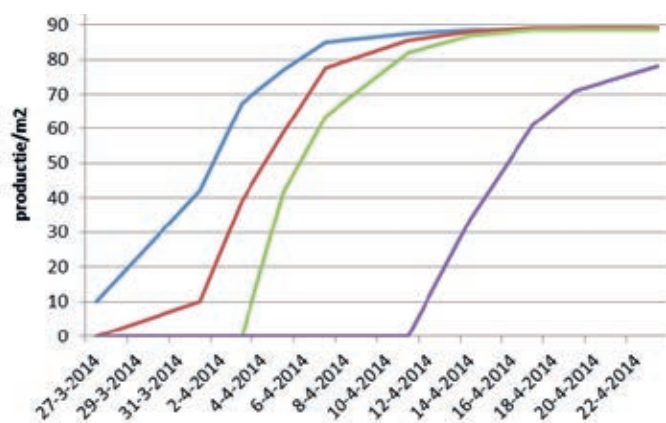
Het cumulatieve productieverloop (Figuur 10) laat ook zien dat de oogst bij violier vroeger was naarmate de intensiteit hoger was. Hoewel bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED licht de productie eerder op gang kwam dan onder 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, was de lengte van de oogstperiode bij 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ korter en was de productie sneller van het veld dan bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Ook bij onbelicht kwam de productie sneller van het veld dan onder 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Dit is mogelijk het gevolg van het lagere niveau natuurlijk licht bij de vroegere oogst en een minder goede verdeling van lichtintensiteit op het proefveld met 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in vergelijking met 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Opvallend is dat onder de drie belichtingsbehandelingen de totale productie hoger was dan in de onbelichte controle veldjes.



Figuur 8 Bladkleur meting (SPAD) bij violier op 23 januari 2014 onbelicht (0) en bij belichting met rood/blauwe LED-balken met lichtintensiteit van 5, 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

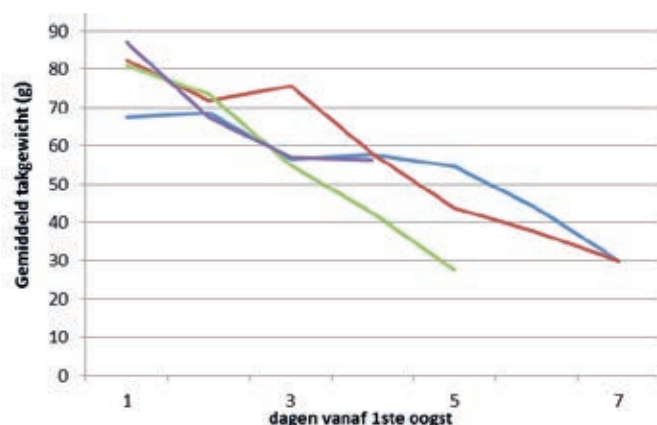


Figuur 9 Vervroeging van de productie (in aantal dagen) van violier in 2014 en 2013 bij belichting met rood/blauwe LED-balken met 5, 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ten opzichte van de controle behandeling zonder belichting.



Figuur 10 Cumulatief productieverloop van violier in de tijd in 2014 bij 20, 10, 5 en 0 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED licht.

De kwaliteit onder de Led behandelingen werd door de kweker weer als goed beoordeeld vanwege de goede bladkleur en compacte bloemtros. Het verloop van het gemiddeld takgewicht is weergegeven in figuur 11. Bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ was het takgewicht van de eerste takken lager dan bij de andere behandelingen. Bij alle behandelingen nam het takgewicht af in de tijd. De later geoogste takken waren duidelijk lichter dan de vroeg geoogste takken. Bij de belichte behandelingen is langer door geoogst en zijn meer takken geoogst. Doordat ook de lichtere takken nog geoogst zijn, was de kwaliteit hiervan wel minder. Opvallend is dat het cumulatief geoogst gewicht onder 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ belichting flink hoger was ten opzichte van onbelicht, maar ook ten opzichte van de 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ belichting (tabel 4).



Figuur 11 Verloop gemiddeld taggewicht van violier in relatie tot het aantal dagen vanaf de eerste oogst in 2014.

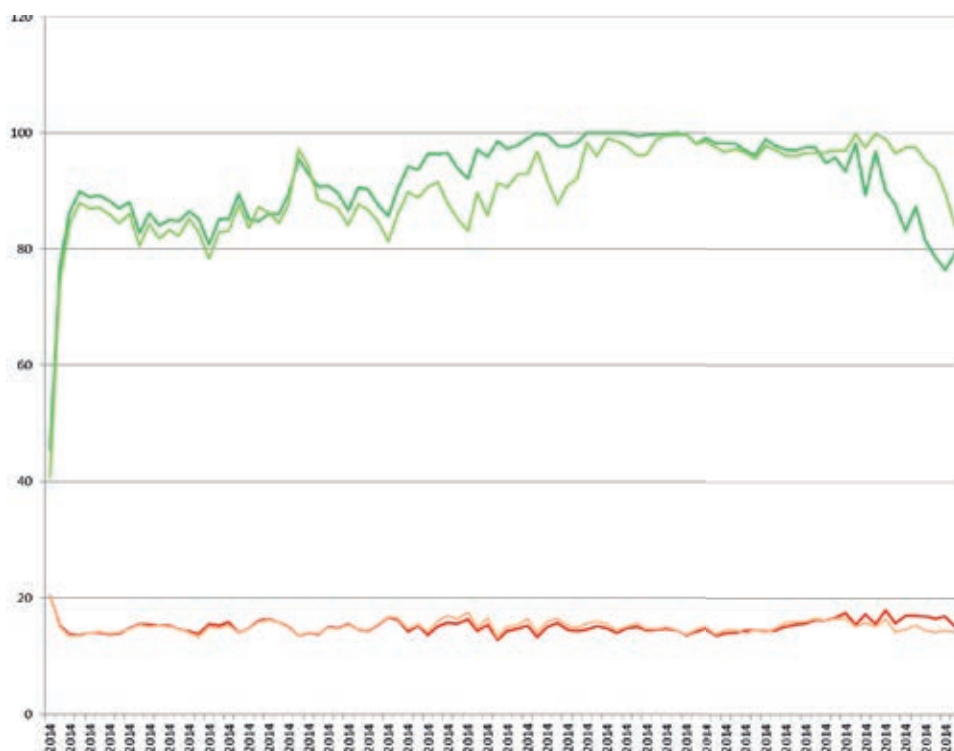
Onder 5 en 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED belichting waren de bloemen twee à drie cm korter dan bij de controlebehandeling (tabel 4). Bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ waren de eerste bloemen gemiddeld 5 cm korter dan de onbelichte bloemen. De belichte bloemen hadden een kortere bloemtros. Dit effect lijkt iets, maar niet veel af te nemen bij 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ten opzichte van 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Opvallend was dat het aantal bladeren in 2014 bij 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ het grootste was, terwijl dit in 2013 juist bij onbelicht het grootst was. Hier heeft een slechte kwaliteit van het onderste blad een rol gespeeld, waardoor een deel van de onderste bladeren is afgevallen vóór het tellen. Hierdoor is in 2014 niet duidelijk geworden waar de extra bladeren in 2013 op de plant zijn gevormd. De bladkleur was bij alle belichte behandelingen ook bij de oogst donkerder dan bij de onbelichte bloemen.

Tabel 4

Gemiddelde kwaliteitskenmerken violier van de eerste 10 geoogste bloemen van iedere behandeling.

Behandeling en lichtintensiteit	lengte (cm)	lengte bloemdeel (cm)	aantal bladeren	totaal geoogst gewicht (g)	bladkleur
onbelicht	75.35	23.55	24.75	4862	29.6
5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	73.25	19.35	29.05	6270	37.8
10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	72.33	18.88	29.75	5982	34.1
20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	70.20	18.75	30.30	5400	37.2

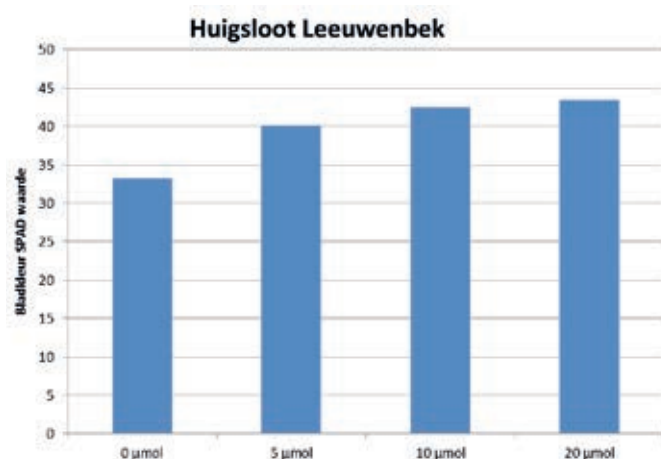
Bij violier is met twee dataloggers de temperatuur en RV gemeten bij een proefveld met 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ belichting en bij een onbelicht proefveld (Figuur 12). In het verloop van RV en temperatuur is het verschil in ontwikkeling van het gewas terug te zien, omdat de dataloggers na verloop van tijd tussen het gewas zijn komen te staan. Bij aanvang was er geen verschil in temperatuur. In het begin was er wel een klein RV verschil te zien, maar dit valt binnen de afwijking van de sensor. Onder 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ loopt de RV eerder op tot bijna permanent 100% omdat het gewas eerder de logger insluit. Nadat de oogst begint gaat de RV weer dalen. Bij de controle wordt de datalogger later ingesloten door het gewas en wordt de RV later hoog en gaat door de latere start van de oogst ook later dalen. Bij temperatuur is een omgekeerd effect te zien. Onder Led belichting daalt de temperatuur eerder als het gewas eerder de logger insluit en stijgt de temperatuur weer eerder als de oogst begint.



Figuur 12 Gemeten temperatuur en RV bij $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ rood/blauwe LED-belichting en bij controle zonder belichting in violier.

3.2.2 Leeuwenbek

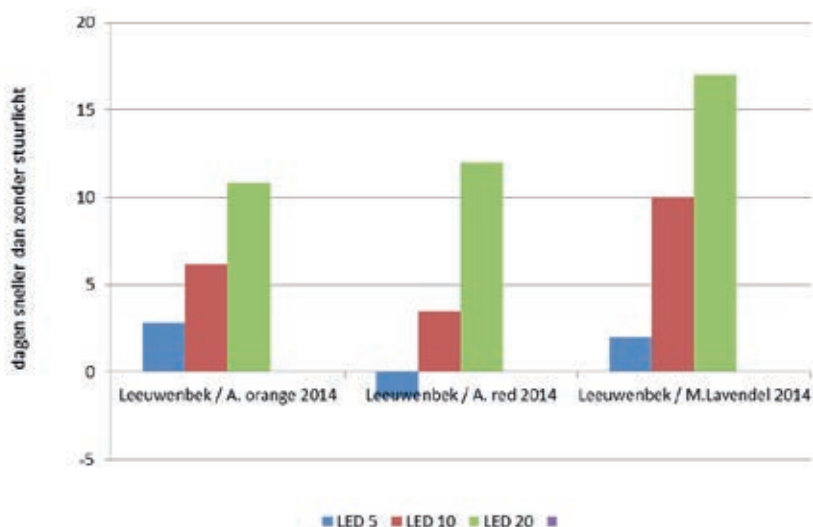
Bij Leeuwenbek was er als gevolg van de lage intensiteit LED belichting ook een invloed op de bladkleur zichtbaar. Het blad onder de LED belichting was duidelijk donkerder dan bij de onbelichte planten (Figuur 13). Het verschil in bladkleur lijkt wel iets minder sterk als in violier.



Figuur 13 Bladkleur (SPAD waarde) voor leeuwenbek bij 0, 5, 10 en $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ rood/blauwe LED-belichting.

Bij leeuwenbek was ook duidelijk een vervroeging van de teelt te zien (Figuur 14). Er was wel een verschil in reactie tussen de cultivars. Maryland lavender reageerde duidelijk sterker op de behandelingen dan de andere twee cultivars. Rasverschillen zijn bij violier in 2013 niet gezien, dus dit is een opvallend verschil. De trends waren echter bij alle rassen gelijk. De behandeling met $5 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED licht gaf weinig tot geen vervroeging. Bij $10 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ was er in alle cultivars sprake van een vervroeging en bij $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ was er sprake van een duidelijke vervroeging van de aanvang van de oogst. Opvallend was dat er bij Animation dark orange, die

ook met spaarlampen werd belicht, toch een duidelijke reactie optrad door de extra belichting met LED licht. Figuur 15 laat zien dat het productieverloop bij 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ duidelijk sneller was dan bij 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ en onbelicht. de vakken met 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ zijn dus in kortere tijd leeg geoogst. Als gekeken wordt naar de datum waarop het vak is geoogst dan waren Antibus red en Maryland lavender onder 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ruim 16 dagen sneller leeg. Opvallend is dat bij leeuwenbek de vakken onbelicht trager afrijpten dan de belichte vakken. Bij violier was dit andersom. Er is bij leeuwenbek geen sprake van productieverhoging zoals bij violier in 2014 wel optrad.



Figuur 14 Vervroeging in aantal dagen bij de oogst van Leeuwenbek bij 5, 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ rood/blauwe LED-belichting, voorjaar 2014. Bij de cultivar Animation Dark Orange werd de controlebehandeling belicht met spaarlampen voor dagverlenging, bij de cultivars Maryland lavender en Antibus Red niet.

Op 2 momenten van de oogstcyclus is het takgewicht op 80 cm bepaald (Tabel 5). Hierbij valt op dat onder 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ het takgewicht gemiddeld lager was, al is dit wel voor een heel groot deel het gevolg van een laag takgewicht in Antibus red. Bij Maryland lavender was het takgewicht maar weinig lager en bij Animation dark orange, die ook met spaarlampen werd belicht was het takgewicht onder 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ zelfs het hoogste.

Tabel 5

Gemiddeld takgewicht leeuwenbek terug geknipt op 80 cm van twee steekproefmetingen bij start en einde oogst voorjaar 2014.

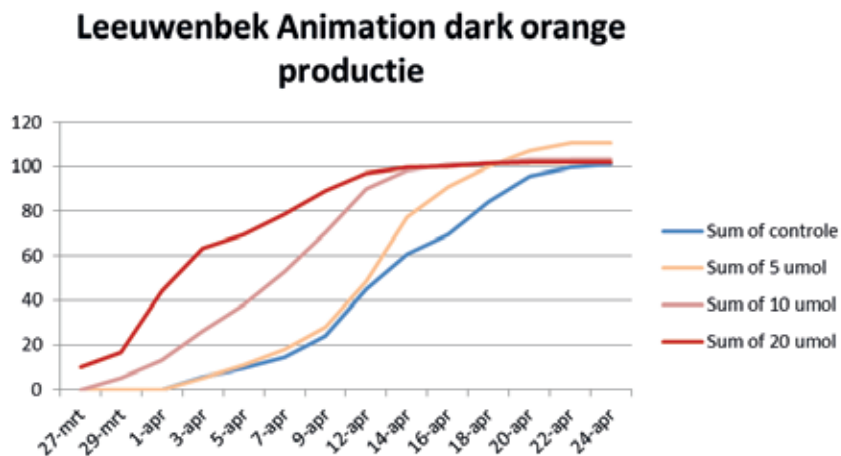
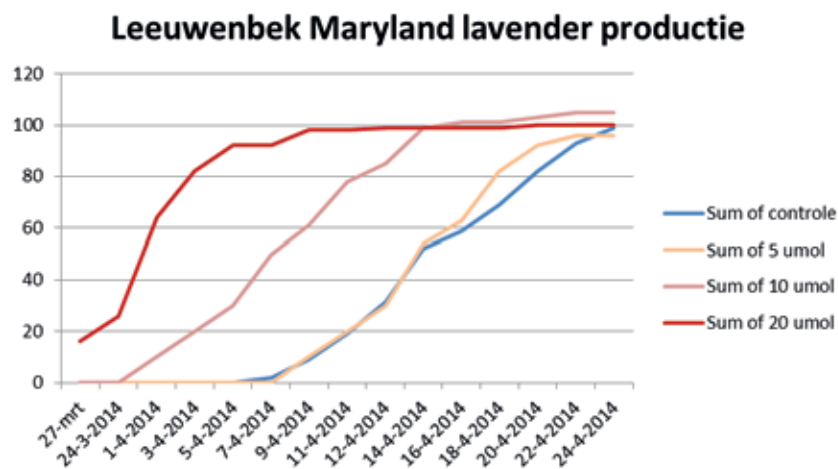
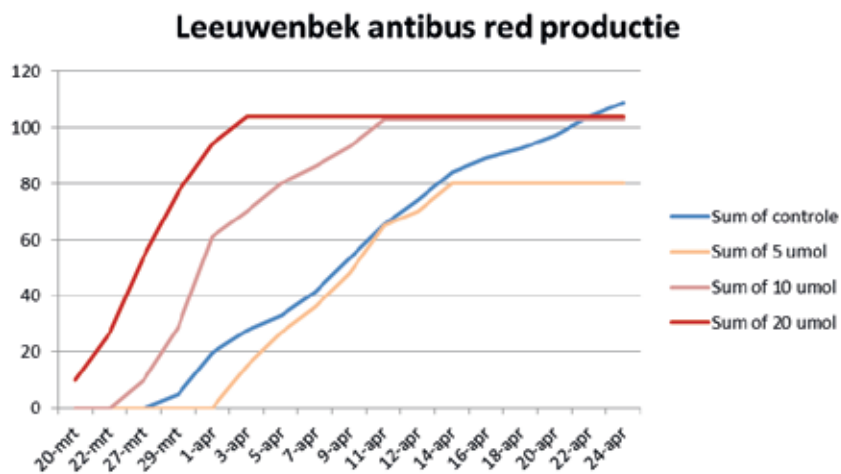
Cultivar	controle	5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$
Antibus red	73	60	70	51
Maryland lavender	77	87	72	71
Animation dark orange	74	78	71	78
gemiddelde	75	75	71	67

De kwaliteitskenmerken gemeten aan de eerste 10 takken per veld zijn weergegeven in Tabel 6. Opvallend is dat in tegenstelling tot bij violier het bloemdeel bij de belichte behandelingen iets langer was dan bij de controle. Helaas is het aantal open bloemen niet genoteerd. Bij een toenemende belichtingsintensiteit neemt het aantal bladeren en de lengte af. Dit is vergelijkbaar met violier in 2013, maar is bij violier in 2014 niet gezien. Er is bij leeuwenbek over alle cultivars gemiddeld geen verschil in bladkleur gemeten bij de oogst. Bij het ras Maryland lavender, die het sterkst reageerde, is er nog wel een 2 à 3 punten hogere SPAD waarde gemeten ten opzichte van de onbelichte controle.

Tabel 6

Kwaliteitskenmerken leeuwenbek gemeten aan de eerste 10 takken geoogst voorjaar 2014 (gemiddelde van drie cultivars).

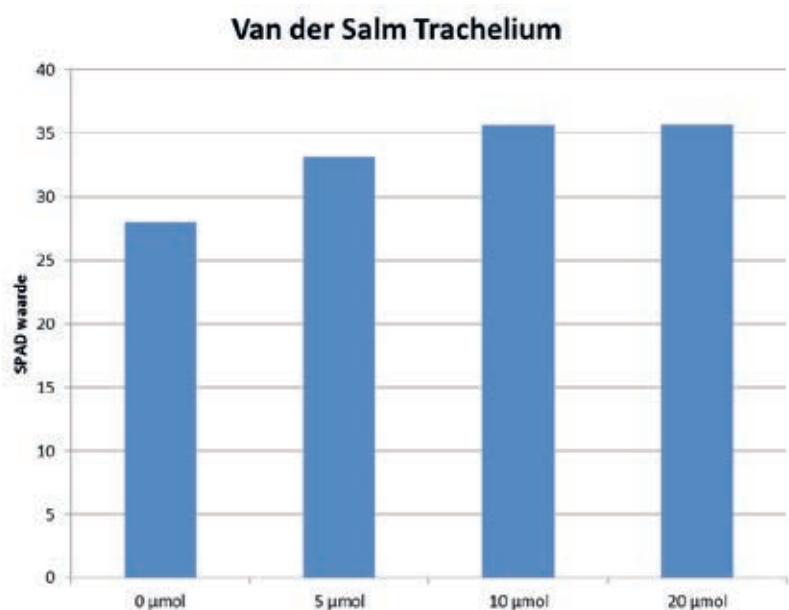
Behandeling en lichtintensiteit	lengte (cm)	lengte bloemdeel (cm)	aantal bladeren	bladkleur
controle	128.2	16.8	44.2	39.6
5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	130.9	17.4	47.1	39.8
10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	123.5	17.3	40.1	39.9
20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	117.7	17.8	34.4	39.7



Figuur 15 Verloop van cumulatieve productie bij drie leeuwenbek cultivars bij 0, 5, 10 en 20 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ rood/blauwe LED-belichting, voorjaar 2014. Bij de cultivar Animation Dark Orange werd de controlebehandeling belicht met spaarlampen voor dagverlenging, bij de cultivars Maryland lavender en Antibes Red niet.

3.2.3 Trachelium

Bij Trachelium was er maar een beperkte invloed van de Led belichting op de bladkleur te zien (figuur 16). Er was wel een duidelijke invloed van de belichting, maar boven 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ werd de SPAD waarde niet meer hoger.



Figuur 16 Bladkleur (SPAD waarde) bij Trachelium onder 0, 5, 10 en 20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ rood/blauwe LED-belichting, voorjaar 2014. De controle is belicht met gloeilampen voor dagverlenging, omdat Trachelium een kwalitatieve lange dag plant is.

De belichting gaf bij Trachelium een relatief beperkte teeltversnelling en de mate van reactie verschilde enigszins per cultivar (Figuur 17). Michigan blue lijkt een sterkere reactie te vertonen dan Forrest white en Forrest purple lijkt de minste reactie te vertonen. Toch is bij Trachelium het verschil ten opzichte van de controle niet meer dan 5 dagen. De betrekkelijk matige reactie van Trachelium op de behandelingen kan mogelijk mede verklaren waarom de proef najaar 2013 weinig resultaat heeft laten zien. De controle is in het geval van Trachelium wel belicht met gloeilampen voor dagverlenging, omdat Trachelium een kwalitatieve lange dag plant is. Dit is een verschil met leeuwenbek en violier die beide meer kwantitatieve lange dagplanten zijn. Bij violier en bij twee van de drie leeuwenbekcultivars was er geen dagverlenging bij de controle.

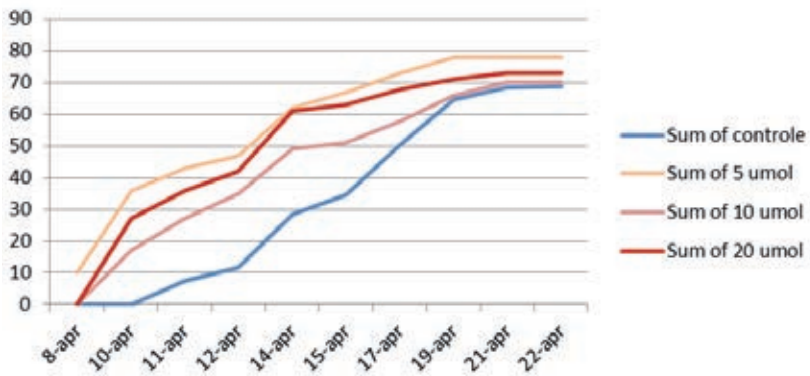
Kwalitatief gezien was er weinig verschil tussen de drie intensiteiten LED belichting in Trachelium (tabel 7). Een zeer beperkt effect op de lengte onder 20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ licht is wel te zien, maar hierbij moet opgemerkt worden dat het productie vak niet heel erg gelijkmatig was en dat daardoor de steekproeven eigenlijk te klein zijn voor een betrouwbare meting. Er zijn slechts kleine kwaliteitsverschillen gemeten, die dus niet geheel aan de behandelingen toegeschreven kunnen worden.

Tabel 7

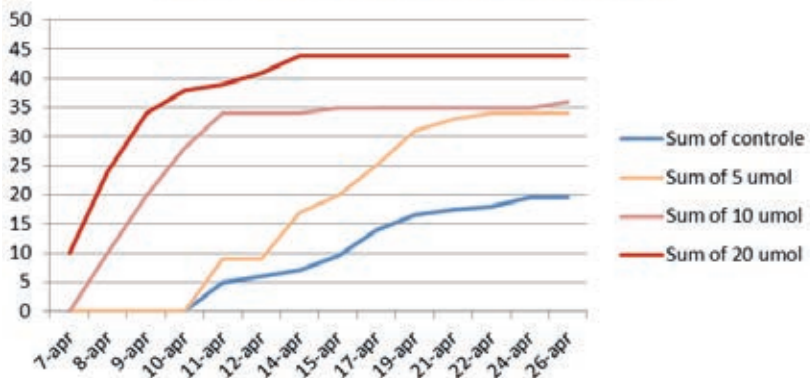
Kwaliteitsmeting aan Trachelium onder drie lichtintensiteiten LED-belichting voorjaar 2014.

Behandeling en lichtintensiteit ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Taklengte (cm)	Vers-gewicht (g)	Droog-gewicht (g)	Aantal bladeren	Aantal doorwas	Bloem-diameter (cm)	Bladkleur (SPAD-meting)
LED 5	57.2	27.3	5.6	17.3	0.1	10.1	40.6
LED 10	56.6	25.3	5.1	17.9	0.0	9.6	42.7
LED 20	62.2	27.8	5.6	18.1	0.4	10.3	41.9

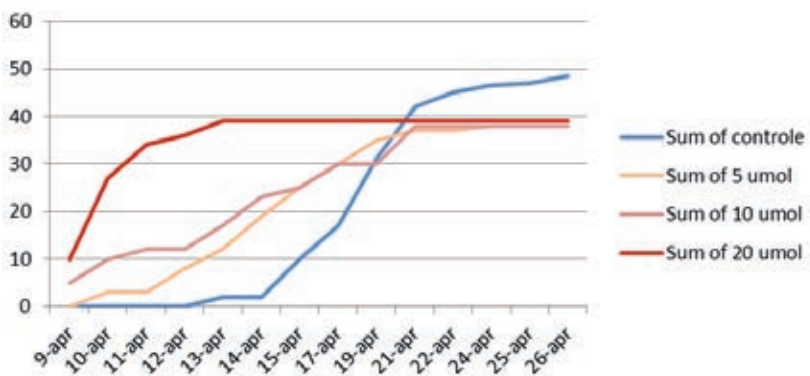
Trachelium Forrest purple



Trachelium Michigan blue productie



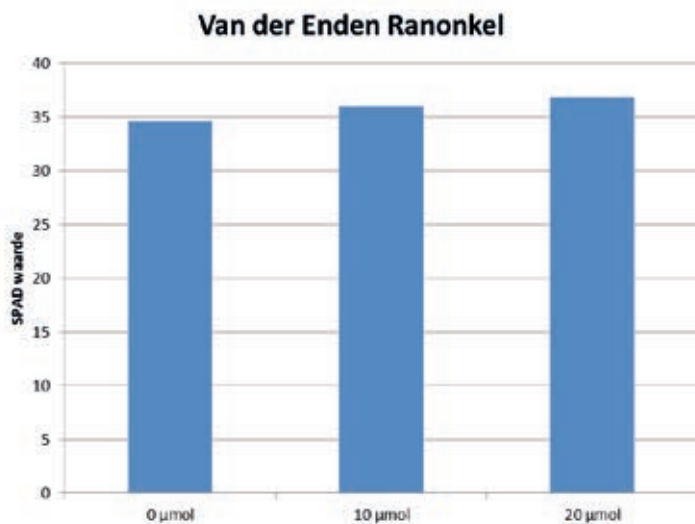
Trachelium Forrest White



Figuur 17 Productieverloop bij de oogst van 3 cultivars *Trachelium* onder 0, 5, 10 en 20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ rood/blauwe LED-belichting, voorjaar 2014. De controle is belicht met gloeilampen voor dagverlenging, omdat *Trachelium* een kwalitatieve lange dag plant is.

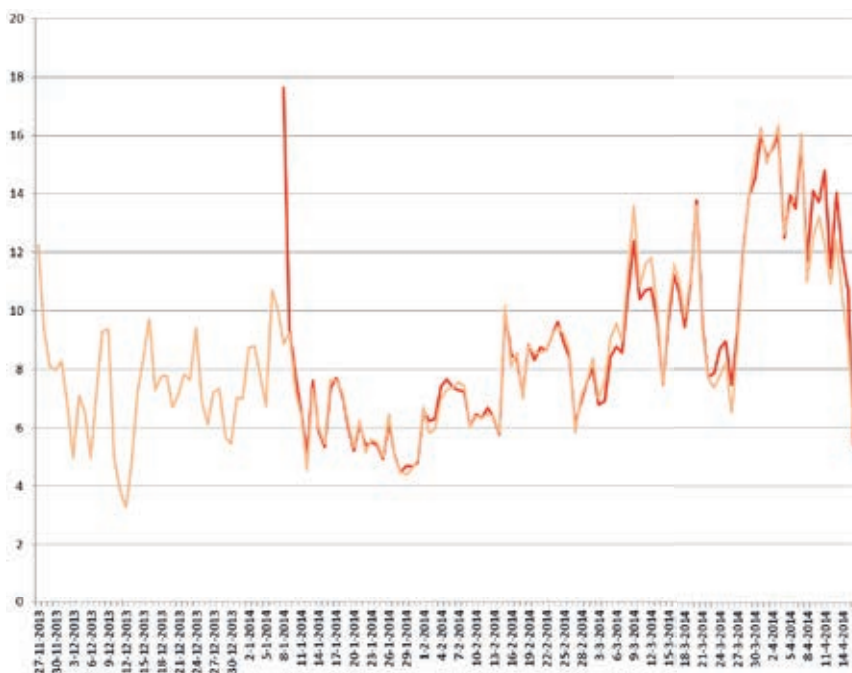
3.2.4 Ranonkel

De proef in Ranonkel is alleen overdag belicht, omdat Ranonkel een korte dag plant is. Er is daarom ook alleen met 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ belicht en niet met 5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Er is in Ranonkel nagenoeg geen invloed van de belichting gezien op de bladkleur (Figuur 18).



Figuur 18 Bladkleur (SPAD waarde) bij Ranonkel onbelicht en bij 10 en 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED-belichting overdag.

Er was bij Ranonkel geen vervroeging te zien van de productie, de oogst startte in alle velden op dezelfde dag. Gezien de geringe verschillen heeft de teler besloten de productie niet te tellen. Wel is het takgewicht gedurende 3 weken bijgehouden in alle veldjes. Eén veldje onder 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ gaf een kleiner en dunner gewas. De herhaling met dezelfde lichtintensiteit liet dit beeld niet zien. De meest waarschijnlijke verklaring is dat bij dit veldje een bodemprobleem speelde. Als dit veldje buiten beschouwing gelaten wordt, was er geen verschil in gemiddeld takgewicht tussen de belichtingsbehandelingen en de onbelichte controle. Bij ranonkel is de temperatuur bij een proefveld met 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ licht en een onbelicht proefveld bijgehouden met een datalogger. Er blijkt geen effect op de etmaaltemperatuur te zijn van de belichting met 20 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Figuur 19).



Figuur 19 Etmaaltemperatuur bij $20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ LED-belichting en bij onbelicht in ranonkel.

3.2.5 Sneeuwbal

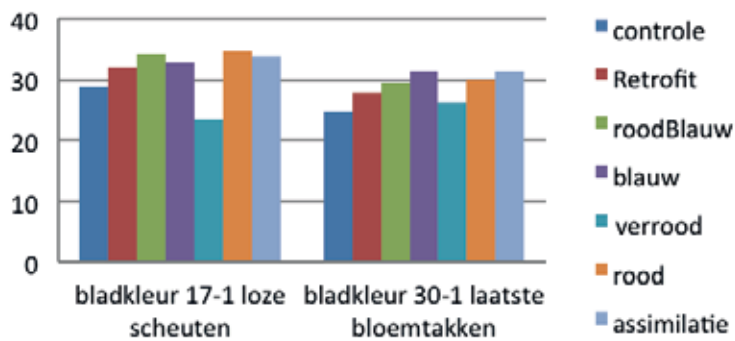
3.2.5.1 Resultaten eerste trek

De partij planten van de eerste trek kwam als geheel erg moeilijk los. Op 17 januari waren nog maar weinig knoppen los en bij sommige struiken was er soms zelfs nog geen enkele tak uitgelopen. Dit was een eigenschap van de partij, want ook bij de struiken zonder belichting was hetzelfde beeld zichtbaar. Op het oog waren er geen behandelingen waar de uitloop duidelijk beter ging. Later bleek de slechte uitloop van de gehele partij veroorzaakt te zijn door een groeiremmende stof in het gietwater tijdens de opkweek van de struiken. Over het effect van stuurlicht op de uitloop van de bloemknoppen bij de vroege trek, kunnen daarom op basis van deze proef geen duidelijke uitspraken worden gedaan.

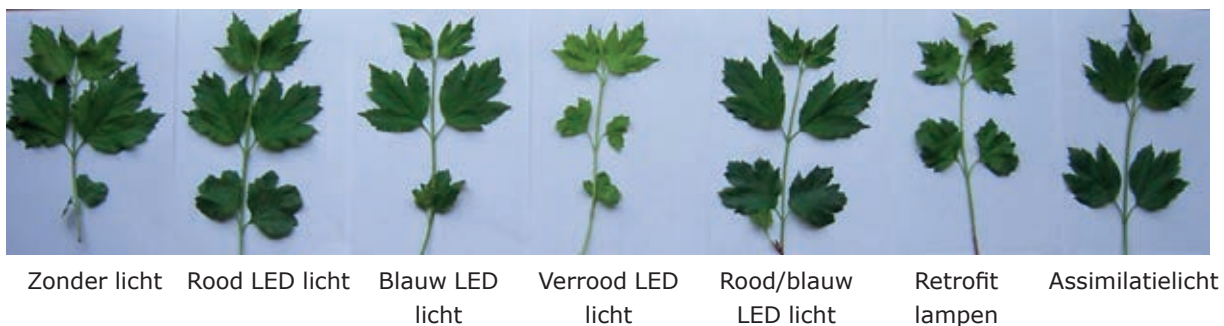
Er was wel een duidelijk verschil in bladkleur en bladvorm zichtbaar. Onder de behandelingen met rood, blauw en rood/blauw stuurlicht en onder de retrofit lampen was het blad donkerder dan bij de controle zonder belichting (figuur 20). Bladeren van een gedonkerde partij struiken onder assimilatielicht in een naastgelegen kas waren eveneens donkerder. Onder het verrood licht was het blad duidelijk lichter van kleur dan onder de controle. Bovendien was de stengel meer gestrekt en het blad wat kleiner en spits (figuur 21). Vanwege de negatieve bijeffecten (bleke bladkleur en meer strekking) is de verrode behandeling op 17 januari gestopt. Onder de retrofit lampen (bevatten voor een deel ook verrood licht) was het blad ook wat kleiner en spits maar minder sterk dan onder 100% verrood licht.

Bij de oogst van de eerste trek is op 2 willekeurige oogstdagen (25 en 27 januari) de kwaliteitsklasse van de geoogste bloemtakken geregistreerd. Bij de behandelingen met rood, blauw, rood/blauw en retrofit licht was de kwaliteit van de geoogste bloemtakken gemiddeld beter dan bij de controle zonder licht. Er werden meer bloemtakken in de betere kwaliteitsklassen geoogst (figuur 22). M.n. onder blauw licht was het percentage bloemtakken in de betere kwaliteitsklassen hoger. Bij de Retrofit lampen leek de verbetering op 25 januari wat minder groot dan bij rood, blauw en rood/blauw stuurlicht.

Bladkleur 1e trek

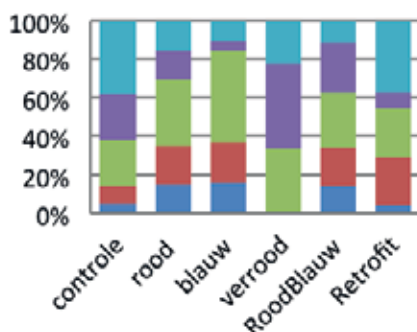


Figuur 20 Bladkleur bij de eerste trek sneeuwballen gemeten met SPAD-meter op 17-1 aan loze scheuten en op 30-1 aan laatste bloemtakken. NB: bij de verrood-behandeling zijn de lampen op 17-1 uitgezet. Bij de meting op 30-1 stonden de verrood lampen dus als 13 dagen uit.

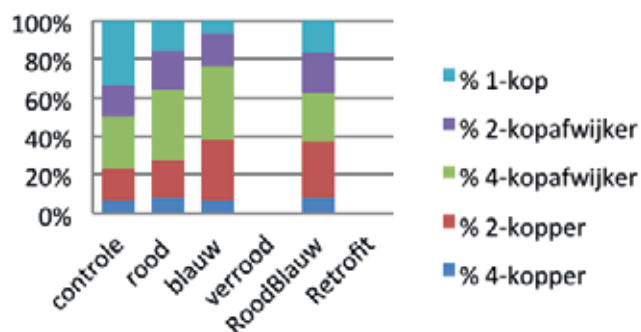


Figuur 21 Bladkleur en bladvorm sneeuwbal (*Viburnum*) onder verschillende kleuren licht, 17 januari 2014. De eerste 6 behandelingen stonden in dezelfde kas. De behandeling geheel rechts (SON-T lampen) is afkomstig uit een andere kas met een andere partij struiken. Assimilatielicht = uit andere kas en van andere partij planten.

oogst 25-1

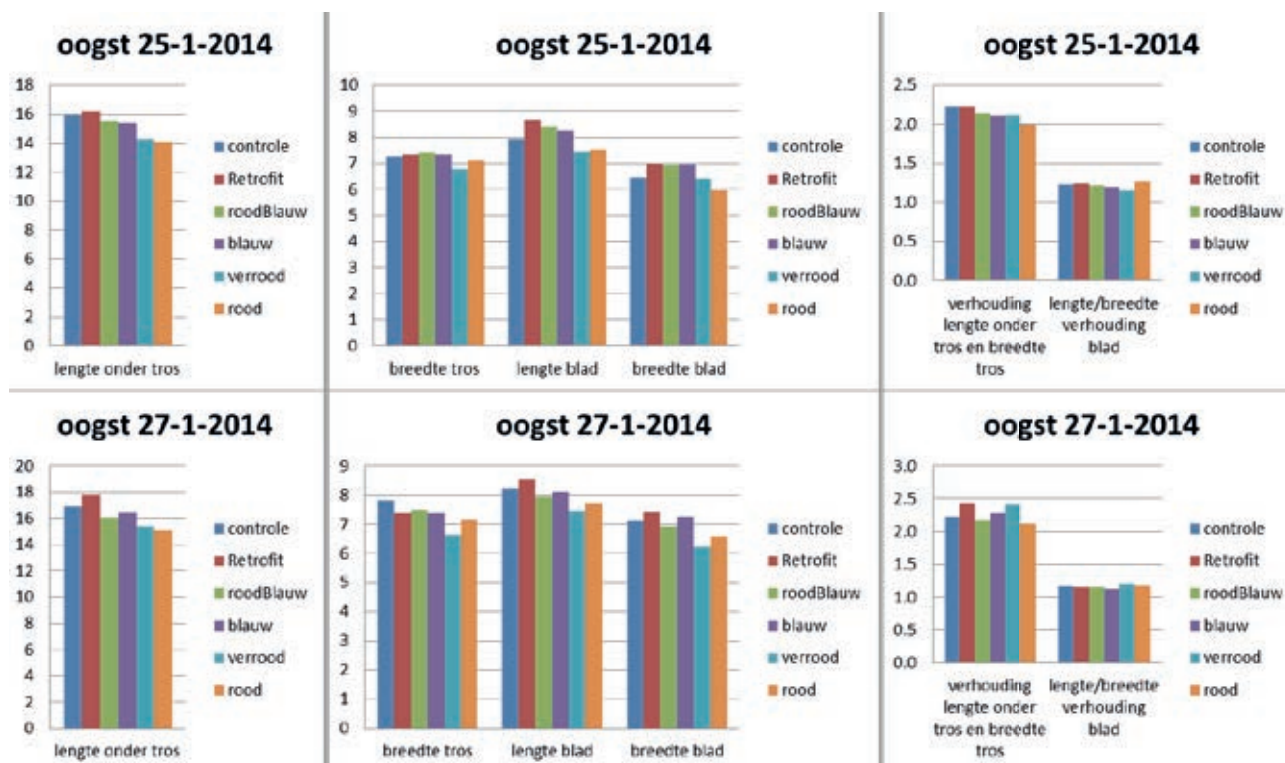


oogst 27-1



Figuur 22 Percentage bloemtakken per kwaliteit sortering bij twee oogstdagen van de eerste trek (NB: bij de verroodbehandeling zijn de lampen op 17-1 uitgezet en bij Retrofit waren op 27-1 al groot deel van takken geoogst en kon alleen het restant gemeten worden. Omdat de metingen van dit restant niet representatief genoeg waren, zijn de meetresultaten hier niet weer gegeven).

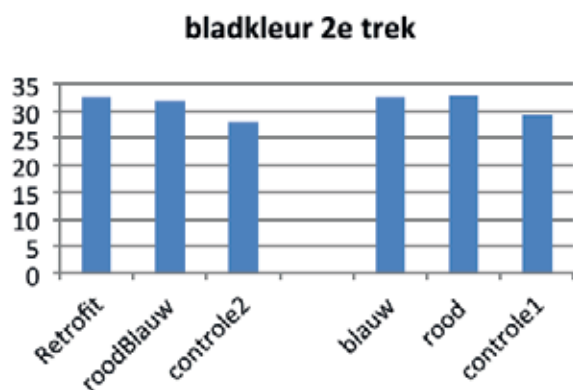
Op de 2 oogstdagen was de lengte onder de bloemtros vooral bij rood licht korter dan bij de controle zonder licht (figuur 23-links). Bij rood/blauw en blauw licht was de lengte ook iets korter maar was het effect minder groot dan bij alleen rood licht. Dit kwam ook terug in de metingen van de bladlengte en bladbreedte (figuur 23-midden). De bossen geoogst onder rood licht waren minder vol en daarom ging de voorkeur van de teler meer uit naar de kwaliteit geoogst onder de rood/blauwe LED lampen. Het resultaat van puur blauw licht werd minder gewaardeerd omdat daar wat meer guttatie waargenomen is dan onder de andere lampen. Onder de Retrofit lampen was de tendens dat de lengte onder de bloemtros juist iets langer leek dan bij de controle. Waarschijnlijk komt dit doordat in de Retrofit lampen naast rood en blauw licht ook verrood licht aanwezig is.



Figuur 23 Gemiddelde lengte onder de bloemtros (links), breedte van de bloemtros, lengte en breedte blad (midden) en berekende verhouding lengte onder tros/breedte tros en berekende verhouding lengte/breedte blad (rechts) op twee oogstdagen van de eerste trek ($n=2 \times 12$ per behandeling). NB: bij de verrood-behandeling zijn de lampen op 17-1 uitgezet en bij Retrofit waren op 27-1 al groot deel van takken geoogst en kon alleen het restant gemeten worden.

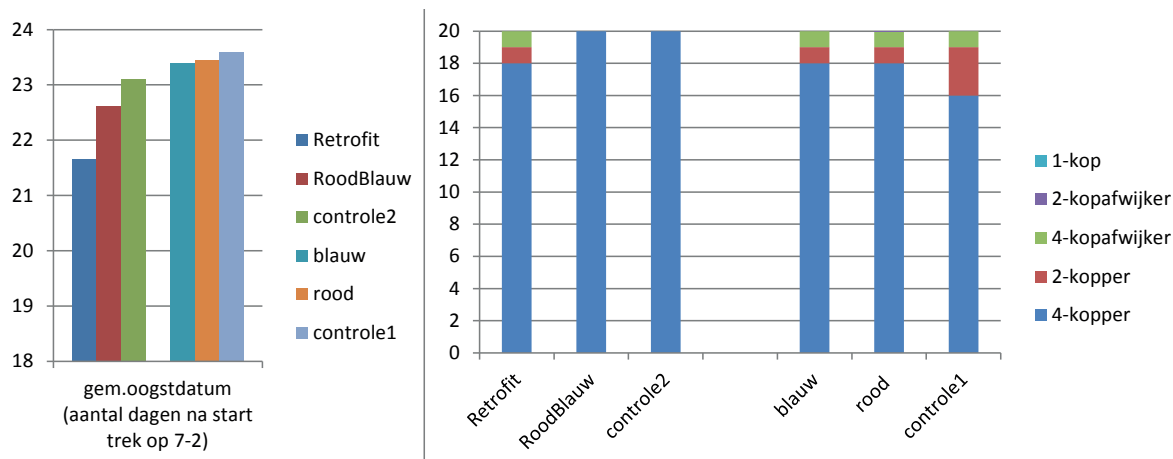
3.2.5.2 Resultaten tweede trek

Bij de tweede trek was de bladkleur onder de belichting opnieuw donkerder dan bij de controle zonder belichting (figuur 24).



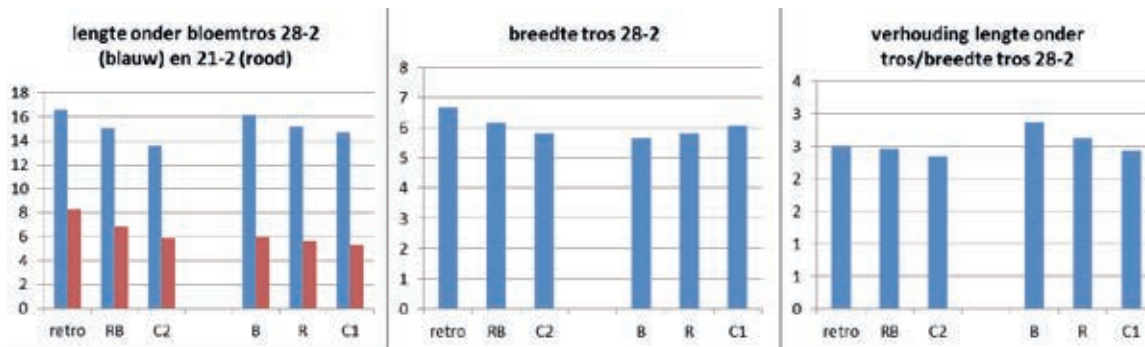
Figuur 24 Gemiddelde bladkleur gemeten met SPAD-meter op 28 februari bij de tweede trek sneeuwballen (NB: de struiken onder de blauwe en rode LED's en controle 1 zijn 2 dagen later in de kas gezet dan de struiken onder de Retrofit en rood/blauwe LED's en controle 2.

Bij de tweede trek zijn 2*10 takken per behandeling gelabeld en heeft de teler de oogstdatum en kwaliteitsklasse geregistreerd (figuur 25). Onder de Retrofit lampen zijn de bloemtakken gemiddeld 1,5 dag eerder geoogst dan van de struiken van onbelichte controle 2 die op dezelfde dag zijn binnen gezet. Bij de rood/blauwe LED-lampen was het effect minder groot. Daar zijn de bloemtakken gemiddeld 0,5 dag eerder geoogst dan bij de controle zonder licht. Het latere oogstdatum van de blauwe en rode LED is mede het gevolg van 2 dagen later binnen zetten van de struiken. Bij de blauwe en rode LED was er vrijwel geen verschil in oogstdatum met de struiken zonder belichting die ook 2 dagen later binnen gezet zijn (=controle 1). Omdat in de struiken van de tweede trek veel bloemknoppen aanwezig waren en veel bloemknoppen goed uitliepen werden vrijwel alleen goede 4-koppers geoogst (figuur 25-rechts). Mede daardoor kwam bij de verdeling over de kwaliteitsklassen geen duidelijk verschil tussen de behandelingen naar voren. Bij controle 2 zonder belichting werden alleen maar 4-koppers geoogst. Bij controle 1 waren er wel iets meer 2-koppers dan onder rood en blauw LED licht.



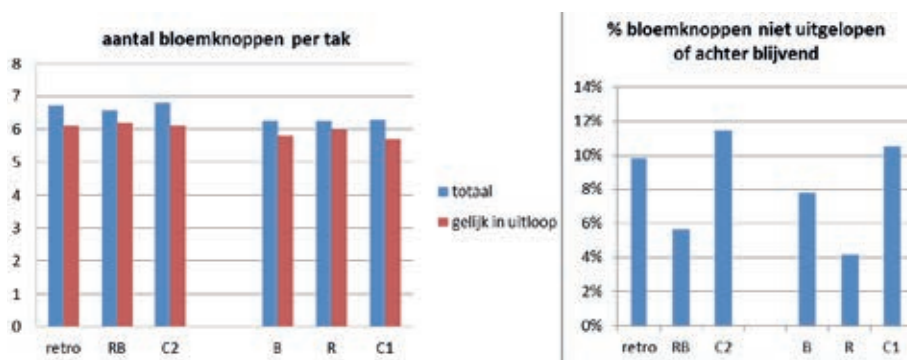
Figuur 25 Aantal dagen van start trek tot gemiddelde oogstdatum (links) en aantal bloemtakken per kwaliteitsklasse (rechts) bij de 2^e trek (n=2*10 per behandeling). NB: struiken onder Retrofit, Rood/Blauwe LED's en bij controle 2 zijn 2 dagen eerder in de kas gezet dan de struiken onder Blauw en Rood LED en controle 1. Controle 1 en 2 zijn beide onbelicht.

De lengte van de bloemstelen onder de bloemtros was op 21 en 28 februari bij de belichte struiken doorgaans iets langer dan bij de onbelichte struiken van controle1 en 2 (figuur 26). Onder de Retrofit lampen waren de stelen het langst, gevolgd door de Rood/Blauwe en Blauwe LED lampen. Onder de rode LED lampen was het effect minder groot. Omdat op dezelfde dag gemeten is, kan het effect echter ook (deels) het gevolg zijn van verschil in rijpheid (zie figuur 25-links).



Figuur 26 Gemiddelde lengte onder de bloemtros op 21-2 en 28-2, breedte van de bloemtros en verhouding lengte onder tros/breedte tros bij de 2^e trek. NB: de struiken onder de laatste drie behandelingen zijn 2 dagen later in de kas gezet dan de struiken onder de eerste 3 behandelingen. C2=controle struiken voor struiken onder Retrofit en Rood/Blauwe LED's, C1=controle struiken voor struiken onder Blauw en Rood LED licht.

Omdat in de 2^e trek bij vrijwel alle bloemtakken meer dan 4 goede bloemknoppen uitgelopen waren is op 28 februari van 20 bloemtakken per behandeling het totaal aantal aangelegde bloemknoppen en het aantal gelijk uitgelopen bloemknoppen per bloemtak geteld (figuur 27). Gemiddeld waren 5 à 6 bloemknoppen per bloemtak gelijk uitgelopen. De kwaliteit van de controlebehandeling was daardoor ook al goed. Als het gemiddelde percentage achterblijvende/niet uitgelopen bloemknoppen wordt berekend is te zien dat er vooral onder rood en rood/blauw stuurlicht minder knoppen niet of later uitlopen dan bij de controle behandelingen. Dit zou kunnen wijzen op een positief effect op de uitloop van rood en rood/blauw stuurlicht.



Figuur 27 Gemiddeld aantal aangelegde bloemknoppen en aantal uniform uitgelopen bloemknoppen per bloemtak (links) en percentage achterblijvende/niet uitgelopen bloemknoppen (rechts) bij de tweede trek. NB: struiken onder Retrofit, Rood/Blauwe LED's en bij controle 2 zijn 2 dagen eerder in de kas gezet dan de struiken onder Blauw en Rood LED en controle1. Controle 1 en 2 zijn onbelicht.

3.2.5.3 Resultaten derde trek

Bij de derde trek zijn verschillende partijen struiken onder de verschillende LED-belichting komen te staan. Daarom zijn er geen metingen uitgevoerd. Bij een bezoek aan de proef net voor de start van de oogst van de eerste bloemtakken viel op dat de struiken onder de Retrofit lampen op 21-3 (=net voor eerste oogst) net iets rijper waren dan de bloemtakken van omliggende struiken (figuur 28).



Figuur 28 Bij de derde trek waren de bloemen onder de Retrofit lampen op 21-3 (=net voor eerste oogst) iets rijper dan bij omliggende onbelichte struiken.

4 Economische vergelijking

Een economische vergelijking van een installatie voor lage intensiteit LED belichting ten opzichte van een SON-T installatie voor $35 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ met 600 Watt lampen is uitgerekend (Figuur 29). In deze berekening is geen rekening gehouden met mogelijke subsidies of investeringsaftrek op Led belichting.

De investering voor LED belichting is al snel hoger dan voor SON-T belichting. In gebruik is de lage intensiteit LED belichting tot 5 keer zuiniger door zowel de lage intensiteit als de iets energiezuiniger installatie. De jaarkosten van een $5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ LED installatie liggen dan ook ruim onder die van een SON-T installatie die op dezelfde manier wordt ingezet. Ook een $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ installatie is nog goedkoper in jaarkosten. Daarboven is een uitvoering met LED productiemodules een te hoge investering, maar wellicht is dit door gebruik te maken van modernere modules met hogere output in de toekomst goedkoper in te vullen?

Lamp type	$\mu\text{mol}/\text{W}$	Prijs/lamp	Installatie (€/lamp)	EI/lamp (W)	$\mu\text{mol}/\text{s.lamp}$	dag/jr	uren/dag	m^2	lampen	W/ m^2 geïnstalleerd vermogen	Elektrischeit (kWh/ m^2)	$\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	Afschrijving (%)	Rente (%)	Onderhoud (%)	Vaste kosten/ m^2	EI. kosten/ m^2	Tot. kosten/ m^2
Greenpower LED production module	1.6	92	15	40	64	100	10	256	25	3.9	3.9	6.3	10%	3%	1.0%	1.46	0.47	1.93
Greenpower LED production module	1.6	92	12	40	64	100	10	256	50	7.8	7.8	12.5	10%	3%	1.0%	2.84	0.94	3.78
Greenpower LED production module	1.6	92	11	40	64	100	10	256	90	14.1	14.1	22.5	10%	3%	1.0%	5.07	1.69	6.76
SON-T	1.5	190	150	645	968	100	10	250	10	25.8	25.8	38.7	10%	3%	1.5%	1.97	3.10	5.07

Figuur 29 Economische berekeningen lage intensiteit Led belichting.

5 Conclusies, discussie en aanbevelingen

5.1 Conclusies

5.1.1 Zomerbloemen

Vervroeging oogst

Dagverlenging met lage intensiteit LED belichting kan in de zomerbloemen violier, leeuwenbek en Trachelium gebruikt worden om de oogst in het vroege voorjaar te vervroegen. De mate van vervroeging verschilt per gewas en per cultivar. Bij violier was het effect het grootst. Tien uur belichting startend 1 uur voor zonsondergang met $5 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED belichting gaf 10 dagen vervroeging van de oogst. De vervroeging nam toe van 10 tot 20 dagen bij een toename in de lichtintensiteit van 5 naar $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Bij violier reageerden alle cultivars in dezelfde mate op de LED belichting. Bij Leeuwenbek reageerden de verschillende cultivars in verschillende mate. Over het algemeen was het effect bij leeuwenbek wat minder sterk dan bij violier en was het effect pas zichtbaar bij een lichtintensiteit van $10 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ of hoger. Bij Trachelium was het effect weer minder dan bij leeuwenbek en was pas een effect te zien vanaf $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ bij twee van de drie rassen. Het derde Trachelium ras reageerde nagenoeg niet. Bij Ranonkel is de LED belichting overdag toegepast omdat Ranonkel een korte dag plant is. De LED belichting tijdens de daglichtperiode gaf bij Ranonkel geen effect op het oogsttijdstip.

Verbetering bladkleur en kwaliteit

Dagverlenging met lage intensiteit LED belichting geeft in alle gewassen een verbetering van de bladkleur. De bladkleur was donkerder naarmate de lichtintensiteit hoger was. Vooral in het jonge gewas was een duidelijk effect zichtbaar. De verbetering in bladkleur was bij violier het grootst. Bij leeuwenbek was de verbetering in bladkleur minder sterk en was bij de oogst geen verschil in bladkleur meer meetbaar. Bij violier werd ook een verbetering van de trosvorm bereikt.

Takgewicht

Bij violier was de vervroeging bij $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ dusdanig sterk dat het takgewicht bij de oogst sterk afnam. Bij dit lichtniveau zou dan wellicht een lagere temperatuur aangehouden moeten worden om voldoende takgewicht te realiseren. Bij de lagere lichtniveau's was het takgewicht wel voldoende. Metingen met een datalogger lieten zien dat de LED belichting, bij $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, geen effect lijkt te hebben op de etmaaltemperatuur.

5.1.2 Sneeuwbal

Verbetering bladkleur en kwaliteit

Belichting met rood, blauw en rood/blauw LED lampen en Retrofit lampen ($5 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ op planthoogte) verbetert de bladkleur bij sneeuwballen in de winter ten opzichte onbelicht. Verrood licht gaf een tegenovergesteld effect met lichter blad, meer strekking en kleiner en spitsler blad dan bij de controle. Dit effect is bij violieren gezien onder verrood licht. Bij de sneeuwballen onder de Retrofit lampen (bevatten voor deel ook verrood licht) was het blad ook wat kleiner en spitsler, maar minder sterk dan onder 100% verrood en nog wel acceptabel.

Het stuurlicht gaf bij sneeuwbal ook effect op de strekking. De lengte onder de bloemtros en bladlengte en -breedte was m.n. bij rood stuurlicht korter. Bij rood/blauw licht was het effect minder sterk. Omdat de bossen geoogst onder rood licht minder vol waren, geeft de teler de voorkeur aan rood/blauw LED licht. Blauw licht gaf ook wat minder strekking, maar had als nadeel dat daar 's ochtends wat meer guttatie is gezien. Onder de Retrofit lampen was de oogst van de 2^e trek gemiddeld 1,5 dag vroeger dan bij de controlebehandeling. Bij de andere lichtkleuren was de vervroeging minder (0,5 dag). In de eerste trek was de kwaliteit onder rood, blauw en rood/blauw stuurlicht gemiddeld wat beter dan bij de controle zonder stuurlicht. De tweede partij kwam makkelijk en uniform los, gaf weinig afwijkers en veel 4-koppers, ook bij de controle zonder stuurlicht. Dit komt omdat deze partij buiten al meer kou had gehad en de knoprust volledig doorbroken was. Toch was het percentage uniform uitgelopen bloemknoppen bij rood/blauw en rood stuurlicht iets hoger dan bij de controle zonder stuurlicht. Dit zou kunnen wijzen op een positief effect op de uitloop van rood en rood/blauw stuurlicht.

5.1.3 Kosten LED belichting

Tot $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ kunnen de meeste bedrijven met zomerbloemen gebruik maken van de elektrische infrastructuur die op de bedrijven aanwezig is voor stuurlicht die voorheen met 150 W gloeilampen werd gegeven. Economisch wordt het bij lichtintensiteiten hoger dan $10 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ al snel interessanter om met SON-T lampen te gaan belichten vanwege de hoge investeringskosten van LED belichting. Vanuit energie oogpunt is belichten met $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED belichting wel nog 2 keer zo zuinig als het laagst mogelijk te installeren lichtniveau met SON-T lampen met een redelijk goede verdeling. Of de opbrengsten opwegen tegen de kosten is in deze studie niet meegenomen en is ook een beslissing van de teler zelf. Indien ook in het najaar een positief effect bereikt kan worden met dagverlenging met lage intensiteit Led belichting, neemt het rendement van de investering uiteraard verder toe. Dit is in deze proef nog onvoldoende onderzocht. De enige proef in het najaar is uitgevoerd met *Trachelium Forrest purple* en deze gaf in het voorjaar ook niet of nauwelijks reactie op de behandelingen. Vervolgonderzoek moet aantonen of in sterker reagerende gewassen, zoals violier en leeuwenbek, door dagverlenging met lage intensiteit Led belichting ook in het najaar de teeltduur korter kan worden en de kwaliteit verbeterd kan worden.

5.2 Discussie

Over het algemeen is met lage intensiteit Led belichting vanaf $5 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ een positief effect mogelijk op de ontwikkelingssnelheid en de morfologische opbouw van lange dag zomerbloemen. Hierbij is de sterkte van de reactie afhankelijk van het gewas en van de cultivar. Een sterke reactie uit zich in een sterke vervroeging, ook al bij een laag lichtniveau van stuurlicht en afname van het takgewicht en in beperkte mate ook de lengte. Bij een sterk reagerend gewas kan de vervroeging ten koste gaan van de kwaliteit. Wellicht is dit met een lagere teelttemperatuur te corrigeren. Een tragere reactie uit zich in een minder sterke vervroeging en minder effect op bladkleur en takgewicht en effecten die pas bij een wat hoger LED lichtniveau optreden.

Sneeuwbal is een houtig gewas en bij sneeuwbal zijn de bloemknoppen allemaal al aangelegd als de trek begint. Bij dit gewas gaat het om het aantal knoppen dat uitloopt en hoe snel en uniform de knoppen uitlopen. Dit is een andere situatie dan bij zomerbloemen. Vooral bij de vroege trek (als de struiken buiten nog weinig kou hebben gehad om de bloemknoprust goed te doorbreken) kost het veel energie om de knoppen los te stoken. Als het uitlopen versneld dan wel verbeterd kan worden met lage intensiteit LED-belichting zou energie bespaard kunnen worden op de stookkosten. Doordat de eerste partij struiken als geheel zeer slecht uitliep, kon het effect van stuurlicht op de knopuitloop in de vroege trek niet worden vast gesteld. De LED-belichting gaf wel verbetering van andere kwaliteitskenmerken bij sneeuwbal en meer uitgelopen knoppen in de 2^e trek. Doordat in die partij veel bloemknoppen aangelegd waren en bij de controlebehandeling al veel knoppen uitgelopen waren, leidde dit bij de 2^e trek niet meer tot een hogere kwaliteitsklasse van de bloemtakken.

De effecten van verrood licht en rood licht die gezien zijn, komen overeen met algemeen bekende effecten bij kruidachtige planten in open vegetaties. Een hoog aandeel verrood licht en laag aandeel rood licht geeft meer strekking en minder vertakking. Een laag aandeel verrood licht en hoog aandeel rood licht geeft een compacter gewas en stimuleert de vertakking (Trouwborst *et al.* 2013).

Het mechanisme achter de waargenomen effecten is nog niet geheel duidelijk. In de deskstudie van De Boer en Marcelis (2009) worden voorbeelden genoemd van een aantal andere gewassen waarbij dagverlenging positieve effecten op de groei gaf en wordt ingegaan op mogelijk werkingsmechanisme. Verdeling van gelijke lichtsom per etmaal over 16 uur in plaats van 8 uur gaf bij tomaat een groeistimulus van 74% en bij vier soorten perkplanten nam het drooggewicht toe met gemiddeld 64%. In deze onderzoeken is ook gevonden dat bij dagverlenging het blad groener wordt en het chlorofylgehalte hoger wordt, net als bij de zomerbloemen en sneeuwballen. Dat zou er op kunnen wijzen dat er per eenheid bladoppervlak meer assimilaten aangemaakt kunnen worden. Daarnaast zijn aanwijzingen gevonden dat dagverlenging de groei van het bladoppervlak stimuleert, waardoor de lichtonderschepping wordt vergroot en daardoor meer assimilaten aangemaakt kunnen worden. Stuurlicht zal dan vooral effect hebben bij jonge planten in het begin van de teelt als de lichtonderschepping nog laag is. Stuurlicht zal dan ook meer effect hebben bij gewassen met een relatief lange periode waarin de lichtonderschepping laag is.

Een andere verklaring kan zijn dat het gewas al in een jonger stadium generatief wordt. Bij violier en bij twee van de drie leeuwenbekcultivars was er geen dagverlenging bij de controle zonder LED licht. Violier en leeuwenbek zijn beide kwantitatieve lange dagplanten en dagverlenging kan er dan voor zorgen dat planten eerder generatief worden. Bij de violierenproeven is het aantal bladeren onder de bloemtros geteld om te zien of de planten eerder generatief zijn geworden. In 2013 was het aantal bladeren onder de bloemtros bij de belichte behandelingen inderdaad lager dan bij de onbelichte controle, maar in 2014 was het aantal bladeren bij $20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ het grootst. In 2014 heeft waarschijnlijk een slechte kwaliteit van het onderste blad een rol gespeeld, waardoor een deel van de onderste bladeren is afgevallen vóór het tellen. Het is daarom beter in het vervolg het aantal internodiën te tellen (inclusief de internodiën bij afgevallen bladeren). Bij de derde leeuwenbekcultivar was er bij de controle zonder LED licht echter wel dagverlenging (met spaarlampen) en gaf de LED-belichting toch nog een duidelijke reactie. De LED-belichting heeft dan toch nog een meerwaarde. Trachelium is een kwalitatieve lange dag plant en daarom werd bij de controle ook al belicht met gloeilampen voor dagverlenging. De effecten van LED-belichting waren bij Trachelium minder groot en minder duidelijk dan bij violier en leeuwenbek.

In de beschreven proeven is dagverlenging toegepast met Philips LED-productiemodules met 94% rood en 6% blauw. Veel lange dag planten komen sneller in bloei als de rood:verrood verhouding laag is, vooral aan het eind van de fotoperiode (Trouwborst *et al.* 2013). In de uitgevoerde proeven is 1 uur voor zon onder gestart met de LED-belichting en was er dus aan het eind van de fotoperiode (=einde van de LED-belichting) geen verrood en zal de rood:verrood verhouding juist hoog geweest zijn. Dit roept de vraag op of de bloei wellicht nog meer versnelt kan worden als er aan het eind van de belichtingsperiode een korte puls verrood belichting gegeven wordt.

5.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

- Wat is het mechanisme achter het waargenomen effect van dagverlenging met lage intensiteit led belichting.
- Waarom wordt de plant groener en heeft dit effect op de fotosynthese per bladoppervlak?
- Is het Rood/blauwe spectrum voor alle planten het meest optimale spectrum?
- Kan met minder uren belichten hetzelfde effect bereikt worden als met de aangehouden 10 uur?
- Welke gewassen reageren nog meer op deze behandeling (matricaria, sla, radijs, campanula etc.) ?
- Kan in het najaar ook vervroeging of kwaliteitsverbetering bereikt worden, zodat het rendement van de investering van LED-lampen toe kan nemen?
- Kan stuurlicht er voor zorgen dat bij de vroege trek van sneeuwbal (eerste trek met struiken van buiten) het uitlopen van de bloemknoppen versneld danwel verbeterd kan worden?

Literatuur

Boer, P. de, Marcelis, L., 2009.

Fotoperiodisch stuurlicht. Verkenning van de mogelijkheden voor toepassing van fotoperiodisch stuurlicht om de groei te stimuleren. Rapport 283 Wageningen UR Glastuinbouw.

Trouwborst, G., Hogewoning, S.W. en Pot, C.S., 2013.

Stuurlicht bij de tijd. Deelrapport binnen het project 'Stuurlicht in de glastuinbouw, kansen voor energiebesparing'.

Bijlage I. Proefplannen onderzoek 2014

gewas: Violier
 plantdatum: wk 52
 start belichten: wk 1
 installatie: 16-12-2013
 technische details: 3 kappen tegelijk geplant van 3 soorten
 Middelste buizen worden voor spuitkar gebruikt
 5,60 kap met 4 bodden, 4 meter vakmaat, 4 meter hoog en 48 meter bedlengte
 Hijsgaas

proefplan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
6																																																	
7																																																	
8																																																	
9																																																	
10																																																	
11																																																	
12																																																	

behandelingen: intensiteit code hoogte
 Led balk RB 5 umol I5 2,20 m
 Led balk RB 10 umol I10 2,27 m
 Led balk RB 20 umol I20 1,40 m
 Onbehandeld 0 umol O nvt
 Tijdstip 10 uur aanvullend op de dag

gewas: Trachelium
 plantdatum: wk 2
 start belichten: wk 3
 installatie: 17-12-2013
 technische details: Suijtkar gebruikt middelste twee 51ers en heeft verstelbare hoogte, maar in buitenste bedden het laagst
 Hijsgaas gaat over 9,60 kap, geen draden tussen
 9,60 kap met 6 bedden, 4,5 meter vakmaat, 4,5 meter hoog en 41 meter bedlengte
 mogelijkheid tot CO2 doseren

proefplan

	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
1												O4a										I10a																											
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
6												O2b																																					

behandelingen: intensiteit code hoogte
 Led balk RB 5 umol I5 2,20 m
 Led balk RB 10 umol I10 2,27 m
 Led balk RB 20 umol I20 1,40 m
 Onbehandeld 0 umol O nvt
 Tijdstip 10 uur aanvullend op de dag

gewas	Leeuwenbek																																						
rassen	Animation dark orange, Maryland Lavender, Antibes red																																						
plantdatum	wk 46																																						
start belichten	wk 48																																						
installatie	wk 45																																						
technische details	3 kappen tegelijk geplant, waarvan 1 belicht met SL lampen, straalt 1 bed uit.																																						
	Buizen op 2.60 hoogte, worden niet gebruikt voor karren.																																						
	6.40 kap met 4 bedden, 3 meter vakmaat, 3 meter hoog en 33 meter bedlengte gewas wordt relatief lang, lampen moeten omhoog kunnen (tot wel 1.60 of nog langer).																																						
proefplan																																							
	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
1				O4a									I10a					I20a																					
2														Animation dark orange																									
3																																							
4				O2b									I10b					O1b																					
5																																							
6														Maryland Lavender																									
7				O4a									I20a					O3a																					
8																																							
9																																							
10				O2b									O1b					I5b																					
11														Antibes red																									
12																																							
behandelingen	intensiteit code hoogte																																						
Led balk RB	5 umol I5 2,20 m																																						
Led balk RB	10 umol I10 2,27 m																																						
Led balk RB	20 umol I20 1,40 m																																						
Onbehandeld	0 umol O nvt																																						
Tijdstip	10 uur vooruitlopend op de dag																																						
wk 45	woensdag 6/11 installatie																																						
wk 46	geplant maandag 11/11 animation dark orange																																						
	dinsdag 12/11 maryland lavender																																						
	woensdag13/11 antibes red																																						
wk 48	licht gaat aan op 28/11 om 23.00 uur tot 09.00 uur.																																						
	dit op tijdklok.																																						

gewas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

gewas	Viburnum opulus 'Roseum' (sneeuwbal)															
trekperiode:	Vroege trek van eerste struiken van buiten (hebben meest lange periode van hoge temperatuur nodig om knoppen los te stoken)															
start trek:	wk 51															
start belichten:	wk 51															
installatie:	woe 11 dec (wk 50) en 17 dec. ontbrekende lampen ophangen (18 dec struiken de kas in)															
technische details	aantal beschikbare bedden: 21															
	lengte bedden: 15 m															
	Maximale lamphoogte: 2,60 m															
proefplan																
	ringvaart (noordkant)															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
bed 21																
bed 20																
bed 19																
bed 18																
bed 17																
bed 16																
bed 15																
bed 14																
bed 13																
bed 12																
bed 11																
bed 10																
bed 9																
bed 8																
bed 7																
bed 6																
bed 5																
bed 4																
bed 3																
bed 2																
bed 1																
	ketelhuis (zuidkant)															

Bijlage II. Resultaten lichtmetingen

Lichtmetingen violier 2013

code	lamp test	intensiteit	meting buiten	meting midden	meting midden	meting buiten	meting gemiddeld
I5	LED-module	5	4.8	5.2	5.4	5	5.08
O1	controle	0	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02
L10	LED-module	10	8.5	8.9	9.44	9.02	9.17
L5	LED-module	5	4.7	5.35	5.48	5.15	5.14
O2	controle	0	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
L20	LED-module	20	17.34	23.36	22.06	18.35	20.22
O3	controle	0	0.06	0.02	0.01	0.04	0.03
L10	LED-module	10	8.3	8.95	9.3	8.87	9.08
L20	LED-module	20	19.2	22.62	23.01	17.5	20.47
O4	controle	0	0.01	0	0	0	0.00
O5	controle	0	0.01	0.01	0	0	0.00
O6	controle	0	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01

Lichtmetingen violier 2014

23-jan-14												
Bosdijk												
PL	licht parallel aan pad links											
PM	licht parallel aan pad midden											
PR	licht parallel aan pad rechts											
L	Loodrecht op parallel											
	PL		PM		PR		PL		PM		PR	
5 µmol	4		4		4		20 µmol	19		22		18
	4		4		4			19		28		19
	4		4		4			20		28		20
	4		4		4			20		28		19
	4		4		4			19		22		19
L	4	4	4	4	4		L	20	24	28	25	20
	PL		PM		PR		PL		PM		PR	
20 µmol	18		22		20		10 µmol	9		10		11
	19		24		21			9		11		11
	19		27		20			9		12		12
	18		25		21			9		12		11
	18		20		20			9		12		11
L	19	21	26	22	20		L	9	10	11	11	12
	PL		PM		PR		5 µmol	PL		PM		PR
10 µmol	9		11		11			4		4		4
	9		12		12			4		4		4
	9		11		12			4		4		4
	9		12		12			4		4		4
	9		11		11			4		4		4
L	9	10	12	11	12		L	4	4	4	4	4
PAD												

Lichtmeting Ranonkel 2014

veld	herhaling	intensiteit	m ¹	m ²	m ³	m ⁴	
l20	a	20	18.2	20.5	21.2	18.2	19.525
O1	a	0	0	0	0	0	0
O2	b	0	0	0	0	0	0
l10	a	10	9.7	11.9	11.3	9.9	10.7
l20	b	20	19.2	22.2	22.2	18.4	20.5
l10	b	10	11.4	11.2	11.9	10	11.125

Lichtmeting Leeuwenbek 2014

	PL		PM		PR			PL		PM		PR				PL		PM		PR	
20 µmol	20		22		19		10 µmol	11		13		12		10 µmol	12		12		12		
	25		26		20			12		14		12			12		14		12		
	24		31		21			12		13		12			12		14		12		
	23		24		20			12		11		11			12		13		12		
	19		22		20			12		12		10			9		12		9		
L	23	26	28	28	21		L	11	12	13	14	12		L	12	13	14	12	11		
	PL		PM		PR			PL		PM		PR			PL		PM		PR		
10 µmol	12		12		9		5 µmol	5		6		5		20 µmol	19		24		20		
	12		13		11			6		7		7			23		29		24		
	12		12		12			7		6		7			23		31		23		
	12		13		11			6		7		6			23		32		23		
	12		12		10			4		7		4			20		26		22		
L	12	12	13	13	12		L	6	7	7	7	7		L	20	25	30	27	22		
	PL		PM		PR			PL		PM		PR			PL		PM		PR		
5 µmol	4		4		4		20 µmol	19		22		19		5 µmol	5		6		5		
	4		5		5			23		26		19			6		7		6		
	4		4		4			22		29		20			6		7		6		
	4		5		5			20		26		19			6		7		5		
	4		6		4			19		26		17			4		7		4		
L	4	4	6	4	4		L	23	25	29	24	19		L	4	5	6	6	4		
PAD																					

Lichtmeting Trachelium 2014

24-jan-14												
van der Salm												
PL	licht parallel aan pad links											
PM	licht parallel aan pad midden											
PR	licht parallel aan pad rechts											
L	Loodrecht op parallel											
	PL		PM		PR		PL		PM		PR	
5 μmol			5		4		10 μmol	10	10			
			6		4			10	12			
			6		4			10	11			
			6		4			9	11			
			5		4			9	10			
L			6	5	5		L	9	11	12		
	PL		PM		PR		PL		PM		PR	
10 μmol			9		9		20 μmol	19	21			
			9		9			20	23			
			9		10			20	23			
			10		9			19	22			
			9		9			18	21			
L			10	9	9		L	20	22	24		
	PL		PM		PR		PL		PM		PR	
20 μmol			22		19		5 μmol	5	5			
			24		19			6	7			
			23		19			6	6			
			22		19			4	7			
			21		17			4	6			
L			23	20	19		L	4	6	7		
PAD												

Lichtintensiteiten en lamphoogte sneeuwbal 2014

behandeling	Intensiteit PAR-meter ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Meting Jazz-meter (incl. verrood)	Lamphoogte boven planthoogte (m)	Lamphoogte boven maaiveld (m)	Dim%
Onbehandeld	-				
rood licht	4.9		2.6	1.6	70%
blauw	5.1	3.4	2.6	1.6	68%
verrood	-	3.2	2.6	1.6	75%
rood/blauw	5.1		3.1	2.1	-
Retrofit*	1.5	3.2	2.8	1.8	-

* Samenstelling retrofit: 9% blauw, 53% rood, 38% verrood.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1348

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.