

Hybride belichting Chrysant

DLV Plant
Postbus 7001
6700 CA Wageningen

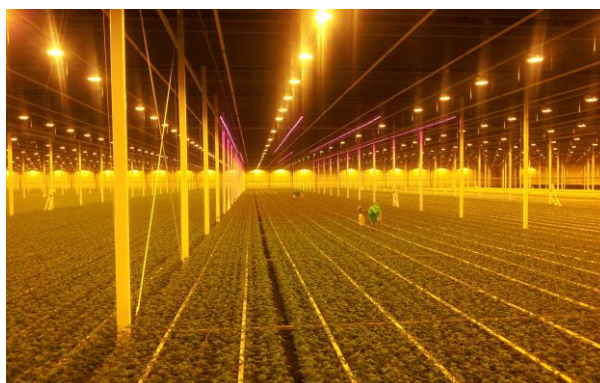
Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78
F 0317 46 04 00
E info@dlvplant.nl
www.dlvplant.nl

Gefinancierd door
Productschap Tuinbouw en Ministerie van Economische Zaken
in het kader van het programma Kas als Energiebron

Uitgevoerd door
DLV Plant Onderzoek
Paul de Veld
Dave van Marwijk
i.s.m. Philips Lighting
Danielle Smits- van Tuijl

PT Projectnummer: PT-14890



Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Ministerie van Economische Zaken



Uw sector investeert in dit project via het Productschap  Tuinbouw

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding en doel	4
2 Materiaal en methode	5
2.1 Proefopzet en materiaal	5
2.2 Accommodatie en teeltgegevens	5
2.3 Waarnemingen	5
3 Resultaten	6
3.1 Gewastemperatuur	6
3.2 Bladeren	7
3.3 Lengte	8
3.4 Versgewicht	9
3.5 Drogestof	10
3.6 Knoppen	11
3.7 Lichtbenuttingsefficiëntie	12
3.8 Teeltduur	13
3.9 Houdbaarheid	13
3.10 Energiebesparing	13
4 Conclusies en aanbevelingen	15
Bijlage 1 Statistische significantie per behandeling	16
Bijlage 2 Lichtoutput	17

Samenvatting

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat chrysantenteelt goed mogelijk is onder hybride belichting (combinatie SON-T en LED lampen). Wel is gebleken dat stralingswarmte noodzakelijk is voor een goede reactietijd. Er is een klein positief effect berekend op de lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) bij toepassing van LED naast de SON-T lampen. De potentieel te behalen energiebesparing, door minder intensief belichten voor eenzelfde resultaat, lijkt echter gering. Daarom zal energiebesparing bij hybridebelichting vooral moeten komen uit de hogere energie-efficiëntie in $\mu\text{mol/Watt}$ bij LED lampen.

Toepassing van hybridebelichting in de chrysantenteelt zal afhangen van de technologische ontwikkelingen van de LED. Fabrikanten moeten versneld doorgaan met het verhogen van de energie-efficiëntie van deze lamp.

De stralingswarmte is van invloed op de reactietijd van een chrysant. De vraag is op welke energie-efficiënte wijze deze warmte gegeven kan worden. Hier moet nog nader naar gekeken worden.

Er liggen mogelijk nog kansen voor de toepassing van LED in chrysant als stuurlicht. Te denken valt aan de beworteling, knopvorming en takopbouw.

De LBE is mogelijk nog te verhogen door optimalisatie van het lightspectrum.

1 Inleiding en doel

Hybride belichting wordt steeds meer op praktijkbedrijven toegepast. Uit een proef van Philips bij Botany B.V. in Horst (2012) is een betere lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) van 6% gerealiseerd in chrysant.

Gemiddeld genomen wordt er 100 μmol PAR belicht in de chrysanten (ong. 8000 lux). De komst van LED verlichting heeft twee grote voordelen voor de chrysantenteelt:

1. De lichtbenutting van de chrysant per μmol lijkt groter te zijn. Proefondervindelijk is 6% betere benutting gerealiseerd.
2. Daarnaast is de lichtefficiëntie per watt groter. SON-T levert zo'n 1,6 μmol per watt en LED verlichting zo'n 2,0 μmol per watt. Deze cijfers kunnen per systeem verschillen en daarom is deze proef.

De toepassing van hybride belichting is voor de chrysantenteelt de meest gunstige. De warmteproductie van SON-T lampen is gunstig voor het kastemperatuur, terwijl de LED verlichting de lichtbenutting en efficiëntie verhoogt. Een juiste balans tussen het aanbod van LED verlichting en SON-T is tot op heden nog niet gevonden.

Het doel van de proef is om aan te tonen dat de hogere efficiëntie van de LED lampen (in $\mu\text{mol} / \text{Watt}$) en de hogere lichtbenuttingsefficiëntie (LBE, in gram per mol/ m^2) omgezet kan worden in een duidelijke energiebesparing en meerproductie.

1. De potentie van hybride verlichting in de praktijk aantonen.
2. Mogelijke besparing vanuit de proef bij Botany aantonen door 17% te besparen met hybride belichting.
3. Kwekers bekend maken met de mogelijkheden van LED verlichting in de chrysantenteelt.

Het project is uitgevoerd door Team Onderzoek DLV Plant, samen met Philips Lighting. Het onderzoek heeft plaatsgevonden van november 2013 tot en met januari 2014 en is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Economische Zaken in het kader van het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma van het ministerie van Economische Zaken (EZ). Kas als Energiebron is het innovatie- en actieprogramma dat er voor moet zorgen dat de doelen van de glastuinbouw voor energiebesparing en minder CO_2 -uitstoot worden bereikt. LTO Glaskracht Nederland en het Ministerie van Economische Zaken trekken daarbij samen op en financieren het programma.

2 Materiaal en methode

2.1 Proefopzet en materiaal

Het onderzoek is uitgevoerd op een praktijkbedrijf met het ras 'Zembla'. Er is een winterteelt gevolgd om zo veel mogelijk het effect van de hybride belichting te zien (plantdatum 16 november, oogstdatum 30 januari (controle) en 31 januari (LED behandelingen)). De proeffactoren die zijn gerealiseerd (nagemeten) waren;

1. Controle (SON-T met 130,9 μmol)
2. 4 lijnen LED met SON-T half geschakeld (141,8 μmol , waarvan 68 μmol LED)
3. 3 lijnen LED met SON-T half geschakeld (128,6 μmol , waarvan 55 μmol LED)

De gemeten output van beide LED behandelingen was door praktijkomstandigheden hoger dan vooraf bedacht. De invloed van assimilatielicht van vakken verder dan de direct naastgelegen vakken was nog substantieel. Alle behandelingen hadden dezelfde beïnvloeding van naastgelegen vakken. De beïnvloeding bestond uit het feit dat assimilatielicht van vakken die 2 vakken van het proefvak lagen nog uitstraling hadden in het proefvak. De door Philips van tevoren doorgerkende intensiteiten groeilicht kwamen hierdoor in de praktijk hoger uit.

2.2 Accommodatie en teeltgegevens

De proef is aangelegd in een plantvak van 1000 m².

Oppervlakte per behandeling: 240 m².

LED belichting: 90% rood licht, 10% blauw licht

Plantdatum: week 46/6 (16 november)

Plantdichtheid: 45,5 /m²

Start KD: week 48/7 (15 dagen LD)

Oogst: week 5/5 (controlebehandeling, 61 dagen reactietijd)

week 5/6 (behandelingen 2 en 3, 62 dagen reactietijd)

2.3 Waarnemingen

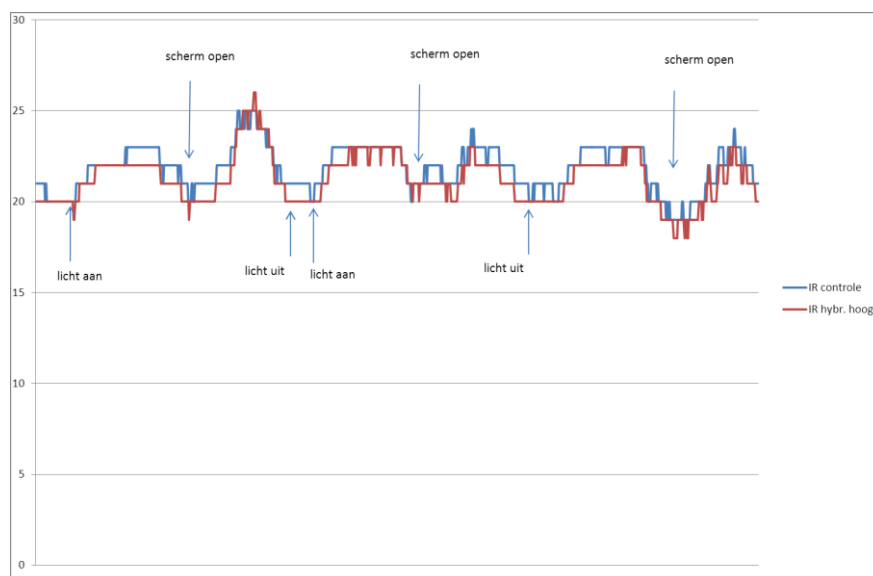
De gewastemperatuur van behandeling 1 en 2 is continu gevolgd.

Op 3 momenten zijn tussentijdse waarnemingen gedaan per proeffactor. Plantlengte, vers- en drooggewicht zijn gemeten. Op het oogstmoment is de eindwaarneming gedaan. Hierbij zijn extra gemeten het aantal knoppen per tak en de houdbaarheid. Statistische verschillen tussen de gemiddelden zijn weergegeven in bijlage 1.

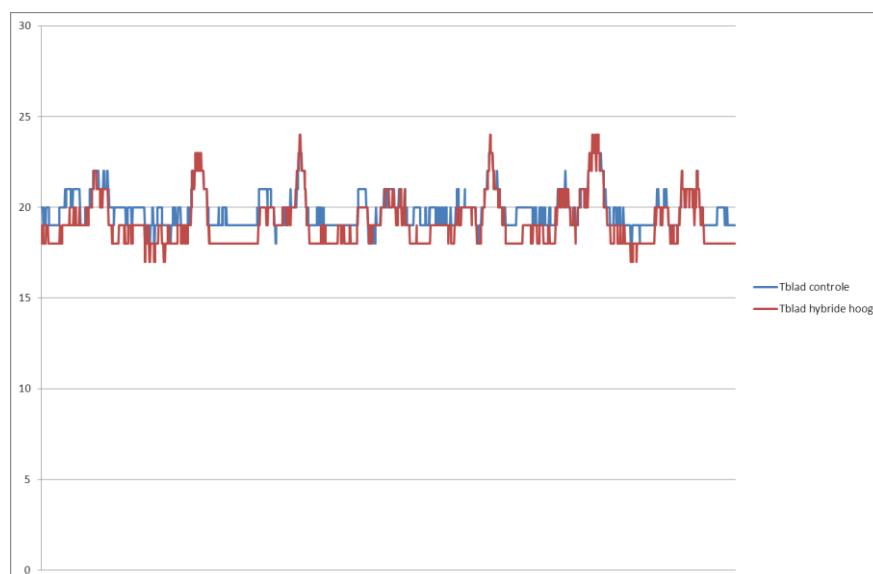
3 Resultaten

3.1 Gewastemperatuur

De gewastemperatuur van de controle is gemiddeld iets hoger dan dat van de behandeling (0,1°C tijdens LD en 0,2°C tijdens KD; figuur 1 en 2). Dit verschil is vrij klein maar kan wel een klein effect hebben op de reactietijd. Naast het aan/uit schakelen van de lampen was er een behoorlijk effect van scherm open op gewastemperatuur ('s ochtends rond 9.00 u), zowel tijdens LD als KD. Niet alleen gemiddeld maar ook momentaan (bv net na uitschakelen lampen) was het verschil in gewastemperatuur tussen beide behandelingen vrij klein.



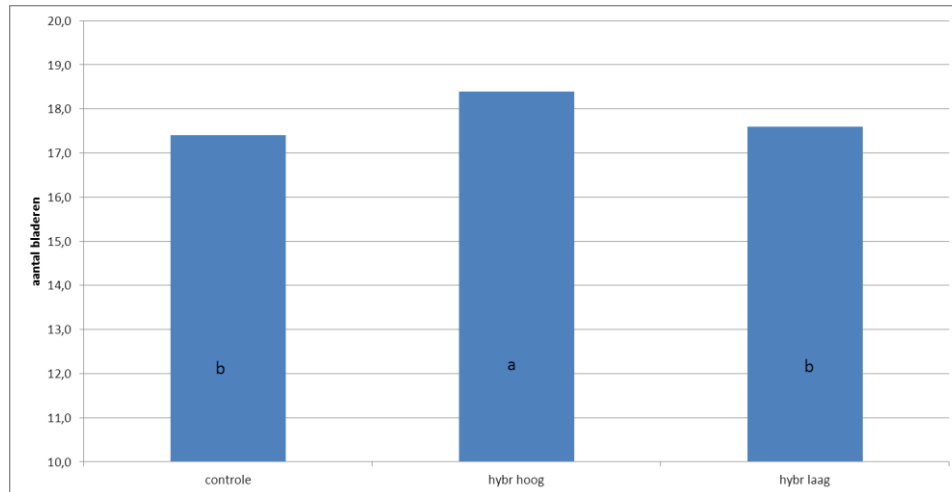
Figuur 1. Gewastemperatuurverloop van 23 tot 25 november 2013 (LD)



Figuur 2. Gewastemperatuurverloop van 1 tot 7 januari 2014 (KD)

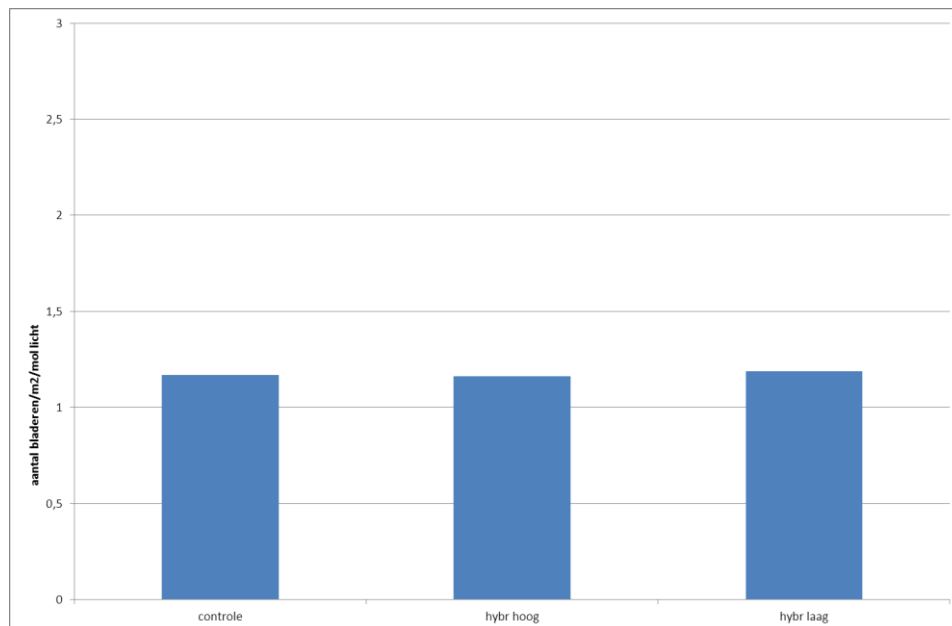
3.2 Aantal bladeren

Bij de eerste tussentijdse waarneming is per behandeling het aantal bladeren waargenomen (figuur 3). Dit om het effect van de lichtbehandeling op bladafplitsing in het begin van de teelt te achterhalen. De hybridebehandeling met de hoogste lichtoutput resulteerde in de meeste bladeren per plant.



Figuur 3. Gemiddeld aantal bladeren op 6 december 2013

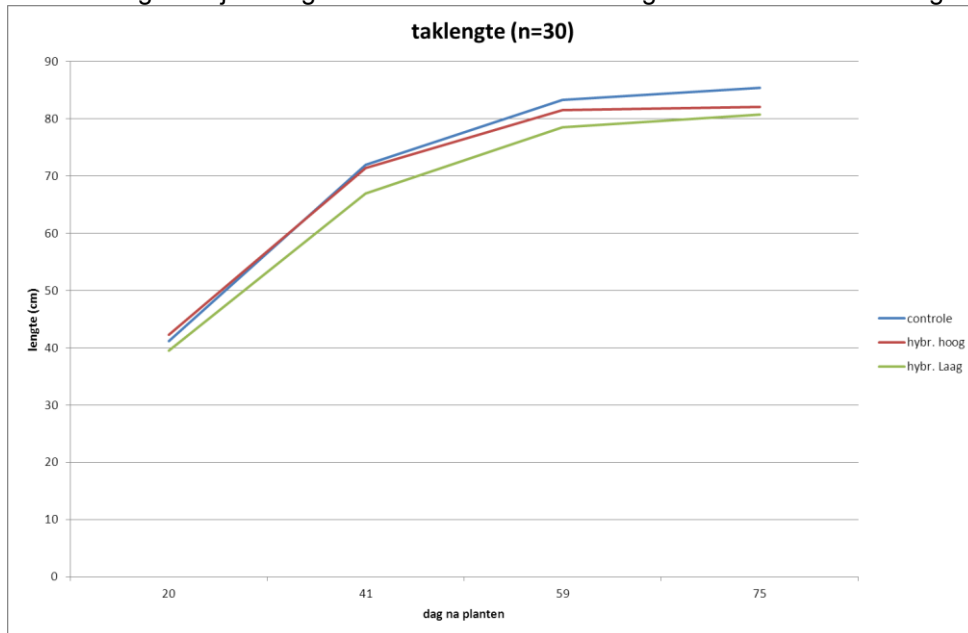
Wanneer het aantal bladeren wordt gecorrigeerd voor de gerealiseerde lichtoutput per behandeling (figuur 4) dan zijn er geen verschillen meer tussen de behandelingen.



Figuur 4. Gemiddeld aantal bladeren per m² per mol licht op 6 december 2013

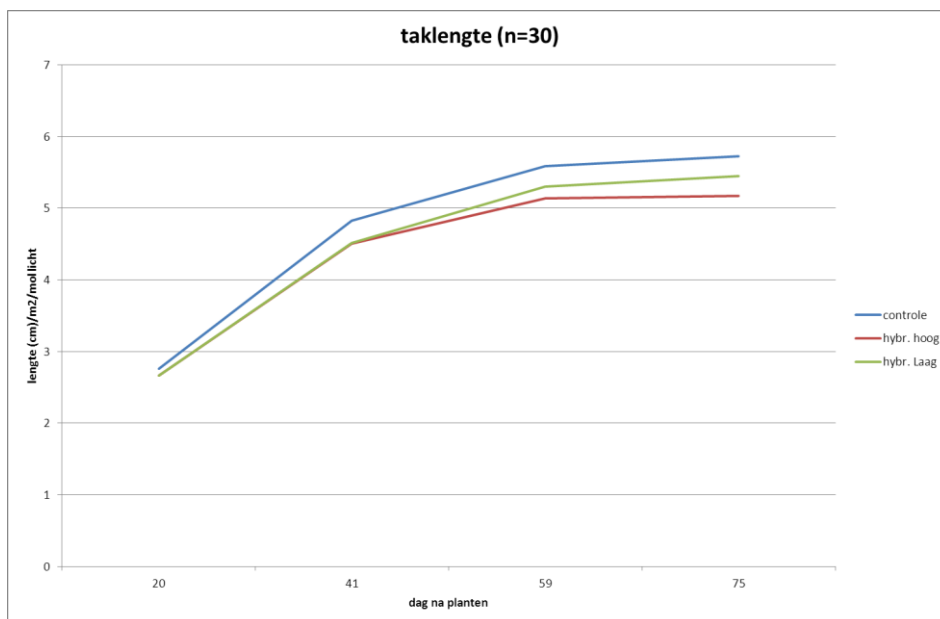
3.3 Lengte

Hieronder (figuur 5) is duidelijk dat de controle heeft geleid tot de langste takken. Vanaf de laatste twee waarnemingsmomenten was dit verschil significant t.o.v. beide hybride-behandelingen. Bij de oogst waren de controletakken gemiddeld zo'n 5 cm langer.



Figuur 5. Gemiddelde taklengte op 4 momenten

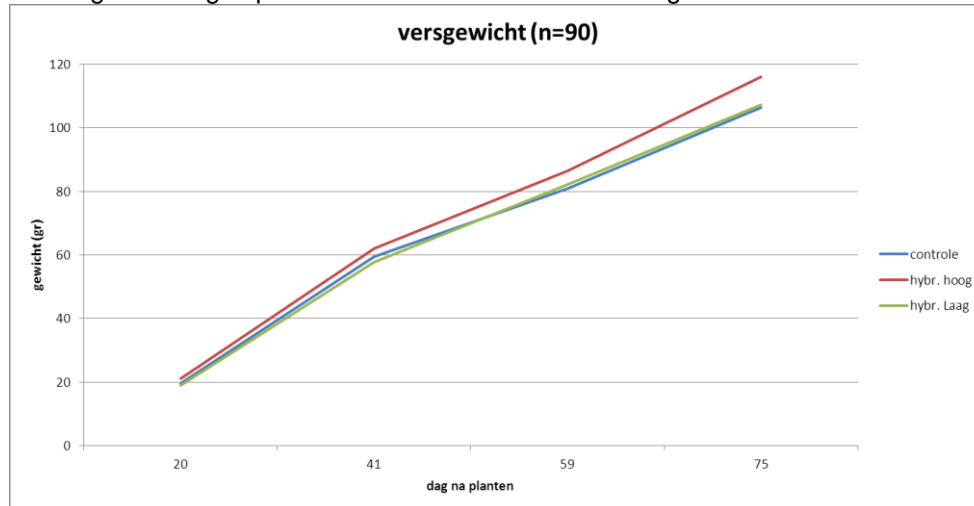
Wanneer de lengtegroei direct wordt gekoppeld aan de hoeveelheid ontvangen licht (mol) per behandeling dan laat de controle behandeling nog steeds de meeste lengtegroei zien (figuur 6). Mogelijk is dit veroorzaakt door de hogere stralingswarmte bij de controle behandeling.



Figuur 6. Gemiddelde taklengte per m2 per mol licht op 4 momenten

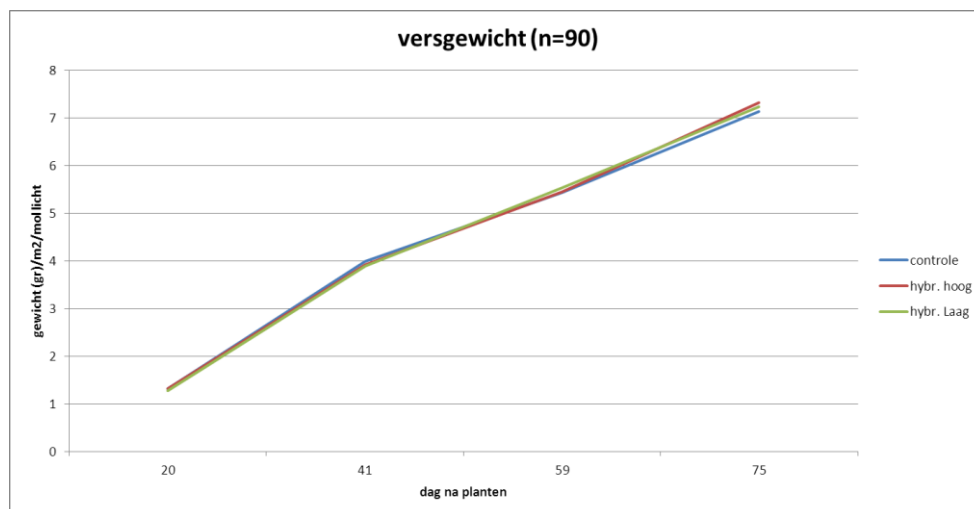
3.4 Versgewicht

Het versgewicht (figuur 7) is voor de hoge hybridebehandeling naar het einde van de teelt toe langzaam uitgelopen t.o.v. beide andere behandelingen.



Figuur 7. Gemiddeld versgewicht op 4 momenten

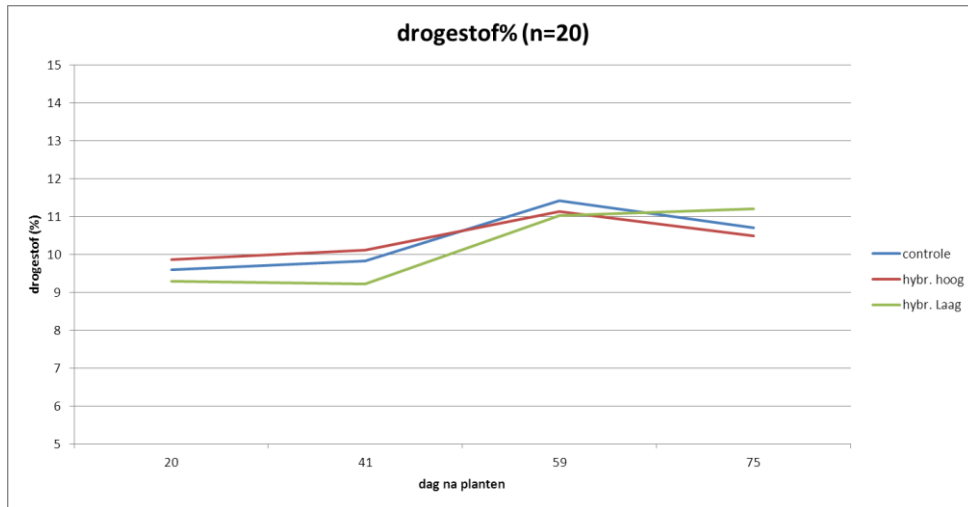
Gecorrigeerd per mol licht per vierkante meter zijn de verschillen in versgewicht minimaal (figuur 8).



Figuur 8. Gemiddeld versgewicht per m2 per mol licht op 4 momenten

3.5 Drogestof

Verschillen in drogestof tussen de behandelingen zijn niet eenduidig. Ook is onduidelijk waarom de lage hybridebehandeling als enige geen afname in drogestof% laat zien op het laatste waarnemingsmoment.



Figuur 9. Gemiddeld percentage drogestof op 4 momenten

3.6 Knoppen

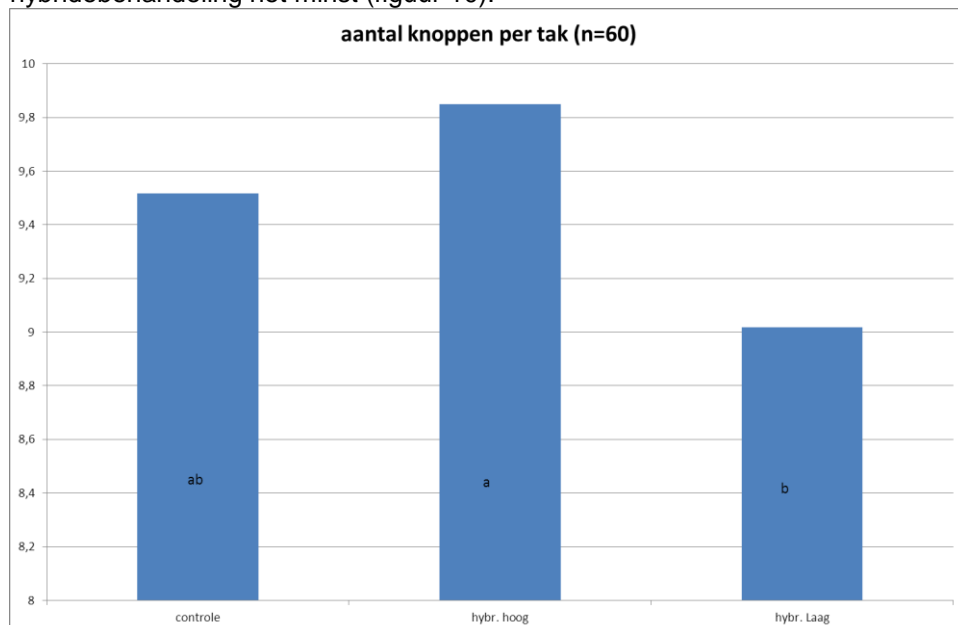
Bij de eindwaarneming is per behandeling het aantal knoppen waargenomen. De minimale knopgrootte om meegenomen te worden in de telling is weergegeven in onderstaande foto's.



Foto 1. Knop vooraanzicht

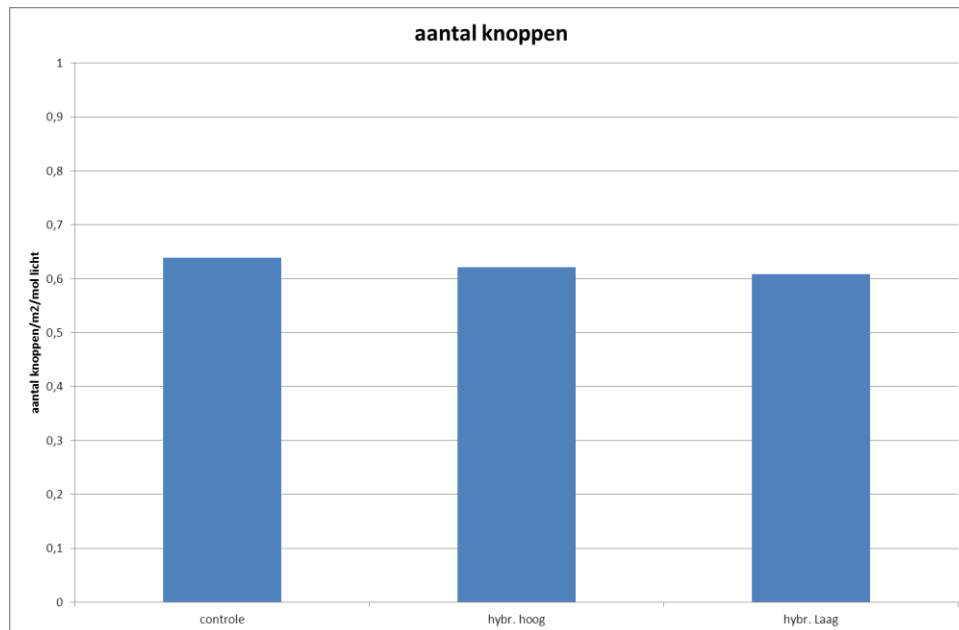
Foto 2. Knop zijaanzicht

De hoge hybridebehandeling heeft de meeste knoppen aangemaakt en de lage hybridebehandeling het minst (figuur 10).



Figuur 10. Gemiddeld aantal knoppen op het oogstmoment

Wanneer het aantal knoppen wordt gecorrigeerd voor het aandeel licht per behandeling dan blijken de verschillen minimaal te zijn (figuur 11).



Figuur 11. Aantal knoppen per m2 per mol licht op het oogstmoment

3.7 Lichtbenuttingsefficiëntie

Er is een klein positief effect op de LBE bij toepassing van LED naast de SONT lampen (tabel 1).

Voor deze berekening is de totale versgewicht-productie per m² gedeeld op de totale hoeveelheid licht tijdens de teelt. Deze hoeveelheid licht is de totale buitenstraling, omgerekend naar PAR straling binnen, en de totale hoeveelheid assimilatielicht (PAR). Hierbij is gekeken naar de hoeveelheid branduren van zowel de proefkap, als de naastgelegen kappen. De totale hoeveelheid licht was uitgedrukt in percentages: 63% assimilatielicht, 37% natuurlijk licht (zie ook bijlage 2).

Tabel 1. Lichtbenuttingsefficiëntie per behandeling

Behandeling:	versgew. gram/tak	versgew. gram/m ²	Tot. licht/teelt mol/m ²	LBE vers gr/mol/m ²	LBE vers t.o.v. SON-T
Hybr. 129 umol	107	4878	674	7,2	1,4%
Hybr. 142 umol	116	5281	721	7,3	2,5%
SONT 131 umol	106	4839	678	7,1	

Behandeling:	d.s %	drooggew. gram/m ²	Tot. licht/teelt mol/m ²	LBE droog gr/mol/m ²	LBE droog t.o.v. SON-T
Hybr. 129 umol	11,2%	544	674	0,81	5,5%
Hybr. 142 umol	10,5%	556	721	0,77	0,6%
SONT 131 umol	10,7%	519	678	0,77	

3.8 Teeltduur

De beide hybridebehandelingen zijn 1 dag later geoogst dan de controle. Als dezelfde rijpheid zou zijn aangehouden, dan zouden dit 2 dagen zijn. De stralingswarmte van de lampen heeft gezorgd voor een hogere planttemperatuur en hierdoor een snellere bloei. Opvallend was, dat de controlebehandeling 1 – 2 dagen sneller was dan de teeltvakken links en rechts van het proefvak. In die vakken wordt tegen het einde van de teelt altijd maar 50% van het lichtniveau benut. In het proefvak is tot het einde van de teelt 100% belicht.

3.9 Houdbaarheid

Als laatste zijn er houdbaarheidstesten gedaan, na een transportsimulatie. Er bleken geen verschillen te zijn in houdbaarheid tussen de behandelingen.

3.10 Energiebesparing

In een praktijksituatie kan het energieverbruik per behandeling niet gemeten worden, echter wel berekend. De potentiële energiebesparing moet komen uit de hogere energie-efficiëntie van een LED- ten opzichte van een SON-T lamp en uit een eventuele hogere LBE bij LED. Dit laatste is maar beperkt aangetoond, zie tabel 1. Een procent hogere LBE leidt tot een potentiële energiebesparing van een procent. De gemeten verschillen zijn echter gering en daarom niet meegenomen in de potentiële energiebesparing.

De energiebesparing door een hogere energie-efficiëntie van de LED lamp, kan echter wel berekend worden, zie tabel 2.

Tabel 2: Potentiële energiebesparing door hoger energie-efficiëntie LED

Behandeling	Belichting								potentiële energie besparing
	SON T		LED		Totaal				
	1,8 $\mu\text{mol/Watt}$		2,1 $\mu\text{mol/Watt}$		mol/m^2	kWh/m^2	output $\mu\text{mol/Watt}$		
	totale teelt mol/m^2								
Hybr. 129 μmol	228	35	188	25	416	60	1,92	7%	
Hybr. 142 μmol	231	36	233	31	464	66	1,94	8%	
SONT 131 μmol	424	65	0	0	424	65	1,80		

In de berekening van tabel 2 is uitgegaan van een energie-efficiëntie bij de SON-T lamp van $1,8 \mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$ en van de LED lamp van $2,1 \mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$. De gemiddelde output bij de hybriden-behandelingen ligt lager, doordat er nog voor ruim de helft van de totale belichtingssom (in mol/m^2) gebruik wordt gemaakt van de SON-T lamp. De potentiële

energiebesparing komt dus uit tussen de 7-8%. Dit is afhankelijk van de verhouding LED/SON-T. Bij de hybride 129 μmol was deze 43%/57% en bij de 142 μmol 48%/52%. Belangrijk om te vermelden is dat de potentiële energiebesparing alleen is uitgerekend voor het onderdeel hogere licht efficiëntie van een LED lamp t.o.v. een SONT lamp. Het is namelijk zo dat de SONT bespaart op warmte a.g.v. de stralingswarmte. De werkelijke energiebesparing zal dus altijd lager zijn (dan de genoemde 7-8%). Hoeveel dit is, kan in dit onderzoek niet berekend worden.

4 Conclusies en aanbevelingen

Uit de resultaten van dit onderzoek is het volgende gebleken:

- Chrysantenteelt is goed mogelijk onder hybride belichting.
- Het ontbreken van stralingswarmte bij LED lampen leidt tot een vertraging van de teeltduur t.o.v. belichten met SONT.
- Er is een klein positief effect op de LBE bij toepassing van LED naast de SONT lampen. De potentieel te behalen energiebesparing, door minder intensief belichten voor eenzelfde resultaat, lijkt echter gering.
- Energiebesparing bij hybridebelichting moet vooral komen uit de hogere energie efficiëntie in $\mu\text{mol/Watt}$ bij LED lampen.

Aanbevelingen

- Toepassing van hybridebelichting in de chrysantenteelt zal afhangen van de technologische ontwikkelingen van de LED. Fabrikanten moeten versneld doorgaan met het verhogen van de energie-efficiëntie van deze lamp en het verlagen van de kostprijs.
- De stralingswarmte is van invloed op de reactietijd van een chrysant. De vraag is op welke energie-efficiënte wijze deze warmte gegeven kan worden. Hier moet nog nader naar gekeken worden.
- De LBE is mogelijk nog te verhogen door te spelen met het lightspectrum. Het is namelijk de vraag of het gebruikte spectrum van de LED lampen helemaal optimaal is voor Chrysant.

Bijlage 1: Significantie (95%) tussen de verschillende behandelingen

dag 20			
	controle	hybr hoog	hybr laag
lengte	ab	a	b
bladeren	b	a	b
versgewicht	ab	a	b
drogestof	ab	a	b
dag 41			
	controle	hybr hoog	hybr laag
lengte	a	a	b
versgewicht	a	a	a
drogestof	ab	a	b
dag 59			
	controle	hybr hoog	hybr laag
lengte	a	b	c
versgewicht	a	a	a
drogestof	a	a	a
dag 75			
	controle	hybr hoog	hybr laag
lengte	a	b	c
versgewicht	b	a	b
drogestof	a	a	a
knoppen	ab	a	b

*behandelingen met dezelfde letters (a, b, c) zijn statistisch gelijk aan elkaar.

Bijlage 2: Lichtoutput en lichtbronnen

Totale hoeveelheid licht van belichtingsinstallatie totale teelt

	100%	50%	Totaal	% t.o.v.
	mol/m ²	mol/m ²	mol/m ²	totaal licht
led laag	296	121	416	62%
led hoog	326	138	464	64%
SON-T	301	124	424	63%

Totale hoeveelheid licht van buitenstraling, 70% lichtdoorlatendheid

	stralingssom		mol/m ²	% t.o.v.
				totaal licht
led laag	17103		257	38%
led hoog	17103		257	36%
SON-T	16827		253	37%

Totale hoeveelheid licht buiten + belichting totale teelt

			mol/m ²
led laag			674
led hoog			721
SON-T			678