

NEXTgarden In The Spotlights

*Freesia onder een hybride belichting met twee verschillende intensiteiten LED
licht vergeleken met SON-T belichting*





HAS Kennistransfer en
Bedrijfsopleidingen
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: (088) 890 36 37

Documenttitel: NEXTgarden In The Spotlights: Freesia onder een hybride belichting met twee verschillende intensiteiten LED licht vergeleken met SON-T belichting

Projectcode: 18200304

Opdrachtgever: Gemeente Lingewaard
Contactpersoon: Jan Taks

Accountmanager: Nathalie Roefs

Projectteam: Janneke Grit
Menno van den Berg
Saskia Elsen

Betrokken teler: Zandvoort Flowers: Rick Gerichhausen

Status: Definitief

Plaats: 's- Hertogenbosch
Datum: 14 juni 2019



Europees Landbouwfonds voor
Plattelandsontwikkeling; Europa
investeert in zijn platteland

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport "*Freesia onder een hybride belichting met twee verschillende intensiteiten LED licht*". Het onderzoek is uitgevoerd bij Zandvoort Flowers in Huissen. Het eerste deel van het onderzoek is uitgevoerd in het kader van een beroepsopdracht (BO) ter afronding van de opleiding Tuinbouw en Akkerbouw aan de HAS Hogeschool te 's- Hertogenbosch.

Van september 2018 tot april 2019 is het onderzoek uitgevoerd. Bij deze willen wij het consortium, Signify, Light4Food en Pronk Consultancy bedanken voor de kennis en materialen.

Verder wensen wij u veel leesplezier van dit onderzoeksverslag.

Menno van den Berg

Saskia Elsen

Janneke Grit

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	5
Begrippenlijst.....	6
1. Inleiding	7
2. Materiaal en methode	11
3 Resultaten en discussie.....	17
4. Conclusie en aanbevelingen	36
5. Referenties	38
Bijlagen	40

Samenvatting

NEXTgarden is een tuinbouwgebied gelegen tussen Arnhem en Nijmegen wat streeft naar klimaatneutraal telen. Binnen dit gebied worden dan ook verschillende onderzoeken gedaan. Energiebesparing is een uitdaging binnen de teelt van *Freesia*, vandaar dat hier onderzoek naar gedaan is. SON-T lampen verwarmen de ruimte door convectiewarmte en het gewas door stralingswarmte. Deze warmte is maar zeer beperkt nuttig en wordt in veel gevallen afgelucht. Duurzaam en energieneutraal zijn factoren die steeds zwaarder meewegen voor een tuinder.

Tijdens dit onderzoek is er gekeken wat het effect is van extra LED licht naast de SON-T belichting op de teelt en productie van de *Freesia*. De hoeveelheid meerproductie kan uitwijzen of het rendabel is om LED armaturen te gebruiken tijdens de teelt van *Freesia*'s. Hierbij is ook naar het energieverbruik van SON-T en LED gekeken.

Na het bestuderen van literatuur werd verwacht dat: het drogestofgehalte van de gehele plant en de productie zal toenemen onder de behandelingen met extra LED licht. Ook werd verwacht dat er meer bloemknoppen per kam werden aangelegd en dat de stengels korter en dikker zouden worden met extra LED licht.

De proef is uitgevoerd in twee kappen van een regulier freesiabedrijf. Beide kappen hadden een eigen plantdatum, 17-08-2018 en 23-08-2018. Iedere kap was verdeeld in drie proefvakken, met de lichtbehandelingen:

- SON-T belichting (SONT) ($55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).
- Hybride belichting van $41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (43%) LED belichting met $55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T belichting (57%) (LED41)
- Hybride belichting van $82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (60%) LED belichting met $55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T belichting (40%) (LED82)

Gedurende de vegetatieve groeifase zijn verschillende parameters gemeten om de groei te bepalen. Daarnaast is de productie bijgehouden, zijn er houdbaarheidsonderzoeken uitgevoerd en is het rendement bepaald.

Tijdens de vegetatieve groeifase zijn nauwelijks verschillen gevonden tussen de lichtbehandelingen. Ook het drogestofgehalte van zowel de stengel als de knol verschilde niet gedurende de hele teelt tussen de lichtbehandelingen. De productie per m² was voor de behandelingen met LED licht hoger dan voor SON-T. Dit werd voornamelijk gerealiseerd doordat er meer zijtakken werden gevormd onder beide LED behandelingen dan onder de SON-T behandeling. Uit de houdbaarheidsonderzoeken kwam in enkele gevallen naar voren dat de bloemstelen onder LED82 behandeling een betere kwaliteit had dan onder SON-T. Dit was echter niet voor alle onderzoeken. Het energetisch rendement per kWh was voor behandeling LED41 het hoogst.

Gebaseerd op het huidige onderzoek kan geconcludeerd worden dat LED verlichting in de *Freesia* teelt perspectief heeft. Het is daarom ook aan te raden om in opvolging op de huidige proef een 100% LED proef te doen of om met hogere temperaturen te gaan telen met meer licht.

Begrippenlijst

Begrip/afkorting	Definitie/verklaring
nm*	Nano meter, één miljardste van een meter ofwel 1 miljoenste van een mm ofwel 0,000001 mm.
µmol *	micromol zelfst.naamw. [natuurkunde], [eenheid] een eenheid voor stofhoeveelheid, gelijk aan één miljoenste mol of 0,001 millimol, weergegeven met symbool µmol.
Fotomorfogenese*	Vorm en kleur van de plant veranderd door licht.
Fotoperiodisme*	Reactie van de plant op de lengte van de dag
Ppm*	Parts per million, delen per miljoen. Een maat voor concentratie.
Destructieve metingen*	Metingen waarbij de plant kapot gemaakt wordt.
JETI-meter*	Spectrometer voor licht
de Shapiro-Wilk test*	Deze test kijkt of de data van een proef normaal verdeeld is
Two way- ANOVA Test	De Two-way ANOVA is een variantie analyse met als verschil dat er naast de twee groepen meerdere onafhankelijke (gerelateerde) variabelen getoetst kunnen worden op basis van groepsgemiddelden. Hierdoor kunnen naast de hoofdeffecten ook interactie effecten tussen de onafhankelijke variabelen worden getoetst (De Vocht, 2016)
Repeated measures ANOVA	De Repeated Measures ANOVA is een variant van de ANOVA waarbij dezelfde groep planten herhaaldelijk wordt gemeten en je deze metingen met elkaar wilt vergelijken. Deze test moet worden toegepast wanneer bijvoorbeeld plantlengte vaker dan een keer gemeten wordt bij dezelfde plant (De Vocht, 2016).

* Betekenis volgens ENCYCLO Nederlandse Encyclopedie

1. Inleiding

NEXTgarden is een tuinbouwgebied in ontwikkeling, gelegen tussen Arnhem en Nijmegen. Hier werken ondernemers, kennisinstellingen en de overheid samen aan projecten die de productieketen slimmer, efficiënter en duurzamer maken. Het gebied heeft een omvang van ruim 735 hectare met vele ondernemers (NEXTgarden, 2018).

NEXTgarden streeft onder andere naar een klimaatneutraal tuinbouwgebied. Hier worden dan ook verschillende onderzoeken naar gedaan. Zo ook het onderzoek van oud HAS Hogeschool studenten Joep van de Vondervoort en Jos van Zeijl. Zij hebben op kwekerij Harry Beijer onderzocht of er een teeltversnelling gerealiseerd kan worden in snackpaprika en snackaubergine in pot, door het gebruik van LED verlichting tijdens het teeltproces. Zij concludeerden dat er bij de verschillende LED omstandigheden voor zowel aubergine als paprika een teeltversnelling gerealiseerd kon worden. Paprika en aubergine zijn beide vruchtgewassen, vandaar dat een vervolgprouf met LED in combinatie met een sierteeltgewas een logisch vervolg was. Voor dit project is *Freesia* als gewas gekozen. Het gebruikte ras is Soleil.

De *Freesia* is lid van de *Iridaceae* familie en komt oorspronkelijk uit Zuid-Afrika. De *Freesia* is een knolgewas met lange smalle bladeren en een bloemstengel met een kam bloemen. De kwaliteit van de gesneden bloemstengel wordt bepaald door de lengte, dikte, gewicht, aantal bloemen, bloemdiameter en de stand van de vertakkingen (Hartsema, 1962). De *Freesia* knol kan in plaats van één scheut meerdere scheuten vormen, dit worden ook wel splijters genoemd. De aanwezigheid van splijters zorgt voor een minder uniforme partij en een dichter gewas. De hoeveelheid splijters is afhankelijk van voorbehandeling en de manier van vermeerdering, middels kraal of knol (Labrie en Raaphorst, 2010).

De *Freesia* is een erg belangrijke bloem voor de economie wereldwijd, het is een van de meest waardevolle bloemen naast de roos en de chrysanthe (Bala, M en Berecici D, 2010). Desondanks is in de periode van 2000 – 2017 het *Freesia* areaal in Nederland afgenomen van 221 hectare naar 66 hectare (CBS, 2018).

Freesia is een kou minnende teelt, waarbij gestreefd wordt naar een ruimtetemperatuur van 8 tot 10°C, in de winter van november tot februari (Van Weel, Labrie, Van der Helm, 2011). Belichten met SON-T levert veel warmte op en is niet ideaal voor de teelt van *Freesia* (Van der Helm, 2013). Om het probleem met warmte weg te nemen wordt er gekeken naar de teelt onder LED. Dit omdat LED armaturen veel minder warmte uitstralen dan SON-T armaturen (Tabel 1). Zo blijven ruimte- en planttemperatuur lager.

Tabel 1 Vergelijking LED en SON-T

Eigenschappen	Philips LED (DR/LB)*	GeenPower toplight	Philips HPS (SON-T) 1000 W**
Branduren tot efficiëntie van 90%	35.000 uur		10.000 uur
Convectiewarmte	35%		11%
Stralingswarmte	15%		55%
Licht	50%		34%
Stroomgebruik in watt per lamp	170W		1000W
Energieverbruik in kW per uur	0,17 kWh		1kWh
Efficiëntie	172% (ten opzichte van SON-T)		100%
μmol per elektrischeit Joule	3,1 $\mu\text{mol}/\text{J}$		1,8 $\mu\text{mol}/\text{J}$

* (Philips, 2018)

**(van de Vondervoort en van Zeijl, 2017)

Het spectrum van LED kan aangepast worden aan een specifiek type gewas waardoor er voor een deel op morfologie gestuurd kan worden. Op basis van de huidige stand van zaken van techniek en prijs zijn de aanschafkosten van LED lampen hoger dan die van SON-T. De LED armaturen voor dit project kostten €345, de kosten van SON-T schommelen rond de €200 (N. Jacobs persoonlijke communicatie 26 oktober 2018). De levensduur van LED is langer ten opzichte van SON-T, waardoor er meer tijd is om de investering terug te verdienen. De lage hoeveelheid stralingswarmte maakt het mogelijk om, ook op warme dagen, de lampen langer te laten branden waardoor de planten meer groeilicht ontvangen en er binnen een teeltronde een grotere opbrengt gerealiseerd kan worden (tabel 1). Doordat SON-T veel warmte uitstraalt warmen de planten ook, waardoor er een ander microklimaat ontstaat (De Geest, 2017).

Microklimaat is een samenhang van omgevingsfactoren zoals; temperatuur, straling, relatieve luchtvochtigheid waaraan het gewas wordt blootgesteld. Het microklimaat is het klimaat bij de bodem en de plant. Planten worden sterk beïnvloed door het microklimaat, waarbij veranderingen elkaar beïnvloeden. De voornaamste energiebron voor fotosynthese is zonne-energie. Planten onderscheppen deze energie voor fotosynthese, maar minder dan 5% wordt gebruikt voor fotosynthese. De rest van de energie warmt de plant en zijn omgeving op. Straling heeft invloed op de groei en ontwikkeling van de plant, ook wel fotomorfogenese genoemd (Jones, 1992).

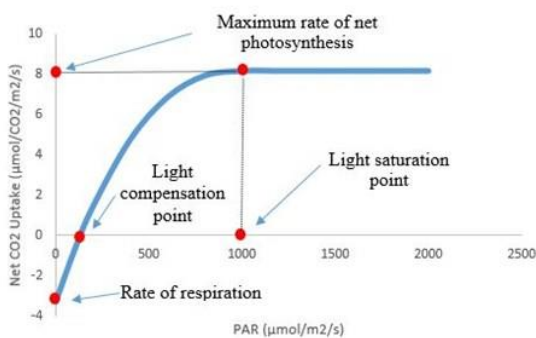
Planten gebruiken licht voor twee processen: groei én ontwikkeling. Groeilicht staat gelijk aan PAR licht (400 – 700 nm). Lichtintensiteit, lichtsom en duur zijn van invloed op met name fotosynthese, dus groei. De ontwikkeling van de plant is sterk afhankelijk van stuurlicht. Hierbij reageert de plant met name op daglengte en lichtkleuren. De kleuren die het meest bijdragen aan

fotomorfogenese zijn: blauw (400 – 500 nm), rood (600 – 700 nm) en verrood (700 – 800 nm) (Meinen, Marcelis, Steenhuizen en Dueck, 2009).

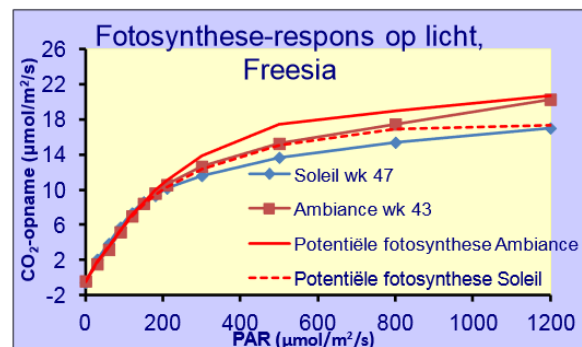
Kwaliteit en groei worden sterk bepaald door de verhoudingen in “sink” en “source” oftewel de vraag en aanbod van assimilaten (suikers). Assimilaten worden gemaakt door middel van fotosynthese (source) en kunnen gebruikt worden voor groei (sink) (Kas als energiebron, 2016). De LED armaturen die gebruikt zijn tijdens dit onderzoek stralen rood en blauw licht uit. Blauw licht (400 – 500nm) speelt een belangrijke rol bij de vorming van chlorofyl, de ontwikkeling van chloroplasten en het openen van de huidmondjes (Sokawa en Hase, 1967). Een te veel aan blauw licht kan zorgen voor remming van cel strekking, dit kan resulteren in kortere stengels en dikkere bladeren (Hemming et al., 2004).

Rood licht (600 – 700nm) is het meest efficiënt voor de fotosynthese van de plant. Dit bevordert de aanmaak van chlorofyl, en speelt een rol in vele processen zoals fotomorfogenese en fotoperiodisme. Ook worden relatief meer huidmondjes aangemaakt wanneer planten groeien onder rood licht (Hemming et al., 2004).

Als de lichtintensiteit toeneemt, bereikt de fotosynthesesnelheid uiteindelijk een maximum. Het punt waarbij de lichtintensiteit de fotosynthesesnelheid niet verhoogt wordt het lichtverzadigingspunt genoemd (figuur 1) (Chen Lopez, 2018). De lichtresponscurve voor *Freesia* vlt na $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ langzaam af (figuur 2).



Figuur 1 Grafiek van het lichtcompensatiepunt en het lichtverzadigingspunt (Chen Lopez, 2018).



Figuur 2 Fotosynthese- respons op licht van twee verschillende cultivars, Soleil en Ambiance. Rode lijnen geven weer wat haalbaar is, dit is afhankelijk van hoeveelheid CO₂ en huidmondjesopening. De responscurves zijn gemeten bij 600 ppm CO₂ (Trouwborst, Hogewoning en Pot, 2015).

Tegenwoordig wordt er steeds meer belicht bij teelten als *Freesia* ($50 - 70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, met maxima tot $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), dit om een hogere productie te realiseren. In de winter wordt gestreefd naar een etmaaltemperatuur rond de 11 °C. Door telers wordt voornamelijk de temperatuur laag gehouden om de plantontwikkeling te remmen. Dit doen ze om slappe takken en het verdrogen van aangelegde haken te voorkomen. Rond april is de teelt vele weken sneller dan in de winter periode, zonder dat dit enkele kwaliteitsproblemen geeft. Aannemelijk is dat dit komt door de hogere temperaturen in combinatie met meer licht (Trouwborst, Hogewoning en Pot, 2015). Een lage lichtintensiteit in combinatie met een lagere temperatuur

resulteert in een kwalitatief goede *Freesia*. De teeltduur neemt door de temperatuuurdaling toe (Kromwijk, Hogeveen- van Echtelt, Akerboom en Pronk, 2015).

Eerder onderzoek heeft aangetoond dat het aantal vertakkingen wordt verminderd door een hoge ruimtetemperatuur. Bij 12 en 15°C worden de meeste vertakkingen gevormd, hierbij was vooral een lage nachttemperatuur van belang. Een hoger aantal oogstbare vertakkingen kan voor een teler meer omzet betekenen.

Het drooggewicht van de knol neemt toe met de bodemtemperatuur. Hierbij speelde de dagtemperatuur een grotere rol dan de nachttemperatuur. Het gewicht van de knol bepaalt voor een groot deel de kwaliteit van de stengels (H. Pronk persoonlijke communicatie 26 oktober 2018).

Resultaten van het huidige onderzoek kunnen uitkomst bieden bij vervolg onderzoek bij andere kou minnende (sier)teelten. Met de huidige teeltstrategie gaat veel energie zitten in de assimilatie belichting. Energie besparing is een uitdaging binnen de teelt van *Freesia*. SON-T lampen warmen het gewas op, waarna later de warmte nadelig is, en dus gekoeld en geventileerd moet worden om van deze warmte af te komen. Duurzaam en energieneutraal zijn factoren die steeds zwaarder meewegen voor een tuinder. De vraag waar de tuinder mee zit is: kan de SON-T verlichting niet beter vervangen worden door LED armaturen.

Tijdens dit onderzoek is er gekeken wat het effect is van extra LED licht naast de SON-T belichting op de teelt en productie van de *Freesia*. De hoeveelheid meerproductie kan uitwijzen of het rendabel is om LED armaturen te gebruiken tijdens de teelt van *Freesia*'s. Hierbij is ook naar het energieverbruik van SON-T en LED gekeken.

Na het bestuderen van literatuur werd verwacht dat: het drogestofgehalte van de gehele plant en de productie zal toenemen onder de behandelingen met extra LED licht. Ook werd verwacht dat er meer knoppen werden aangelegd en dat de stengels korter en dikker zouden worden met extra LED licht.

2. Materiaal en methode

Teeltomstandigheden

De proef is uitgevoerd op het bedrijf Zandvoort Flowers in Huissen in twee kappen van een reguliere teelt. Het ras Soleil is gebruikt voor deze proef, de knollen zijn afkomstig van "Van den Bos Freesia B.V.". Deze variëteit is geel van kleur en heeft dubbele bloemen. De knollen zijn op twee plantdata gepland, waarbij iedere kap een eigen plantdatum had, respectievelijk 17-08-2018 (week 33) en 23-08-2018 (week 34). Een teeltbed is 1,20 meter breed met 104 knollen per strekkende meter. Per vierkante meter teeltbed geeft dit 86,6 knollen. Indien het looppad meegerekend wordt geeft dit $104/1.60=65$ knollen per vierkante meter. Echter had de geplante partij last van splijters, waarbij bij ongeveer 30% van de knollen twee scheuten ontstonden. Dit bracht het aantal planten per m² uit op ongeveer 85.

De gestreefde etmaaltemperatuur lag rond de 12°C. De CO₂ concentratie lag rond de 400 ppm. Tijdens de gehele teelt is gestreefd naar een relatieve luchtvochtigheid (RV) met een ondergrens van 74% en een bovengrens van 85%.

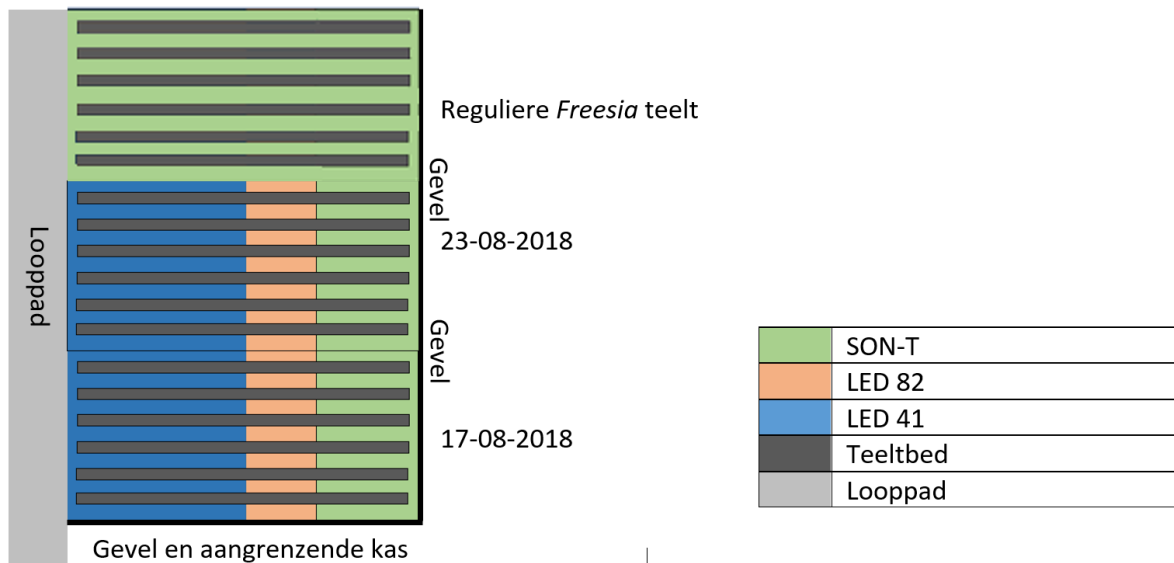
De eerste 14 dagen na het planten is een bodemtemperatuur 20 °C aangehouden, dit voor stimulering van vegetatieve groei. Dit is van belang voor het goed wortelen van de knol en voor een uniforme groei van het gewas. Na deze 14 dagen is gedurende twee nachten gestreefd naar een bodemtemperatuur tussen 15,5 en 15,7°C, dit omdat de plant geschakeld moet worden naar het generatieve stadium. Na deze twee nachten werd een bodem etmaaltemperatuur van 16,3 tot 16,7°C gerealiseerd, dit voor de stimulering van vertakkingen. Vanaf dat moment werd de bodemtemperatuur terug gekoeld naar 15°C. Wanneer de bodemtemperatuur niet naar beneden gaat, blijft de plant vertakkingen aanmaken. De plant heeft later te weinig energie om die vertakkingen te ontwikkelen. Een belangrijke afweging hierbij was het feit dat er splijters zaten onder de knollen. Door de hoge uiteindelijke plantdichtheid was de 5de vertakking ongewenst omdat deze onmogelijk uit zou groeien in deze situatie. Indien er daadwerkelijk 65 planten/m² hadden gestaan was wel gekozen voor aanleg van de 5de vertakking.

Behandelingen

Beide kappen met ieder een eigen plantdatum kregen dezelfde 3 belichtingsbehandelingen (figuur 3):

- SON-T belichting (SONT) ($55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).
- Hybride belichting van $41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (43%) LED belichting met $55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T belichting (57%) (LED41)
- Hybride belichting van $82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (60%) LED belichting met $55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T belichting (40%) (LED82)

De belichting werd vanaf week 38 in gebruik genomen. Van week 38 t/m 42 werd alleen belicht met de LED lampen van de hybride belichtingsbehandelingen, bij de SON-T behandeling stonden de SON-T lampen wel aan.



Figuur 3 Schematisch overzicht kap ($2 * 904 \text{ m}^2$) gevel van de aangrenzende kas bevatte normaal glas, gevelschem was open.

De LED lampen zijn 3,70 meter boven het gewas geplaatst tegen de kastralie. Het type lamp dat gebruikt is, is Philips GreenPower LED toplighting module (DR/LB), generatie 1.2. Het type SON-T dat gebruikt is, is HSE 1000 Watt. De lichtstrategie zag er tijdens dit project uit zoals benoemd in tabel 2.

Tabel 2 Lichtstrategie gedurende project

	Tijden belichten	Totaal aantal uur per dag	Lampen uit
19-09-2018 tm 15-10-2018 (week 38-42)	7.00 - 19.00	12	Uit boven 220 W/m ² , aan onder 150 W/m ² . Tevens uit bij stralingsom van 800 j/cm ²
16-10-2018 tm 20-12-2018 (week 42-51)	4.00 - 18.00	14	SON-T bij led: Uit boven 270 W/m ² , aan onder 180 W/m ² LED en alleen SON-T: Uit boven 300 W/m ² , aan onder 200 W/m ²
21-12-2018 tm 11-03-2019 (week 51-week 11)	2:00-18:00	16	SON-T bij led: Uit boven 270 W/m ² , aan onder 180 W/m ² LED en alleen SON-T: Uit boven 300 W/m ² , aan onder 200 W/m ² .

Voor de oogst is er 14 uur belicht. Tijdens de oogstperiode waarbij hoofdtakken gesneden werden is 16 uur belicht. In het slot van de teelt is soms gekozen voor de SON-T in plaats van LED i.v.m. positief effect van warmte (afrijpen).

Metingen

Plantmetingen

Gedurende de vegetatieve groei fase werden elke 14 dagen diverse plantmetingen en destructieve metingen verricht (tabel 3 en 4). Tijdens de bloeifase hebben er nog drie keer destructieve metingen plaatsgevonden.

Per behandeling per plantdatum zijn er 10 planten gebruikt voor niet destructieve metingen (bijlage 1, verdeling planten). Doordat er twee plantdatums zijn, zijn er $3 \times 10 \times 2 = 60$ planten totaal gebruikt.

Voor de destructieve metingen werden soortgelijke planten gebruikt, die in hetzelfde stadium zijn, als de meetplanten. Per behandeling en meetmoment zijn 4 planten gebruikt dus, $4 \times 3 \times 2 = 24$ planten in totaal.

In bijlage 1 is de verdeling van de meetplanten over de plantbedden en proefvakken te zien. Om randeffecten te voorkomen werden de buitenste plantbedden, bed 1 en bed 6, niet gemeten tijdens de proef. De straling van de reguliere teelt viel binnen "23-08-2018", de kap die gebruikt werd voor het onderzoek. Hierbij kregen bed 1 tot en met bed 5 "extra" SON-T licht, dit was ongeveer $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Om verdere randeffecten te voorkomen werden de planten direct langs de looppaden en de eerste plantvakken aan de grens van de proefvelden niet gemeten.

Tabel 3 plantmetingen niet destructief per 14 dagen

Wat	Eenheid	Meetinstrument	Eisen
Plantlengte	cm	Rolmaat	Bovenkant knol tot bovenste bladpunt
Planttemperatuur*	°C	Infrarood laser thermometer	Laatst volledig ontwikkeld blad

* Eenmalige meting op 18-12-2018

Tabel 4 Destructieve metingen per 14 dagen en destructieve metingen tijdens de oogstfase.

Wat	Eenheid	Meetinstrument	Eisen
Aantal vertakkingen	n	x	Zichtbaar, minimaal 1 cm
Stengellengte	cm	Rolmaat	Zichtbare punt tot aan uiteinde kam
Stengeldikte*	mm	Schuifmaat	2 centimeter boven afsplitsing
Knoppen*	Aantal knoppen/ aantal dagen tot oogstdatum	x	Rijpheidssortering 2-3 (figuur 4)
Suikergehalte (BRIX)*	Massa- procent	Refractometer	Vocht uit het uiteinde van de hoofdstengel gedrukt.
Knopdikte*	mm	Schuifmaat	Minimaal rijpheidssortering 2 (figuur 4). Knopdikte bepaald aan de eerste knop van de hoofdkam.
Versgewicht stengel inclusief vertakkingen, bloem en knop	Gram	Weegschaal	Precisie van minimaal 0,1 gram
Drooggewicht stengel inclusief vertakkingen, bloem en knop	Gram	Weegschaal	Precisie van minimaal 0,1 gram

* Alleen bij de oogstmetingen

De plantlengte werd vanaf knol tot bovenste bladpunt gemeten. Stengellengte vanaf het uiteinde van de kam tot aan de eerste haak. Hierbij werd een rolmaat op een tafel gelegd, de stengel inclusief kam werd er recht langs gelegd (figuur 4). Dit doordat de kam van de *Freesia* in een hoek van variërend 90 tot 135 graden gevormd wordt (VBN, 2018).

De bladtemperatuur is gemeten met een Infrarood laser thermometer en weergegeven in graden Celsius. Bij iedere meetplant is driemaal de temperatuur van het blad gemeten ($n = 3$) en daar is het gemiddelde van genomen.

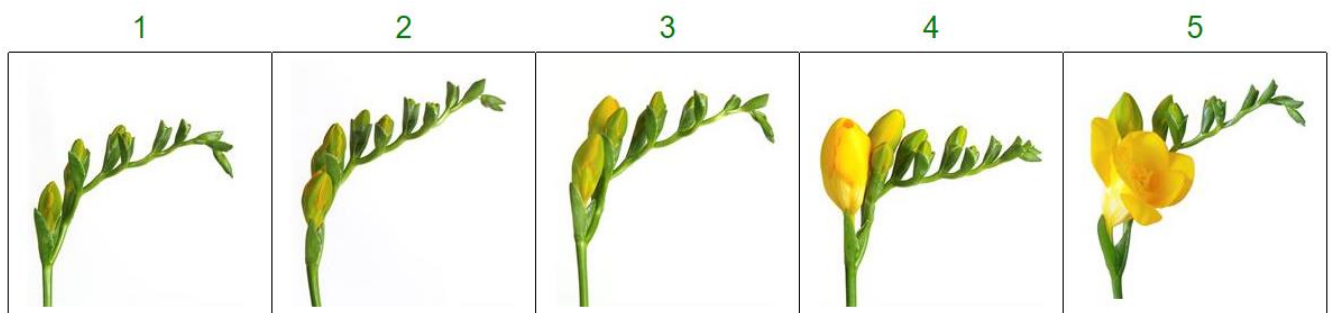
Voor het bepalen van het versgewicht werden knol en stengel van elkaar los gesneden. De plantdelen werden gedroogd in een droogstoof op 80 °C voor minimaal 3 dagen. Na deze periode werd het drooggewicht bepaald.

Het aantal vertakkingen is vanaf kalenderweek 45 geteld, dit is bijgehouden tot kalenderweek 49. Hierna stond de ontwikkeling van het aantal vertakkingen stil. Voor kalenderweek 45 waren de vertakkingen al wel aangelegd, maar voldeden niet aan de criteria om geteld te mogen worden (tabel 4).

Voor het oogsten van de *Freesia* werd een rijpheidsstadium van 2 tot 3 aangehouden, dit was ook van toepassing voor de destructieve oogstmetingen (figuur 5). De stengeldikte en knopdikte zijn met een schuifmaat gemeten tijdens de destructieve oogstmetingen. Tijdens de destructieve oogstmetingen zijn de stengeldikte en knopdikte gemeten met een schuifmaat en het BRIX gehalte met een refractometer. BRIX is een maat voor de hoeveelheid suiker in een waterige vloeistof. De gegeven waarde is het massaprocent suiker van de vloeistof.



Figuur 4 Meten stengellengte aangegeven met de zwarte



Figuur 5 Rijpheidssortering *Freesia* dubbelbloemig *Soleil* (VBN, 2018)

Oogst- en na oogstmetingen

Gedurende de oogstfase werd aan twee oogstvakken per behandeling per plantdatum de oogst geregistreerd. Ieder oogstvak was 4,8 m². Wanneer de stengels het rijpheidsstadium van 2-3 bereikt hadden, werden de stengels

geogst (figuur 5). Per oogst werden het aantal geogste stengels en het gewicht van de geogste stengels samen bepaald.

Gedurende de oogstfase zijn er op drie momenten bloemstengels ingestuurd naar Royal FloraHolland voor houdbaarheidstesten. De houdbaarheidstesten zijn uitgevoerd volgens het Unicum freesia protocol (bijlage 2).

Aan het einde van de teelt (4 maart 2019 en 11 maart 2019), bij het rooien van de knollen, is bij twee keer tien planten per oogstvak zowel het vers- als drooggewicht bepaald van zowel de stengels als de knollen. Na het rooien zijn de overige knollen naar de drogerij gebracht. Na de drogerijfase zijn opnieuw bij twee keer tien planten per oogstvak het vers- en drooggewicht bepaald.

Overige metingen

Tijdens het onderzoek zijn de bodemtemperatuur (TinyTag plus 2), relatieve luchtvochtigheid en temperatuur (iButton Hygrochron Temperature/ Humidity knooppellen) per behandeling en plantdatum gevolgd.

Op 25-09-2018 werden er lichtmetingen uitgevoerd met de JETI-meter. De kwalitatieve meting gaat over het lichtspectrum en de kwantitatieve meting gaat over het aantal micromol licht per vierkante meter per seconde ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Per kap zijn werden 30 lichtmetingen uitgevoerd, dit was hetzelfde als de verdeling van de meetplanten (bijlage 1). De JETI-meter werd geplaatst op een voetstuk ter hoogte van het gewas, dit was 40 cm vanaf het grondoppervlak.

Vanaf 1 november werd de lichtintensiteit in de kas gemeten met een Licor PAR sensor. De sensor stond op planthoogte opgesteld bij de lichtbehandeling LED42 en plantdatum 17-08-2018.

Analyse

Statistische analyse

IBM SPSS statistics versie 24 is gebruikt voor de statistische analyse. Er is gekeken naar de verschillende effecten van de verschillende behandelingen op de metingen. Hierbij is ook gekeken naar de twee verschillende plantdata.

Een Two way- ANOVA Test is uitgevoerd voor de destructieve, oogst en naoogst metingen. Voor de niet destructieve metingen tijdens de vegetatieve groeifase is een Repeated Measures ANOVA uitgevoerd.

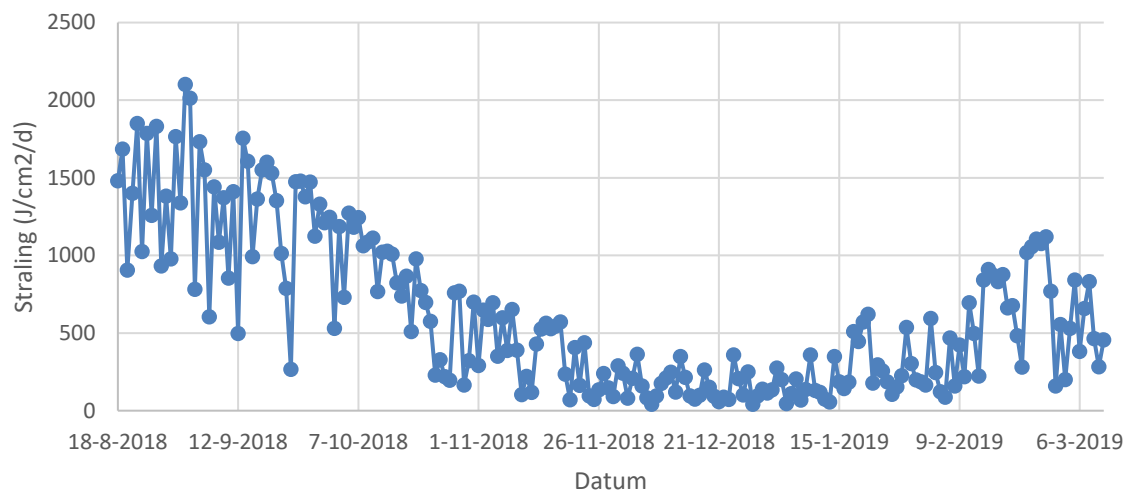
Financiële analyse

Op basis van de oogstresultaten van de telvakken en de kosten is inzichtelijk gemaakt of het gebruik van extra LED naast SON-T financieel haalbaar is.

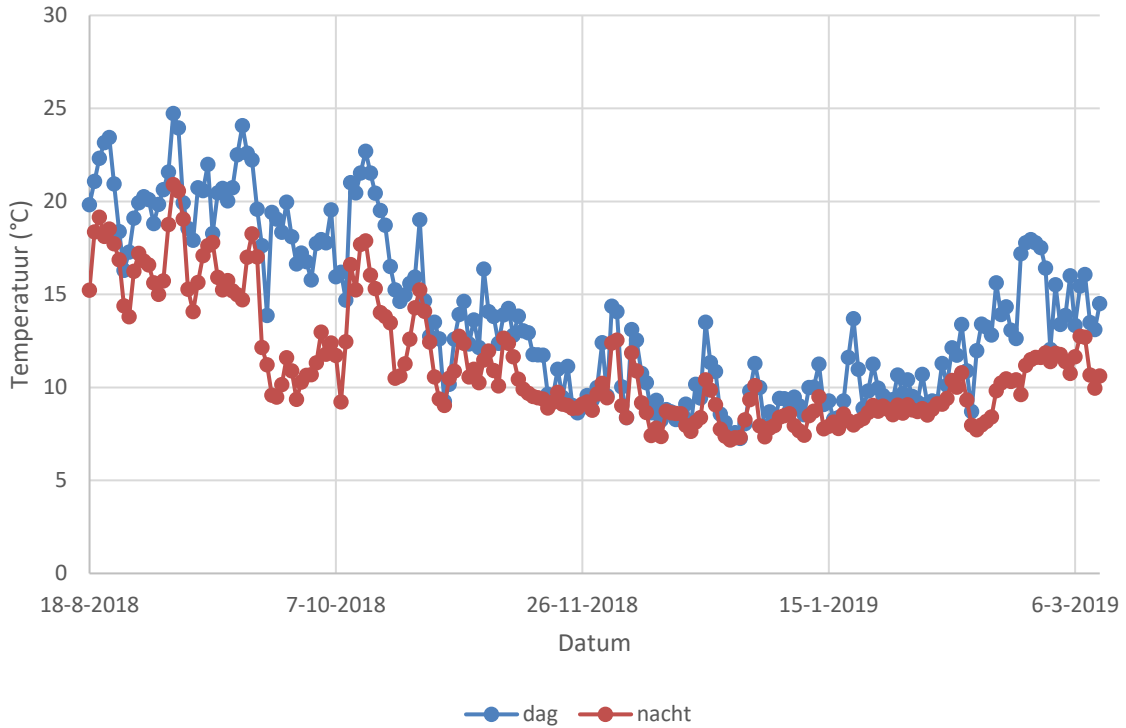
3 Resultaten en discussie

Klimaatregistratie

Aan het begin van de teeltperiode was de zonstraling nog relatief hoog met een paar pieken boven de $2000 \text{ J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ (figuur 6). Vervolgens nam het licht af (eind oktober-begin februari) om in de laatste weken van de teelt weer licht te doen stijgen (figuur 6). De gerealiseerde temperatuur volgde hetzelfde patroon met aan het begin van de teelt de hoogste temperaturen (rond de 20°C) en daarna lagere temperaturen (rond de 10°C) (figuur 7). Gedurende de periode met minder straling en lagere temperaturen is het verschil tussen dag- en nachttemperaturen ook kleiner.

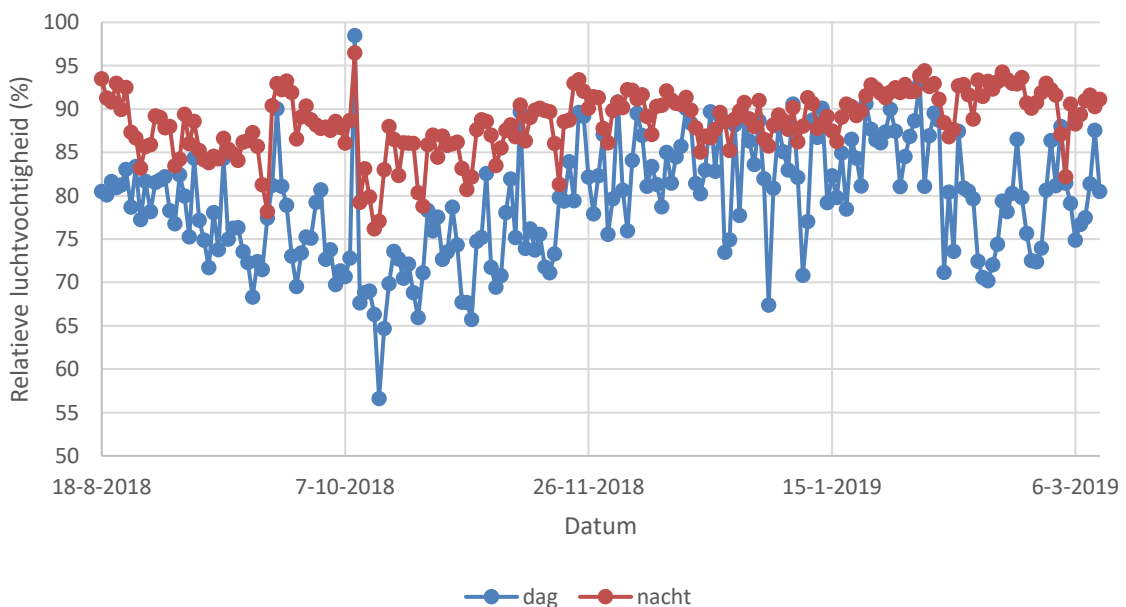


Figuur 6 Straling ($\text{J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) buiten de kas bij Zandvoort Flowers



Figuur 7 Gerealiseerde gemiddelde dag en nacht temperatuur (°C) in de kas.

De gemiddelde relatieve luchtvochtigheid overdag lag vaak tussen de 65% en 90% tijdens de teelt (figuur 8). 's Nachts was de relatieve luchtvochtigheid hoger dan overdag en varieerde tussen de 77% en 95%.

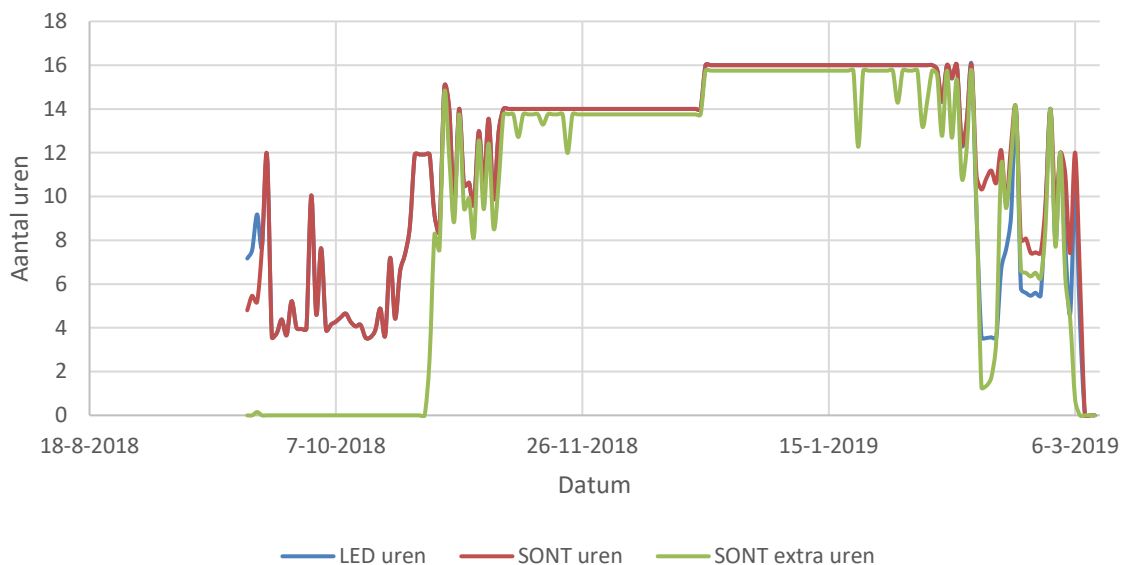


Figuur 8 Gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (%) overdag en 's nachts in de kas.

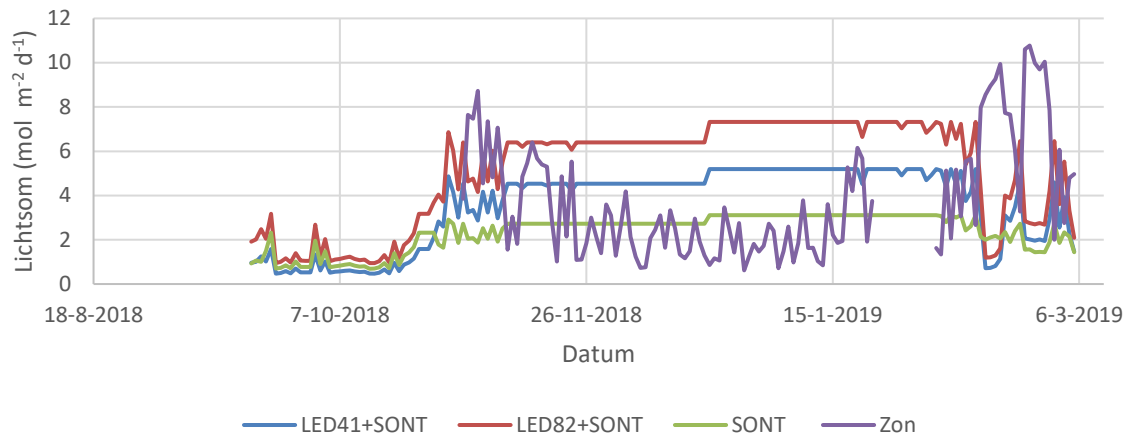
Lichtmetingen

De eerste weken van de teelt is er niet belicht (figuur 9). Vanaf 19 september (week 38) zijn de lampen in gebruik genomen bij alle drie de lichtbehandelingen. De planten waren toen 4-5 weken oud en ongeveer 30 cm lang. In de periode van 19 september tot 26 oktober (week 38-43) is er niet extra bij belicht met SON-T lampen bij de LED behandelingen. Hierna zijn de extra SON-T lampen ook ingezet bij de LED behandelingen. Aan het einde van de teelt nam het gebruik van de lampen af doordat er meer natuurlijk daglicht was.

Vanaf 1 november is in de kas ook het PAR (photosynthetic active radiation:400-700nm) licht gemeten (figuur 10). Tot half november en na half februari was het zonlicht verantwoordelijk voor meer dan 50% van het totale licht dat de planten ontvingen. In de tussenliggende periode (donkere maanden) was het lamplicht de belangrijkste bron van licht voor de planten.

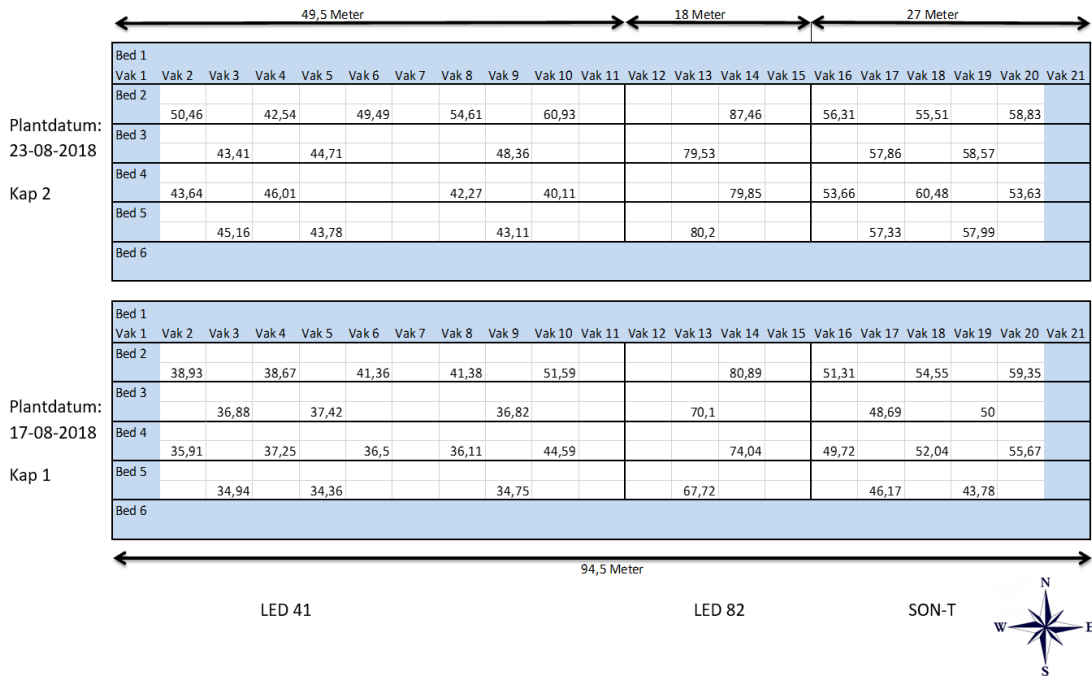


Figuur 9 Aantal belichtingsuren met LED (41 en $82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), SON-T (basis behandeling) en extra SON-T licht bij de LED behandeling.



Figuur 10 Berekende lichtsom ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) voor de verschillende lichtbehandelingen van het lamplicht. Daarnaast is de lichtsom van het zonlicht gemeten in de kas weergegeven, hierbij is het lamplicht van de totale hoeveelheid licht afgetrokken. Deze meting is vanaf 1 november gestart.

De beoogde lichtintensiteit was $41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bij de LED41 lichtbehandeling, $82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bij de LED82 lichtbehandeling en $55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bij de SON-T behandeling. Bij metingen op gewashoogte is gebleken dat de lichtintensiteit bij kap 1 (plantdatum 17-08-2018) gemiddeld wat lager lag dan de beoogde lichtintensiteit en bij kap 2 (plantdatum 23-08-2018) wat hoger (tabel 5,6). Alles wel binnen een bandbreedte van $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. De SON-T van de reguliere teelt belichtte ook planten in de kap van plantdatum 23-08-2018, hierdoor werd hier een hoger percentage "groen, geel, oranje" licht gemeten. Wanneer naar de lichtverdeling in de kappen zelf wordt gekeken is te zien dat de lichtintensiteit hoger was in bed 2 van beide kappen dan in de overige bedden (figuur 11).



Figuur 11 Lichtverdeling van LED41, LED 82 en SON-T behandeling. Voor de LED behandelingen zijn alleen de LEDs aan.

Tabel 5 Gemiddelde lichtintensiteit ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en spectrumverdeling van kap 1 (plantdatum: 17-08-2018) onder de verschillende lichtbehandelingen. Lichtmetingen vonden plaats op 25-09-2018 in de ochtend in het donker).

	17-8-2018	nm	LED 41	LED 82	SON-T	LED 41 + SON-T	LED 82 + SON-T
Blauw		401-500	2.25	4.25	2.07	4.31	6.32
Groen/Geel/Oranje		501-600	0.35	0.48	19.85	20.20	20.33
Rood		601-700	35.99	68.44	29.04	65.03	97.48
Totaal			38.59	73.18	50.95	89.54	124.13
Blauw %		401-500	6%	6%	4%	5%	5%
Groen/Geel/Oranje %		501-600	1%	1%	39%	23%	16%
Rood %		601-700	93%	94%	57%	73%	79%

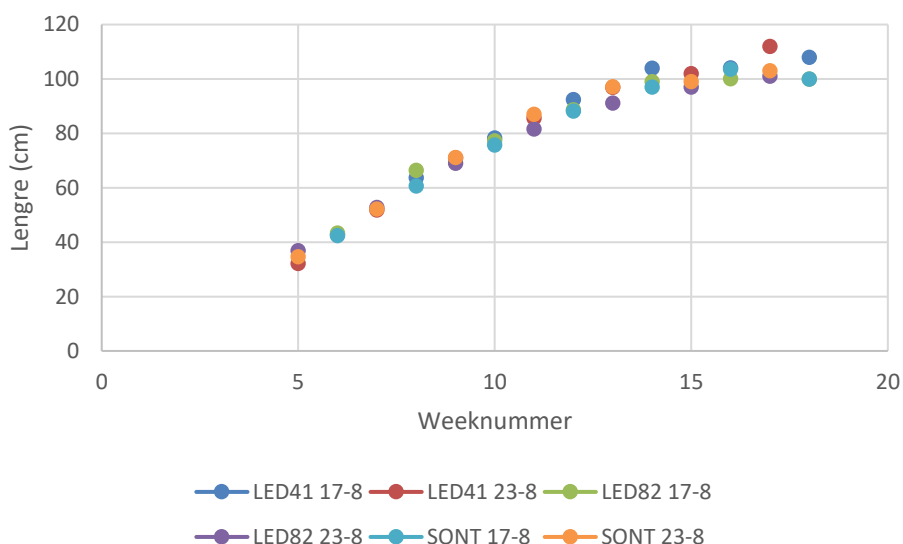
Tabel 6 Gemiddelde lichtintensiteit ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en spectrumverdeling van kap 2 (plantdatum: 23-08-2018) onder de verschillende lichtbehandelingen. Lichtmetingen vonden plaats op 25-09-2018 in de ochtend in het donker). De SON-T van de reguliere teelt belichtte ook een deel van de planten in de kap van plantdatum 23-08-2018.

	23-8-2018	nm	LED 41	LED 82	SON-T	LED 41 + SON-T	LED 82 + SON-T
Blauw	401-500		2.48	4.50	2.26	4.75	6.76
Groen/Geel/Oranje	501-600		4.16	3.64	22.31	26.48	25.96
Rood	601-700		39.90	73.57	32.35	72.25	105.92
Totaal			46.55	81.71	56.93	103.47	138.64
Blauw %	401-500		5%	6%	4%	5%	5%
Groen/Geel/Oranje %	501-600		9%	4%	39%	26%	19%
Rood %	601-700		86%	90%	57%	70%	76%

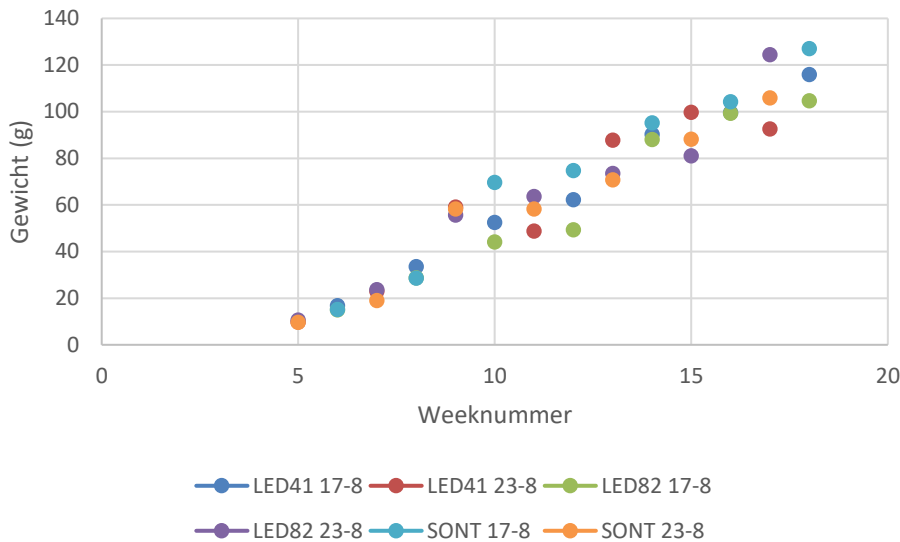
Plantmetingen en destructieve metingen

Vegetatieve groeifase

Gedurende de vegetatieve groeifase is de groei van de planten gemeten. Uit de statistische analyses blijkt dat de verschillen tussen de lichtbehandelingen tijdens de vegetatieve groeifase nihil zijn. Er zijn geen significant aantoonbare verschillen gevonden voor plantlengte en vers gewicht tussen de behandelingen tijdens de vegetatieve groeifase (figuur 12,13).



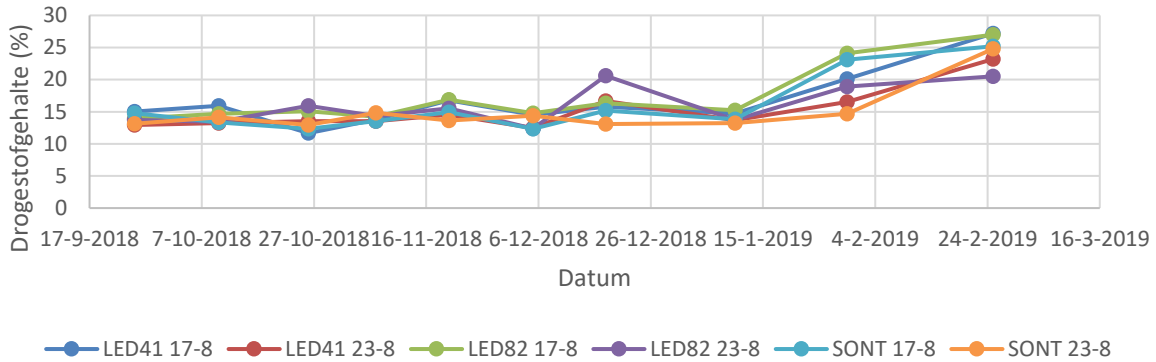
Figuur 12 Plantlengte in centimeters x aantal weken na planten, bijgehouden gedurende de vegetatieve groeifase ($n=4$). Waarbij in de legenda eerst de lichtbehandeling benoemd wordt, gevolgd door de plantdatum.



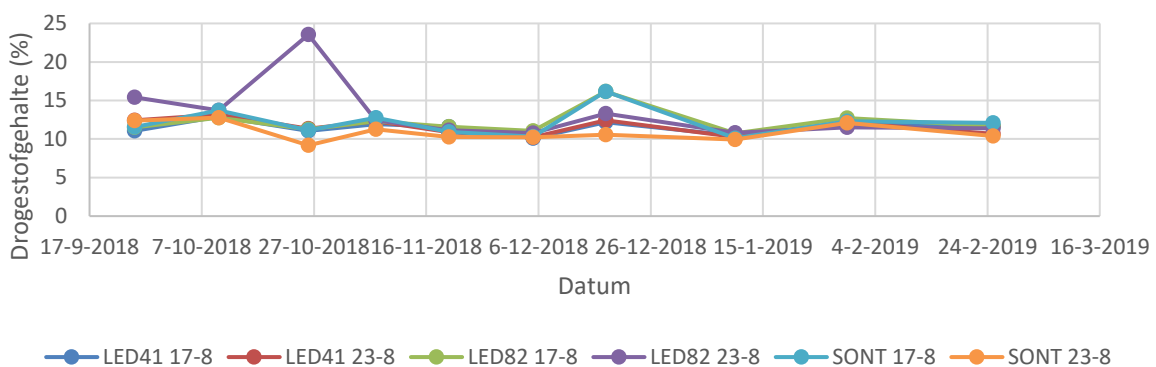
Figuur 13 Versgewicht stengel in grammen x aantal weken na planten, bijgehouden gedurende de vegetatieve groeifase ($n=4$). Waarbij in de legenda eerst de lichtbehandeling benoemd wordt, gevolgd door de plantdatum.

Gedurende de hele teelt zijn er ook drogestofgehaltes (%) bepaald voor zowel de knol als de stengel (figuur 14, 15). Het droge stof gehalte van de knol lag gedurende de vegetatieve groeifase rond de 15%, richting het einde van de teelt nam het drogestofpercentage iets toe richting de 20-25%. Dit is zoals verwacht, aan het einde van het teeltseizoen wanneer er minder bloemstengels aanwezig zijn zal de plant zijn geproduceerde suikers meer investeren in de knol. Er werd verwacht dat het drogestofpercentage van de behandelingen met LED licht hoger zal zijn dan van de behandeling met alleen SON-T licht door hogere lichtsom onder de LED behandelingen. Dit is echter niet teruggevonden in het drogestofpercentage.

Het drogestofgehalte van de stengel was gedurende de hele teelt tussen de 10-15% (figuur 15). Bij de metingen op 27 oktober is eenmalig een hoger drogestofpercentage gevonden voor de LED82 behandeling met plantdatum 23 augustus. Aangezien dit maar eenmaal gedurende de teelt is waargenomen, is het niet aannemelijk dat het gebruik van extra LED licht heeft geresulteerd in een hoger drogestofpercentage.



Figuur 14 Drogestofgehalte (%) van de knol bepaald na destructieve metingen gedurende de teelt (n=4). Waarbij in de legenda eerst de lichtbehandeling benoemd wordt, gevolgd door de plantdatum.



Figuur 15 Drogestofgehalte (%) van de stengel bepaald na destructieve metingen gedurende de teelt (n=4). Waarbij in de legenda eerst de lichtbehandeling benoemd wordt, gevolgd door de plantdatum.

Destructieve metingen tijdens de oogstfase

Tijdens de oogstfase zijn op 3 momenten destructieve metingen gedaan. De stengellengte verschilde in geen van de 3 meetmomenten significant aantoonbaar tussen de lichtbehandelingen (bijlage 3). Bij het eerste meetmoment aan het begin van de oogstperiode (10 januari) verschilde alleen het gewicht van de stengels aantoonbaar tussen de lichtbehandelingen (bijlage 3 tabel 17). Het vers gewicht van planten onder de LED 81 behandeling waren met gemiddeld 145 gram per plant (bovengrondse delen) zwaarder dan de planten onder de SON-T behandeling (115 gram).

Bij de metingen op 30 januari 2019 werden enkele significant aantoonbare verschillen gevonden tussen de lichtbehandelingen (bijlage 3 tabel 18). Zo was het aantal zijtakken bij behandeling met LED 81 met 3,9 zijtakken hoger dan bij behandeling met LED41 (2,8) en SON-T (3,0). Het aantal takken met meerdere vertakkingen per tak en de brix waarde waren beide bij LED41 juist hoger dan bij SON-T.

Richting het einde van de oogstperiode werd de laatste destructieve meting gedaan. Tijdens deze metingen werden wederom slechts enkele significant

aantoonbare verschillen gevonden (bijlage 3 tabel 19,20). Waarbij het vers gewicht van de stengels, de stengeldikte en het aantal kammen op de tweede stengels steeds hoger waren voor de behandeling met LED82 ten opzichte van behandeling met SON-T. Bij de Brix waarde was het echter andersom, behandeling met LED41 en SON-T resulteerde beide in een hogere waarde dan behandeling met LED82.

Er werd verwacht dat een hoger licht niveau zou resulteren in een hogere fotosynthesesnelheid en daarmee ook een hogere groeisnelheid. Bij enkele metingen was dit ook het geval, maar geen van de gemeten parameters gaf bij alle drie de meetmomenten hetzelfde beeld.

Destructieve metingen bij het rooien en drogen

Aan het einde van de teelt bij het rooien en na het droogproces van de freesia hebben gewichtsbepalingen plaatsgevonden aan de planten. Het drogestofgehalte direct na rooien was voor de stengel zo rond de 12% en voor de knol was dit het dubbele (tabel 7). Dit komt overeen met de laatste metingen tijdens de oogst (figuur 14,15).

De stengel:knol ratio is gedurende het droogproces afgenomen, planten gegroeid onder alleen SON-T licht hadden een significant lagere stengel:knol ratio dan planten gegroeid onder de 41LED behandeling (tabel 7). De afname van de stengel:knol ratio houdt in dat de plant meer fotosyntheseproducten (suikers) heeft zitten in de knol ten opzichte van de stengel. Het drooggewicht van de knol verschilde zowel direct na het rooien als na de droogfase niet significant tussen de verschillende lichtbehandelingen en meetmoment. Verwacht werd dat de stengel: knol ratio lager zou zijn bij de LED behandelingen door een hogere hoeveelheid licht, dit was dus niet het geval.

Tabel 7 Destructieve metingen aan de planten na het rooien en na de drogerij fase (n=4 per plantdatum). Drogestofgehalte(%), stengel:knol ratio op basis van het drooggewicht bepaald direct na het rooien en na de drogerij fase en drooggewicht bepaling van de knollen per plant na het rooien en na de drogerij fase.

	Droge stof% stengel	Drogestof% knol	Stengel:knol ratio droog gewicht na rooien	stengel:knol ratio droog gewicht na drogerij	Drooggewicht knol per plant na rooien	Drooggewicht knol per plant na drogerij
LED4	11,6 (a)	23,1 (a)	2,4 (a)	1,6 (a)	2,7 (a)	3,4 (a)
1	11,7	23,3	2,1	1,6	3,0 *	3,5
2	11,6	22,9	2,8*	1,7	2,4	3,2
LED8	12,0 (a)	24,0 (a)	2,3 (ab)	1,6 (a)	2,9 (a)	3,3 (a)
1	11,7	22,8	2,3	1,8	3,0 *	3,2
2	12,4	25,1	2,2*	1,6	2,9	3,4
SONT	11,8 (a)	24,5 (a)	2,0 (b)	1,3 (b)	2,9 (a)	3,5 (a)
1	11,7	24,3	1,7	1,1	3,1 *	3,8
2	11,8	24,7	2,2*	1,4	2,6	3,2

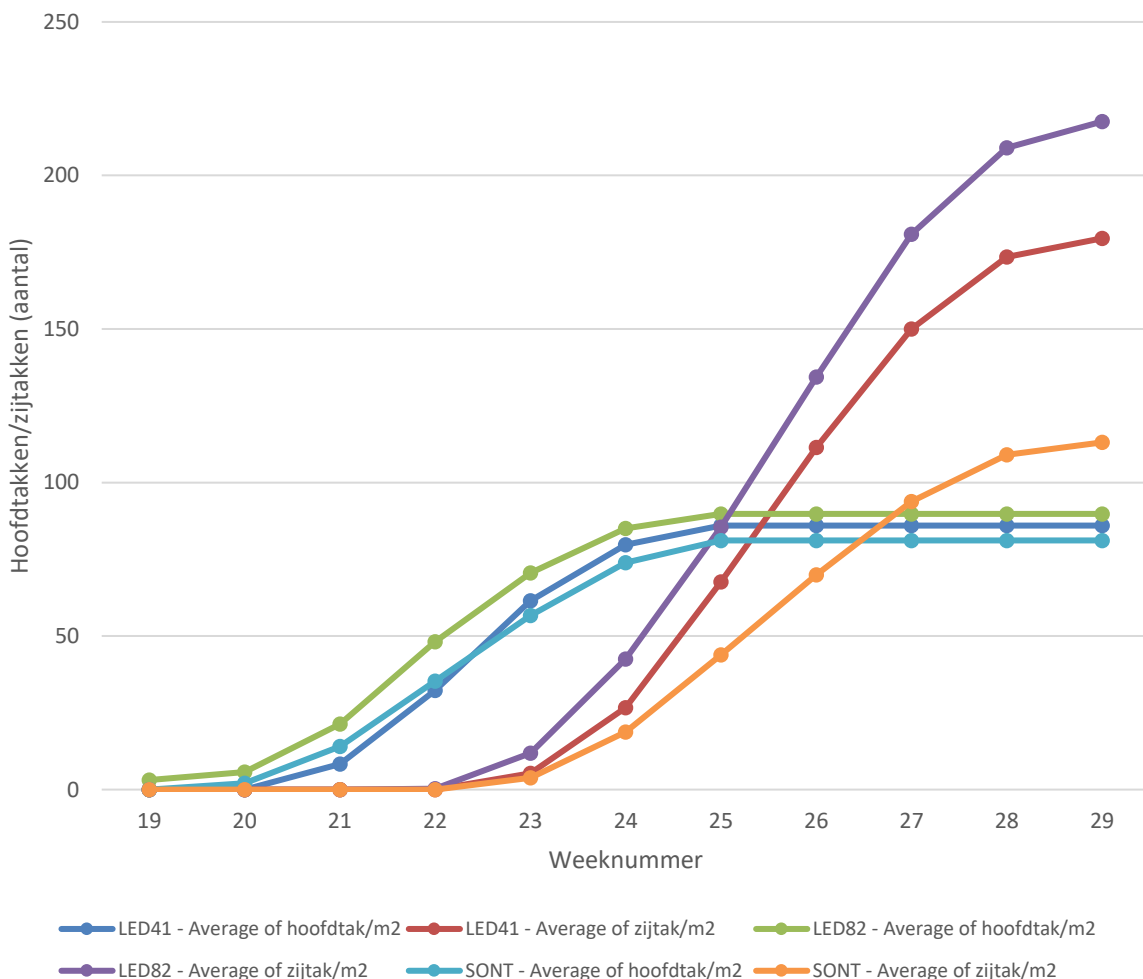
Productie

Bij de productiecijfers werden de verwachtingen dat meer licht zou resulteren in een hogere productie wel waargemaakt. Het aantal geogste hoofdtakken per m² varieerde rond de 85 stuks/m² in de telvakken (figuur 16). Bij de behandeling LED 82 (90) zijn significant meer hoofdtakken geogst dan bij SONT behandeling (81). De verwachting was dat iedere knol één hoofdtak geeft en dat het aantal hoofdtakken dus niet zou verschillen tussen de lichtbehandelingen. Het aantal geogste hoofdtakken per m² ligt hoger dan het aantal knollen geplant per m². Dit betekent dat er onder de knollen zogeheten splijters zitten. Dit houdt in dat er twee scheuten van 1 knol uitlopen. Vaak groeien deze scheuten niet uit tot twee gelijkwaardige planten. Aannemelijk is dat de mindere planten bij een lager licht niveau (SON-T behandeling) geen volwaardige hoofdtak geproduceerd hebben. Deze lichtere tak is als zijtak in de telling mee genomen.

Het aantal geogste zijtakken gaf grotere verschillen tussen de lichtbehandelingen t.o.v. de hoofdtakken. Met gemiddeld 218 zijtakken per m² werd er bij LED82 significant aantoonbaar het meeste zijtakken geogst en bij SONT behandeling het minste aantal (113) (tabel 8). De LED41 behandeling zat

hier met 180 zijtakken per m2 tussenin. Het gemiddeld tak gewicht van zowel de hoofdtak als de zijtak was ook hoger bij LED82 dan SONT behandeling (tabel 8).

Bij het aantal stuks per m2 moet wel een kanttekening geplaatst worden. Wanneer de cijfers van de totale productie van beide kappen vergeleken wordt met de telvakken liggen de aantallen van de telvakken veel hoger. Zo werden er in kap 1 231 stengels per m2 en in kap 2 222 takken geoogst. Bij de proefvakken lagen de gemiddeldes op 250 stengels per m2 voor kap 1 en 261 stengels per m2 voor kap 2. Mogelijke verklaringen voor de hogere oogst in de proefvakken zijn dat er in het proefvak heel secuur door één medewerker is geoogst, bij de normale oogst gaat dit veel sneller en vinden er meer beschadigingen plaats in het gewas wat ten koste gaat van de totale oogst. Een andere verklaring is dat de proefvelden, midden in de kappen lagen, waardoor er minder last was van de rand effecten.



Figuur 16 Cumulatieve gemiddelde productie (stuks m⁻²) van de verschillende lichtbehandelingen voor week 19 t/m 29 na planten (n=4).

Tabel 8 Totale productie per m² en gemiddeld takgewicht voor de verschillende lichtbehandelingen en plantdata in de meetvakken (n=2 per plantdatum). De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata.

	Hoofdtakken (stuks/m ²)	Zijtakken (stuks/m ²)	Gemiddeld gewicht per stuk hoofdtak	Gemiddeld gewicht per stuk zijtak
LED4 1	86 (ab)	179,5 (b)	23,0 (b)	14,9 (ab)
1	86,6*	172,6	23,2	14,5
2	85,4	186,5*	22,7	15,4*
LED8 2	89,8 (a)	217,6 (a)	23,8 (a)	15,4 (a)
1	92,1*	210,8	23,9	14,8
2	87,5	224,3*	23,7	16,1*
SONT	81,1 (b)	113,0 (c)	22,5 (b)	14,4 (b)
1	86,3*	103,0	22,4	14,0
2	76,0	123,1*	22,6	14,9*

Houdbaarheidsonderzoek

Tijdens de oogst zijn op drie momenten bloemen opgestuurd voor een houdbaarheidsonderzoek. Uit deze proeven is een aantal significant aantoonbare verschillen gekomen tussen de lichtbehandelingen (tabel 9-11). Tijdens het eerste onderzoek was het aantal dagen tot afschrijven van bloemstengel hoger voor de LED 82 behandeling dan voor de LED 41 en SON-T behandeling (tabel 9). Het aantal bloemen dat open is gekomen per steel was tijdens het tweede onderzoek hoger voor de LED 82 behandeling dan voor de LED41 en SON-T behandeling (tabel 10). Het gemiddeld aantal knoppen per steel was voor de LED 82 behandeling hoger dan de SON-T behandeling tijdens het tweede en het derde onderzoek (tabel 11). Behandeling met LED82 leidde dus in een aantal gevallen tot een beter resultaat dan SON-T behandeling, maar dit was niet bij alle onderzoeken het geval.

Tabel 9 Gemiddeld aantal dagen in de consumentenfase voordat de steel wordt afgeschreven voor de verschillende lichtbehandelingen en plantdata. De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata.

Afschrijven (# dagen)			
	16-jan	30-jan	22-feb
LED41	7,9 (b)	7,9 (a)	6,3 (a)
1		7,2	6,3
2		8,5*	6,3
LED82	8,5 (a)	8,0 (a)	6,3 (a)
1		7,0	6,2
2		9,0*	6,4
SON-T	7,5 (b)	8,0 (a)	6,5 (a)
1		7,3	6,6
2		8,7*	6,4

Tabel 10 Gemiddeld aantal bloemen wat open gekomen is per steel voor de verschillende lichtbehandelingen en plantdata. De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata.

Aantal bloemen			
	16-jan	30-jan	22-feb
LED41	6,6 (a)	6,3 (b)	6,2 (a)
1		5,6	6,1
2		6,9*	6,4
LED82	7,2 (a)	6,9 (a)	6,4 (a)
1		6,0	6,4
2		7,7*	6,4
SON-T	5,9 (a)	6,0 (b)	6,3 (a)
1		5,6	6,5
2		6,5*	6,2

Tabel 11 Gemiddeld aantal knoppen (>0.5 cm) per steel voor de verschillende lichtbehandelingen en plantdata. De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangegeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata.

Aantal knoppen			
	16-jan	30-jan	22-feb
LED41	10,7 (a)	7,8 (b)	8,2 (a)
1		7,3	8,2
2		8,3*	8,3*
LED82	11 (a)	8,2 (a)	8,1 (a)
1		7,6	8,6
2		8,9*	7,7*
SON-T	10,3 (a)	7,4 (c)	7,4 (b)
1		7,1	7,9
2		7,7*	7,2*

Energie

Belichting

Gedurende de hele teelt periode hebben de LED lampen 1999 uur aangestaan, de extra SON-T lampen bij deze behandelingen hebben in totaal 1701 uur aangestaan (tabel 12). De SON-T lampen van de SONT behandeling hebben 2054 uur aangestaan. Dit resulteerden in een totale lichtsom zonder zonlicht van 632 mol m⁻² voor de LED41 behandeling, 927 mol m⁻² voor de LED82 behandeling en 407 mol m⁻² voor de SONT behandeling.

Het energetisch rendement in aantal takken per mol lamplicht was voor de hoofdtakken het hoogst bij de SON-T behandeling en voor de zijtakken bij zowel de SON-T als LED41 lichtbehandeling (tabel 12). Bij het totaal aantal takken per mol licht was wederom de SON-T behandeling het meest efficiënt met 0,5 takken per mol licht (tabel 13). Het rendement in gewicht per mol licht gaf eenzelfde beeld, behalve bij de zijtakken, waar geen significant aantoonbare verschillen werden gevonden (tabel 13,14). Wanneer veel licht aanwezig is zal de lichtresponscurve afvlakken, dit betekent dat bij meer licht geen hogere fotosynthesesnelheid gemeten zal worden. Volgens onderzoek van Trouwborst, Hogewoning en Pot (2015) vlagt de lichtresponscurve van het freesia ras Soleil langzaam af na ongeveer 200 μmol m⁻² s⁻¹. Tijdens de periode met de donkere dagen in december en januari lagen de totale PAR licht hoeveelheden midden op

de dag niet ver boven deze $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Maar aan het begin van de teelt tot half november en het einde van de teelt vanaf half februari lagen deze waarden meer dan dubbel zo hoog door het zonlicht. Hierdoor daalde het rendement voor de LED41 en LED82 behandelingen, ondanks dat de productie per m² hoger was (tabel 13).

Wanneer gekeken wordt naar het energetisch rendement van het energieverbruik van de lampen is een ander beeld te zien dan bij het rendement per mol lamplicht (tabel 13,14). Het aantal hoofdtakken per kWh was nog steeds significant aantoonbaar het hoogste voor de SON-T behandeling, maar het aantal zijtakken per kWh was significant aantoonbaar hoger voor de LED41 (2,3 takken/kWh) en LED82 (2,0 takken/kWh) behandeling dan de SON-T behandeling (1,8 takken/kWh) (tabel 13). Hetzelfde geldt voor het rendement in g per kWh. Het rendement gebaseerd op het totaal van hoofdtakken en zijtakken (aantal stuks en gewicht) was het hoogste voor de LED41 behandeling (tabel 14). Dat de LED41 behandeling gebaseerd op het energieverbruik wel hoger scoort dan de SON-T behandeling komt door het lagere energieverbruik van de LED lampen ten opzichte van de SON-T lampen (tabel 12).

Tabel 12 Aantal uren belicht, energieverbruik (kWh/m²) en lichtsom (mol/m²) voor de verschillende lichtbehandelingen gedurende de hele teeltperiode.

	LED (ur en)	SO NT (ur en)	Energiev erbruik LED (kWh/m 2)	Energiev erbruik SONT (kWh/m 2)	Energiev erbruik totaal (kWh/m 2)	LED (mol /m ²)	SONT (mol /m ²)	Totaa l (mol /m ²)
LE D4 1	199 9	170 1	26	52	78	295	337	632
LE D8 2	199 9	170 1	53	52	105	590	337	927
SO NT	0	205 4	0	63	63	0	407	407

Tabel 13 Belichting efficiëntie voor de verschillende lichtbehandelingen berekend voor de cumulatieve oogst in de proefvakken, waarbij de hoofdtakken en zijtakken los weergegeven zijn. De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangegeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum.

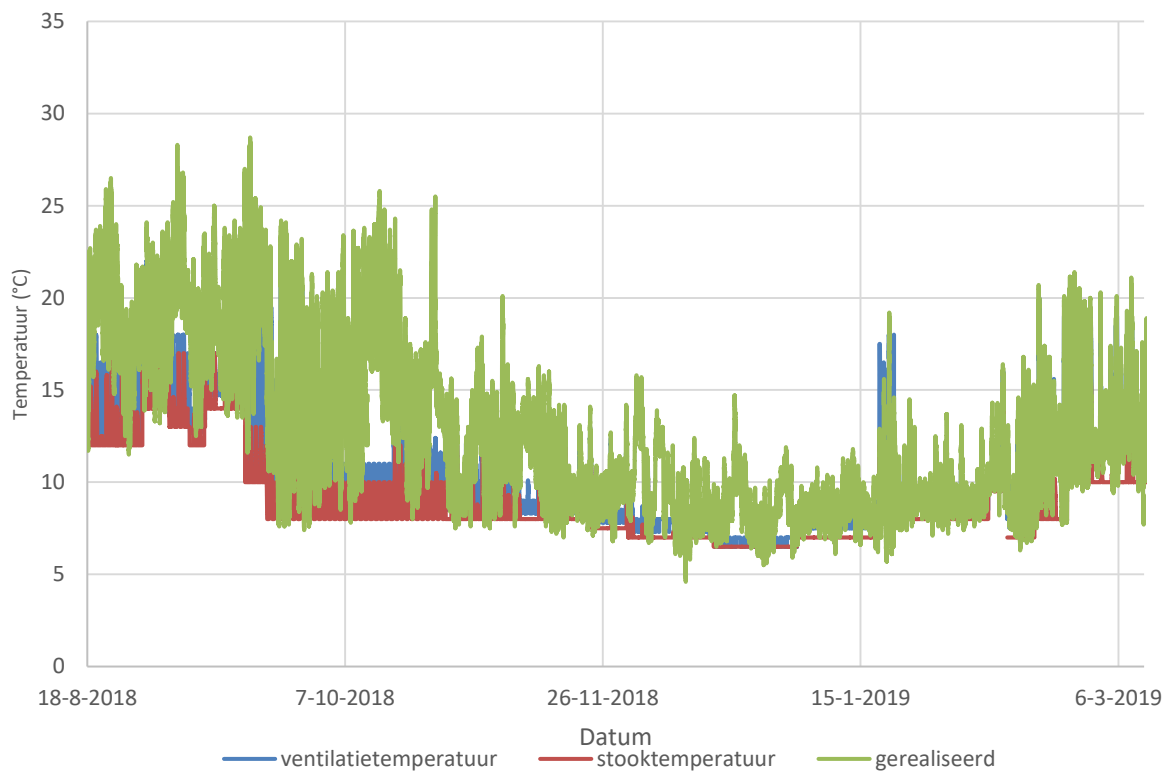
	Aantal hoofdtak- ken/m ol	Aantal zijtak- ken/mo- l	Hoofd- takke- n g/mol	Zijta- kke- n g/m ol	Aantal hoofdtak- ken/kW h	Aantal zijtak- ken/kW h	Hoofd- takke- n g/kW h	Zijta- kke- n g/k Wh
LED41	0,14 (b)	0,28 (a)	3,1 (b)	4,2 (a)	1,1 (b)	2,3 (a)	25,2 (b)	34,2 (a)
1	0,14**	0,27	3,2**	4,0	1,1*	2,2	25,6**	32,0
2	0,14	0,30*	3,1	4,5*	1,1	2,4*	24,8	36,5*
LED82	0,10 (c)	0,23 (b)	2,3 (c)	3,6 (a)	0,9 (c)	2,1 (a)	20,4 (c)	32,1 (a)
1	0,10**	0,23	2,4**	3,4	0,9*	2,0	21,0**	29,8
2	0,09	0,24*	2,2	3,9*	0,8	2,1*	19,8	34,4*
SONT	0,20 (a)	0,28 (a)	4,5 (a)	4,0 (a)	1,3 (a)	1,8 (b)	29,1 (a)	26,1 (b)
1	0,21**	0,25	4,8**	3,5	1,4*	1,6	30,8**	23,0
2	0,19	0,30*	4,2	4,5*	1,2	2,0*	27,3	29,3*

Tabel 14 Belichting efficiëntie voor de verschillende lichtbehandelingen berekend voor de cumulatieve oogst in de proefvakken. De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangegeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum.

	Totaal aantal stuks/ kWh	Totaal aantal stuks/mol	Totaal g/kWh	Totaal g/mol
LED41	3,4 (a)	0,4 (b)	59,4 (a)	7,4 (b)
1	3,3	0,4	57,5	7,1
2	3,5*	0,4*	61,3*	7,6
LED82	2,9 (c)	0,3 (c)	52,5 (b)	5,9 (c)
1	2,9	0,3	50,8	5,7
2	3,0*	0,3*	54,2*	6,1
SONT	3,1 (b)	0,5 (a)	55,2 (b)	8,5 (a)
1	3,0	0,5	53,8	8,3
2	3,2*	0,5*	56,6*	8,7

Warmte

Tijdens de teelt kon de temperatuur niet aangepast worden per lichtbehandeling. Wanneer de gerealiseerde temperatuur wordt vergeleken met de stooktemperatuur en ventilatietemperatuur, valt op dat de gerealiseerde temperatuur maar 18,4% van de tijd onder de ventilatietemperatuur viel en maar 4,8% van de tijd onder de stooktemperatuur (figuur 17, tabel 15). Dit betekent dat voor de Freesia teelt in veel gevallen de extra warmte dat van de SON-T lampen kwam overbodig was en moest worden weg gekoeld. Gezien de warmte vraag passen LED lampen dan ook prima bij de Freesia teelt.



Figuur 17 Gemiddelde ventilatie-, stook- en gerealiseerde temperatuur gedurende de teelt.

Tabel 15 Aantal uren en percentage gedurende de teelt dat de gerealiseerde temperatuur onder de ventilatietemperatuur en stooktemperatuur lag.

	Totaal aantal uren	Onder de ventilatietemperatuur	Onder de stooktemperatuur
Uren	4943	912	235
Percentage (%)		18,4	4,8

Financiële analyse

Omzet

Gebaseerd op de gemiddelde oogstcijfers en de gemiddelde middenprijs van de afgelopen 3 jaar (2017-2019) voor Freesia Soleil is de extra omzet t.o.v. de SON-T behandeling berekend (tabel 16). De totale extra omzet voor de LED41 behandeling kwam uit op €16,59 per m² en €26,68 per m² voor de LED82 behandeling.

Tabel 16 Extra omzet voor de LED41 en LED82 behandeling t.o.v. SON-T behandeling gebaseerd op de gemiddelde middenprijs van de afgelopen 3 jaar (2017-2019). De gekozen gewichtsklasse is gebaseerd op het gemiddeld takgewicht gevonden in de proef.

	Productie		Middenprijs 3 jaar gemiddelde gebaseerd op gewichtsklasse tijdens proef				Extra omzet tov SONT		
	hoofdtak	zijtakken	gewichtsklasse	hoofdtak	gewichtsklasse	zijtakken	hoofdtak	zijtakken	totaal productie
SONT	81,1	113	22	0,309	14	0,177			
LED41	86	179,5	23	0,348	14	0,177	€ 4,828	€ 11,763	€ 16,591
LED82	89,8	217,6	23	0,348	15	0,186	€ 6,150	€ 20,534	€ 26,684

Kosten

De hogere productie en extra belichting brachten naast een hogere omzet ook hogere kosten met zich mee. Naast de kosten voor de lampen, waren er ook extra kosten voor het oogsten, de afzet en de stroom. Bij een aflossingstermijn van 10 jaar en een rentepercentage van 3% zouden de extra kosten voor LED41 uit op €9,75 per m² en €18,16 per m² voor LED82 komen (figuur 18). Wanneer een korter aflossingstermijn zou worden gekozen nemen uiteraard de kosten toe. Wanneer de aflossingstermijn 5 jaar is zouden de extra kosten voor LED41 uitkomen op €12,55 per m² en €23,76 voor LED82 (bijlage 4). In de huidige proef zaten er splijters onder de knollen, waardoor er meer stengels per m² aanwezig waren. Wanneer in het vervolg meer knollen per m² nodig zijn om een hogere opbrengst te halen moeten ook de kosten voor extra plantgoed meegenomen worden. Dit is in de huidige kostenberekening niet meegenomen.

<u>Led belichting volgens offerte Maurice</u>							
offerte bedrag					€ 46.000,00		
					€ 46.000,00	€ 46.000,00	
totaal						€ 46.000,00	
aflossingstermijn			10 jaar			€ 4.600,00	
rente eerste jaar			3%			€ 1.380,00	
rente aflossing eerste jaar						€ 5.980,00	
gemiddelde financieringskosten			10 jaarsgemiddelde			€ 5.290,00	
<u>gemiddelde financieringskosten verdeeld naar licht hoeveelheid</u>							
LED 41	950 m ²			€ 3.062,63 totaal		€ 3,22 per m ²	
LED 82	346 m ²			€ 2.227,37 totaal			€ 6,44 per m ²
<u>extra kosten oogst snelheid</u>							
			350 tak per uur				
LED 41 extra oogst /m ²	71 per m ²			€ 18,50 per uur	€ 3,77 per m ²		
LED 82 extra oogst /m ²	113 per m ²			€ 18,50 per uur		€ 5,99 per m ²	
<u>extra afzetkosten</u>							
			10% van omzet				
LED 41	€ 16,59		extra omzet		€ 1,66 per m ²		
LED 82	€ 26,68		extra omzet			€ 2,67 per m ²	
<u>extra stroomkosten</u>							
SONT (standaard)	63 kwh/m ²						
LED 41	78 kwh/m ²			7,275 cent/kwh	€ 1,09 per m ²		
LED 82	105 kwh/m ²			7,275 cent/kwh		€ 3,06 per m ²	
<u>totaal extrakosten</u>							
LED 41					€ 9,75 per m ²		
LED 82						€ 18,16 per m ²	
<u>totaal extra omzet</u>							
LED 41					€ 16,59 per m ²		
LED 82						€ 26,68 per m ²	
<u>resultaat</u>							
LED 41					€ 6,84 per m ²		
LED 82						€ 8,53 per m ²	

Figuur 18 Overzicht kosten en resultaat van extra LED belichting (2 lichtintensiteiten: 41 en 82 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) t.o.v. alleen SON-T licht bij een afschrijvingstermijn van 10 jaar.

Resultaat

Met een aflossingstermijn van 10 jaar kwam het extra resultaat uit op €6,84 per m² voor de LED41 behandeling en €8,53 per m² voor de LED82 behandeling t.o.v. SON-T (figuur 18). Wanneer uit wordt gegaan van een kortere aflossingstermijn van bijvoorbeeld 5 jaar zou de LED82 behandeling een lager resultaat hebben dan de LED41 behandeling (€4,04 per m² voor LED41 en €2,92 per m²) (bijlage 4). Bij een aflossingstermijn van 7 jaar zou het extra resultaat uitkomen op €5,64 per m² voor de LED41 behandeling en 6,12 per m² voor de LED82 behandeling t.o.v. SON-T (bijlage 5). De aflossingstermijn is dus van groot belang om te bepalen of het ophangen van extra lampen rendabel zal zijn.

4. Conclusie en aanbevelingen

Conclusie

Uit het onderzoek naar het effect van extra LED licht naast de huidige SON-T belichting op de teelt van freesia kan worden geconcludeerd dat extra LED licht bij kan dragen aan een hogere productie per m². Dit werd voornamelijk gerealiseerd doordat er meer zijtakken werden gevormd onder beide LED behandelingen dan onder de SON-T behandeling. Voor de LED82 behandeling was dit 1,9 keer en voor de LED41 behandeling was dit 1,6 keer zoveel dan voor de SON-T behandeling.

Tijdens de vegetatieve groeifase zijn nauwelijks verschillen gevonden tussen de lichtbehandelingen. Ook het drogestofgehalte van zowel de stengel als de knol verschilde niet gedurende de hele teelt tussen de lichtbehandelingen. Uit de houdbaarheidsonderzoeken kwam in enkele gevallen naar voren dat de bloemstelen onder LED82 behandeling een betere kwaliteit hadden dan onder SON-T. Dit was echter niet voor alle uitgevoerde houdbaarheidsonderzoeken.

Kijkend naar het rendement per kWh en het financieel resultaat kan worden geconcludeerd dat de LED41 behandeling resulteerde in het hoogste rendement en financiële resultaat. Tot slot was de warmte vraag gedurende de teelt laag, slechts in 4,8% van de tijd was de gerealiseerde temperatuur lager dan de stooktemperatuur. Gebaseerd op het huidige onderzoek kan geconcludeerd worden dat LED verlichting in de Freesia teelt perspectief heeft.

Aanbevelingen

Op basis van de lage warmte vraag is het aan te raden een 100% LED proef te doen om zo het energieverbruik voor de belichting verder terug te dringen. Gedurende de winter maanden is het lamplicht de grootste bron van licht voor de planten. Aangezien het spectrum van de lamp grote invloed kan hebben op de groei en fotomorfogenese van de plant en het spectrum van de LED lampen sterk afwijkt van de SON-T lampen, is het aan te raden om hierbij meerdere spectra te testen.

In het huidige onderzoek is het klimaat gestuurd op de standaard teelt onder SON-T. De verwachting is dat met meer licht, meer warmte gegeven kan worden aan het gewas. Er zijn dan immers meer suikers (fotosynthese producten) beschikbaar, waardoor een snellere ontwikkelsnelheid van het gewas mogelijk is. Een snellere ontwikkelsnelheid is positief, aangezien je dan meer teelten in 1 jaar kan uitvoeren. Deze strategie zou dan meer overeenkomen met de teelt tijdens de zomer, wanneer van nature meer licht en een hogere temperatuur aanwezig zijn. Een ander voordeel van warmer telen is dat de ramen dan meer gesloten zullen zijn, waardoor de toegediende CO₂ beter in de kas blijft en gebruikt kan worden door de planten i.p.v. dat het meteen verloren gaat naar buiten.

Wanneer er gekozen wordt om warmer te gaan telen kan er ook gekeken worden naar hogere lichtintensiteiten. In het huidige onderzoek werd belicht met $137 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, maar volgens het onderzoek van Trouwborst, Hogewoning en Pot (2015) is dat nog niet de maximaal haalbare fotosynthese snelheid voor Freesia, deze licht nog ruim dubbel zo hoog (rond $200\text{-}300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ begint de lichtresponscurve af te vlakken).

5. Referenties

- Bala, M. en Berecici, D. (2010)** Study on Quality and Quantity Aspects of Some New Freesia Cultivars in the Second Year of Culture. UASVM Horticulture, 67 (1), 302 - 307
- CBS (2018)** StatLine, Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio. Geraadpleegd van <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80780NED/table?dl=F08F>
- Chen Lopez, J. (2018)** Influence of Light on Crop Growth. Geraadpleegd van <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/influence-of-light-on-crop-growth/>
- Cultilene (2017)** De waterbalans van de plant. Geraadpleegd van: <https://cultilene.nl/whitepaper/de-waterbalans-van-de-plant/>
- De Vocht, A. (2016)** Basishandboek SPSS 24. Utrecht, Bijleveld uitgeverij, 255 p.
- De Geest, W. (2017)** Led onder de loep. Sierteelt & Groenvoorziening (3), 26 - 27
- Hartsema, A. (1962)** Bloemaanleg en bloei van Freesia hybrida "Buttercup" na verschillende temperatuurbehandelingen. Landbouwhogeschool Wageningen, 62 (13), 1 - 26.
- Hemming, S., Waaijenberg, D., Bot, G., Dueck, T., Van Dijk, C., Dieleman, A., . . . Marissen, N. (2004)** Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw. Agrotechnology and Food Innovations B.V., Wageningen, 155 p.
- Jones, M. (1992)** Photosynthesis and production in a changing environment. Dordrecht, Nederland: Springer. Pp 47-64
- Kas als energiebron (2016)** Is er een disbalans tussen source en sink? Geraadpleegd van <https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/is-er-een-disbalans-tussen-source-en-sink/>
- Kromwijk, A., Hogeveen- van Echtelt, E., Akkerboom, T. en Pronk, H. (2015)** Onderzoek stuurlicht Freesia winter 2013 - 2014. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, 28 p.
- Labrie, C. en Raaphorst, M. (2010)** Energiezuiniger systeem voor het reguleren van de bodemtemperatuur bij Freesia. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, 58 p.
- Meinen, E., Marcelis, L., Steenhuizen, J. en Dueck, T. (2009)** Groei en ontwikkeling van chrysaanthemum geteeld onder SON-T belichting en onder LED belichting. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, 37 p.

NEXTgarden (2018) Hét ontwikkelingsgebied voor tuinbouw. Geraadpleegd van: <http://www.nextgarden.nl/>

Sokawa, Y. en Hase, E. (1967) Effect of light on the chlorophyll formation in the "glucose-bleached" cells of *Chlorella protothecoides*. *Plant and Cell Physiology*, 8 (3), 495 – 508.

Trouwborst, G., Hogewoning, S. en Pot, S. (2015) Meer rendement bij licht en CO₂ bij Freesia. *Plant Lightning*, Bunnik, 25 p.

Van der Helm, F., Dueck, T., Pronk, H. en Penning, P. (2013) Lichtspectrum bij stuur- en groeilicht in Freesia. Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 48 p.

Van de vondevoort, J. en van Zeijl, J. (2017) Ontwikkelen van een nieuw teeltsysteem voor een nichemarkt in groente- en potplanten. HAS Hogeschool, Den Bosch, 42 p.

Van Weel, P., Labrie, C., Van der Helm, F. (2011) Het Nieuwe Telen Freesia, Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw, 44p

VBN (2018) Freesia dubbelbloemig Soleil. Geraadpleegd van <https://beheer.vbn.nl/Zoekscherf/Productspecificatie.aspx?lang=NL&specid=100545&prodid=124116&type=full>

Bijlagen

1. Verdeling meetpunten in de kap

Bed 1																					
Vak 1	Vak 2	Vak 3	Vak 4	Vak 5	Vak 6	Vak 7	Vak 8	Vak 9	Vak 10	Vak 11	Vak 12	Vak 13	Vak 14	Vak 15	Vak 16	Vak 17	Vak 18	Vak 19	Vak 20	Vak 21	
Bed 2		Meetpunt bodemvocht			Meetplant		Meetplant	Meetpunt bodemvocht	Meetplant			Meetplant		Meetplant	Meetplant		Meetplant		Meetplant	Meetpunt bodemvocht	
Bed 3				Meetplant	Plaats knoopcel			Meetplant			Meetplant		Plaats knoopcel			Plaats knoopcel		Meetplant			
Bed 4					Meetplant		Meetplant		Meetplant			Meetplant		Meetplant	Meetplant		Meetplant		Meetplant		
Bed 5		Meetpunt bodemvocht		Meetplant	Meetpunt bodemvocht			Meetplant			Meetplant	Meetpunt bodemvocht	Meetplant	Meetpunt bodemvocht		Meetplant	Meetpunt bodemvocht	Meetplant	Meetpunt bodemvocht		
Bed 6																					

Meetpunt bodemvocht
Plaats logger
Plaats knoopcel
Meetplant

2. Houdbaarheidsonderzoek methode

De bloemen, aangeleverd voor dit houdbaarheidsonderzoek hebben een afzetsimulatie ondergaan volgens de bijlage. Eenmaal in de vaas zijn de bloemen driemaal per week beoordeeld. Hierbij is de VBNafschrijvingskaart van het betreffende product als leidraad gebruikt (www.vbn.nl). Op het moment dat een bloem niet genoeg sierwaarde had, is deze afgeschreven. Aan de hand van de afschrijfdata is vervolgens het gemiddelde vaasleven berekend. Het vaasleven is hierbij gebaseerd op het aantal dagen in de consumentenfase (dus exclusief de afzetsimulatie).

Conditie Transportfase

Tijdsduur (dagen) 3

Verpakking hoes, Procona, Kraag en deksel

Middel 1 Chrysal Clear Prof 2 liquid 5,00 ml/l

Temperatuur $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

Relatieve luchtvochtigheid $75 \pm 10\%$

Lichtnivo $\pm 0 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$

Lichtkleur nvt

Luchtverversing elke 2 uur

Luchtsnelheid $< 0,5 \text{ m/s}$

Etheenconcentratie $< 0,1 \text{ ppm}$

Conditie Winkelfase

Tijdsduur (dagen) 4

Verpakking hoes, Procona

Middel 1 Chrysal Clear Prof 2 liquid 5,00 ml/l

Temperatuur $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

Relatieve luchtvochtigheid $60 \pm 10\%$

Lichtnivo $\pm 13,5 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$

Lichtkleur 840

Luchtverversing elke 2 uur

Luchtsnelheid $< 0,5 \text{ m/s}$

Etheenconcentratie $< 0,1 \text{ ppm}$

Conditie Consumentenfase

Tijdsduur (dagen) 21
Verpakking -
Middel 1 Chrysal Clear Universal 10,00 gr/l
Temperatuur $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
Relatieve luchtvochtigheid $60 \pm 10\%$
Lichtnivo $\pm 13,5 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$
Lichtkleur 840
Luchtverversing elke 2 uur
Luchtsnelheid $< 0,5 \text{ m/s}$
Etheenconcentratie $< 0,1 \text{ ppm}$
Watervoorziening naar behoefte

3. Destructieve metingen gedurende de oogstperiode

Tabel 17 Destructieve metingen aan planten op 10 januari 2019 voor verschillende lichtbehandelingen (LED41, LED82 en SON-T) (n=4 per plantdatum). De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata.

	Lengte hoofdtak	Aantal zijtakken	Stengeldikte hoofdtak	Aantal knoppen hoofdtak	Knopdikte eerste knop hoofdtak	Vers gewicht knol	Vers gewicht plant	Drooggewicht knol	Drooggewicht plant	Drogestof% knol	Drogestof% plant	Brix
LED41	58,8 (a)	4,6 (a)	5,8 (a)	15,6 (a)	9,9 (a)	3,3 (a)	128,3 (ab)	0,5 (a)	13,3 (b)	14,2 (a)	10,3 (a)	5,5 (a)
1	59,3	4,8	6,0 *	15,8	9,7	4,2	133,0	0,6 *	13,9	14,7	10,4	5,8
2	58,4	4,5	5,7	15,5	10,1	2,4	123,6	0,3	12,7	13,7	10,3	5,3
LED82	58,3 (a)	4,5 (a)	6,3 (a)	15,3 (a)	10,6 (a)	5,3 (a)	145,2 (a)	0,7 (a)	15,6 (a)	14,5 (a)	10,8 (a)	5,6 (a)
1	59,8	4,5	7,1 *	15,8	10,4	5,5	153,0	0,8 *	16,4	15,2	10,7	5,4
2	56,9	4,5	5,6	14,8	10,8	5,0	137,4	0,7	14,8	13,7	10,8	5,8
SONT	59,3 (a)	4,3 (a)	5,9 (a)	14,9 (a)	10,6 (a)	3,5 (a)	114,6 (b)	0,5 (a)	11,5 (b)	13,5 (a)	10,0 (a)	5,6 (a)
1	57,8	4,0	5,9 *	14,5	9,5	4,4	110,2	0,6 *	11,2	13,8	10,1	5,5
2	60,9	4,5	5,8	15,3	11,8	2,7	119,0	0,4	11,8	13,2	9,9	5,6

Tabel 18 Destructieve metingen aan planten op 30 januari 2019 voor de verschillende lichtbehandelingen (LED41, LED82 en SON-T) (n=4 per plantdatum). De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata. ** betekent een significant aantoonbaar interactie effect tussen de lichtbehandelingen en de plantdata.

	Lengte hoofdtak	Aantal zijtakken	Stengel dikte hoofdtak	Aantal knoppen hoofdtak	Knopdikte eerste knop hoofdtak	Vers gewicht knol	Vers gewicht stengels	Droogge wicht knol	Droogge wicht plant	Drogest of% knol	Drogest of% plant	Brix	Ratio stengels met 1 kam	Ratio stengels met meer dan 1 kam
LED41	55,1 (a)	2,8 (b)	57,9 (a)	14,3 (a)	127,1 (a)	1,9 **	89,1 (a)	0,4 (a)	9,8 (b)	18,3 (a)	11,2 **	5,7 (b)	0,2 (b)	0,8 (a)
1	55,6	2,3	57,3	13,5	120,5	1,8	75,3	0,4*	8,8	20,1*	11,7	5,8	0,2	0,8
2	54,5	3,3	58,5	15	133,8*	2	102,9*	0,3	10,9*	16,5	10,7	5,5	0,2	0,8
LED82	48,8 (a)	3,9 (a)	54,6 (a)	14 (a)	117,8 (ab)	2,5 **	102,6 (a)	0,6 (a)	11,8 (a)	21,5 (a)	11,6 **	6,6 (a)	0,4 (ab)	0,6 (ab)
1	51	3,8	55,5	14	112,8	3	90,2	0,7*	10,6	24,1*	11,7	6,5	0,5	0,5
2	46,6	4	53,8	14	122,8*	2	114,9*	0,4	13,1*	18,9	11,4	6,8	0,3	0,7
SONT	53,8 (a)	3 (b)	61,1 (a)	14,1 (a)	111,5 (b)	2,3 **	94,9 (a)	0,5 (a)	10,6 (ab)	18,9 (a)	11,2 **	6,5 (a)	0,4 (a)	0,6 (b)
1	54,5	3	58,5	14,3	99,3	3,2	79,7	0,8*	9,6	23,1*	12,1	6,7	0,5	0,5
2	53,1	3	63,8	14	123,8*	1,4	110,1*	0,2	11,5*	14,7	10,4	6,4	0,4	0,6

Tabel 19 Destructieve metingen aan planten op 25 februari 2019 voor de verschillende lichtbehandelingen (LED41, LED82 en SON-T) (n=4 per plantdatum). Er zijn aan de eerste 2 stengels(takken) metingen gedaan. De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata.

	Stengellengte	Stengeldikte	Aantal kammen stengel 1	Aantal knoppen hoofd kam stengel 1	Knopdikte hoofdknop	Gewicht stengel 1	Brix	Stengellengte 2	Stengeldikte 2	Aantal kammen stengel 2	Aantal knoppen hoofd kam stengel 2	Knopdikte hoofdknop	Gewicht stengel 2
LED41	62,1 (a)	50,3 (a)	2,8 (a)	10,9 (a)	83 (a)	13,9 (ab)	5,8 (a)	65,6 (a)	45,5 (ab)	3 (b)	9,2 (a)	53,2 (a)	9,6 (b)
1	61,5	48,3	3	10,5	76,3	13,7	5,8	67,2	43,7	2,7	9,3	48,7	9,7
2	62,8	52,3*	2,5	11,3	89,8	14,1	5,8	64	47,3	3,3	9,0*	57,7	9,5
LED82	73,1 (a)	55,0 (a)	3,6 (a)	11,3 (a)	79,6 (a)	17,4 (a)	5,2 (b)	76 (a)	50,4 (a)	3,8 (a)	10,2 (a)	60,4 (a)	15,5 (a)
1	78	51,0	3,5	11	83	17,6	5,4	66,5	42,5	3,5	8,5	56	11,3
2	68,3	59,0*	3,8	11,5	76,3	17,2	5,1	82,3	55,7	4	11,3*	63,3	18,4
SONT	55,4 (a)	43,4 (b)	3 (a)	10,4 (a)	91,6 (a)	10,2 (b)	6,2 (a)	63,8 (a)	38,8 (b)	3 (b)	9,6 (a)	61,2 (a)	10,1 (b)
1	59,8	40,5	3	10	92,5	10,4	5,8	65,5	39,5	3	8,5	63	9,9
2	51	46,3*	3	10,8	90,8	9,9	6,5	62,7	38,3	3	10,3*	60	10,3

Tabel 20 Vervolg tabel 19. Destructieve metingen aan planten op 25 februari 2019 voor de verschillende lichtbehandelingen (LED41, LED82 en SON-T) (n=4 per plantdatum). Er zijn aan de eerste 2 stengels(takken) metingen gedaan. Aan de overige stengeldelen en de knollen zijn gewichtsbepalingen gedaan. De rijen van de lichtbehandelingen geven het gemiddelde van de twee verschillende plantdata, de rijen steeds aangegeven met 1 (17-8) en 2 (23-8) onder de betreffende lichtbehandeling geven het gemiddelde voor de lichtbehandeling voor de specifieke plantdatum. De letters tussen haakjes geven de statistische aantoonbare verschillen weer tussen de lichtbehandelingen. * betekent een significant aantoonbaar verschil tussen de plantdata.

	Vers gewicht knol	Totaal vers gewicht stengels	Drooggewicht stengel 1	Drogestof% st1	Drooggewicht rest stengels	Drogestof% rest stengels	Drooggewicht knol	Drogestof% knol
LED41	5,4 (a)	66,8 (ab)	2,7 (a)	21,7 (a)	6,4 (ab)	12,1 (a)	1,4 (a)	25,2 (a)
1	6,7	59,7	2	14,6	5,6	12,1	1,9*	27,2*
2	4,1	74	3,4	28,8	7,2*	12,1	1	23,2
LED82	5,1 (a)	80,5 (a)	2,3 (a)	13,3 (a)	7,5 (a)	12,1 (a)	1,3 (a)	23,8 (a)
1	6,2	67,8	2,4	14	6,3	12,7	1,7*	27,0*
2	4	93,1	2,2	12,6	8,7*	11,5	0,8	20,5
SONT	4,1 (a)	57,9 (b)	1,6 (a)	15,7 (a)	5,8 (b)	12,2 (a)	1 (a)	25 (a)
1	4,5	54,3	1,6	15,6	5,4	12,3	1,2*	25,2*
2	3,7	61,4	1,6	15,7	6,2*	12,1	0,9	24,8

4. Financieel overzicht 5 jaar aflossingstermijn.

Led belichting volgens offerte Maurice

offerte bedrag			€	46.000,00	
			€	46.000,00	€ 46.000,00
totaal				€ 46.000,00	
aflossingstermijn		5	jaar	€ 9.200,00	
rente eerste jaar		3%		€ 1.380,00	
rente aflossing eerste jaar				€ 10.580,00	
gemiddelde financieringskosten		5	jaarsgemiddelde	€ 9.890,00	

gemiddelde financieringskosten verdeeld naar licht hoeveelheid

LED 41	950	m ²	€ 5.725,79	totaal	€ 6,02	per m ²	
LED 82	346	m ²	€ 4.164,21	totaal			€ 12,05 per m ²

extra kosten oogst snelheid **350** tak per uur

LED 41 extra oogst /m ²	71	per m ²	€ 18,50	per uur	€ 3,77	per m ²	
LED 82 extra oogst /m ²	113	per m ²	€ 18,50	per uur			€ 5,99 per m ²

extra afzetkosten **10%** van omzet

LED 41	€ 16,59	extra omzet		€ 1,66	per m ²		
LED 82	€ 26,68	extra omzet				€ 2,67	per m ²
<u>extra stroomkosten</u>							
SONT (standaard)		63 kwh/m ²					
LED 41		78 kwh/m ²	7,275	cent/kwh	€ 1,09	per m ²	
LED 82		105 kwh/m ²	7,275	cent/kwh			€ 3,06 per m ²
<u>totale extrakosten</u>							
LED 41					€ 12,55	per m ²	
LED 82							€ 23,76 per m ²
<u>totaal extra omzet</u>							
LED 41					€ 16,59	per m ²	
LED 82							€ 26,68 per m ²
<u>resultaat</u>							
LED 41					€ 4,04	per m ²	
LED 82							€ 2,92 per m ²

5. Financieel overzicht 7 jaar aflossingstermijn

Led belichting volgens offerte Maurice

offerte bedrag			€	46.000,00	
			€	46.000,00	€ 46.000,00
totaal				€ 46.000,00	
aflossingstermijn		7	jaar	€ 6.571,43	
rente eerste jaar		3%		€ 1.380,00	
rente aflossing eerste jaar				€ 7.951,43	
gemiddelde financieringskosten		7	jaarsgemiddelde	€ 7.261,43	

gemiddelde financieringskosten verdeeld naar licht hoeveelheid

LED 41	950	m ²	€ 4.203,98	totaal	€ 4,42	per m ²	
LED 82	346	m ²	€ 3.057,44	totaal			€ 8,85 per m ²

extra kosten oogst snelheid **350** tak per uur

LED 41 extra oogst /m ²	71	per m ²	€ 18,50	per uur	€ 3,77	per m ²	
LED 82 extra oogst /m ²	113	per m ²	€ 18,50	per uur			€ 5,99 per m ²

extra afzetkosten **10%** van omzet

LED 41	€ 16,59	extra omzet		€ 1,66	per m ²		
LED 82	€ 26,68	extra omzet				€ 2,67	per m ²
<u>extra stroomkosten</u>							
SONT (standaard)		63 kwh/m ²					
LED 41		78 kwh/m ²	7,275	cent/kwh	€ 1,09	per m ²	
LED 82		105 kwh/m ²	7,275	cent/kwh			€ 3,06 per m ²
<u>totale extrakosten</u>							
LED 41					€ 10,95	per m ²	
LED 82							€ 20,56 per m ²
<u>totaal extra omzet</u>							
LED 41					€ 16,59	per m ²	
LED 82							€ 26,68 per m ²
<u>resultaat</u>							
LED 41					€ 5,64	per m ²	
LED 82							€ 6,12 per m ²