

Bloemtakuitloop Phalaenopsis sturen met daglengte: meer resultaat met minder elektra



Oktober 2020

G. Trouwborst, A. Boonman, G. Sam-Sin, S.W. Hogewoning

Bloemtakuitloop Phalaenopsis sturen met daglengte: meer resultaat met minder elektra

Oktober 2020

G. Trouwborst, A. Boonman, G. Sam-Sin, S.W. Hogewoning

Plant Lighting B.V.
Doordraai 1
3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl
www.plantlighting.nl

REFERAAT

G. Trouwborst, A. Boonman, G. Sam-Sin, S.W. Hogewoning. 2020. Bloemtakuitloop Phalaenopsis sturen met daglengte: meer resultaat met minder elektra. Plant Lighting B.V., Bunnik. 29p.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 2020 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt door de bijdragen vanuit de gewascoöperatie potorchidee. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit dit rapport.

Inhoudsopgave

DANKWOORD.....	5
SAMENVATTING.....	6
1 INTRODUCTIE.....	7
2 MATERIAAL EN METHODEN.....	9
2.1 Proefopzet.....	9
2.2 Klimaat en watergift.....	13
2.3 Tijdlijn proef	14
2.4 Metingen en statistische analyse	14
3 RESULTATEN	16
3.1 Teeltverloop.....	16
3.2 Fotosynthese in de afkweek	18
3.3 Teeltduur, aantal bloemtakken, en takkwaliteit.....	20
3.4 Takuitloop ten opzichte van de praktijk	25
4 ALGEMENE DISCUSSIE EN CONCLUSIES	26
4.1 Algemene discussie	26
4.2 Conclusie.....	27
REFERENTIES.....	28

Dankwoord

Dit rapport geeft de resultaten weer van een 30 weken durend belichtingsonderzoek aan Phalaenopsis. Dit onderzoek vond plaats in klimaatcellen van Plant Lighting en was gericht op de vraag of daglengteverkorting in de laatste 8 weken van de opkweek een positief effect heeft op takuitloop. Dit onderzoek is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland, en door de gewascoöperatie potorchidee.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage: Adrie Smits (Floricultura) voor de teeltbegeleiding. Erwin van Vliet (Levoplant), Wouter Smaal (SO Natural), Henri Butterman (Piko Plant) en Adrie Smits (Floricultura) worden bedankt voor hun positief-kritische bijdrage in de BCO. Henri Butterman (Piko Plant) wordt ook bedankt voor het regelen van de planten voor het onderzoek. Levoplant bedanken we voor het lenen van de teeltvazen. Astrid van der Helm (Glastuinbouw Nederland) wordt bedankt voor het coördineren van de BCO's. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Dennis Medema en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Oktober 2020,

Sander Hogewoning

Samenvatting

Introductie en doelstelling

Dit onderzoek richtte zich op het effect van daglengte tijdens de laatste 8 weken van de opkweekfase van Phalaenopsis op bloemtakuitloop in de daaropvolgende koelfase. De koelfase (18-19°C) is nodig om de uitloop van bloemtakken te induceren en duurt 6-8 weken. Het uitlopen van meerdere bloemtakken per plant is bepalend voor de prijs. Vandaar de noodzaak tot een lage koeltemperatuur. Dit kost in de zomer veel elektriciteit. Juist de periode rond mei-juni wordt ervaren als de lastigste periode van het jaar om voldoende uitloop van bloemtakken te verkrijgen. De ervaring in de praktijk is dat dit niet alleen te maken heeft met onvoldoende koelcapaciteit, maar ook met daglengte: bij afnemende daglengte naar het najaar toe gaat takuitloop juist weer veel gemakkelijker.

Het hoofddoel van de proef was om onder gecontroleerde omstandigheden aan te tonen of een kortere daglengte aan het einde van de opkweek zinvol is om bloemtakuitloop te stimuleren. Vanuit energetisch oogpunt kan dit zeer interessant zijn, want het bespaart op twee manieren elektra: (1) minder uren belichten en (2) in de zomer hoeft mogelijk minder lang gekoeld te worden.

Materiaal en methoden

Er zijn twee identieke klimaatkamers van Plant Lighting gebruikt. Beide met een netto teeltoppervlak van 17m². De plantdichtheid was 52pl/m². Per klimaatcel werden er 4 cultivars (Lively, Limelight, Cambridge en Ferrara) gekweekt in vier proefvakken van 54 planten. In eerste instantie werd in beide cellen een 'juni-dag' gesimuleerd met een daglengte van 16 uur en een lichtsom van 7.9mol PAR/dag (maximale intensiteit van 150 µmol/m²/s). De laatste 8 weken van de opkweek werd bij 1 behandeling de dag verkort (KD) tot 12 uur in plaats van de 16 uur (Controle). Vervolgens werd er met een relatief hoge etmaaltemperatuur van ruim 20°C gekoeld voor (slechts) 6 weken en afgekweekt bij ruim 21°C. De koelperiode was relatief kort, bij relatief hoge temperatuur en met relatief jonge planten. Dit om het onderscheidend vermogen tussen de behandelingen te vergroten.

Resultaten en conclusie

Door de korte-dag-behandeling steeg het gemiddeld aantal bloemtakken per plant. Het percentage 2-takkers in Ferrara steeg met 6% ten koste van 1-takkers. In Lively steeg het percentage 3-takkers met 7% ten koste van 2-takkers. In Cambridge was sprake van een toename van 2-takkers met 3% ten koste van 1-takkers. Limelight reageerde niet op de behandeling. De behandeling had verder geen effect op de takkwaliteit (aantal bloemen en vertakking van de meertakkers) en uniformiteit, en de korte-dag resulteerde in een maximaal 1 dag snellere teeltduur. De korte-dag behandeling bood onder de proefomstandigheden dus een voordeel in plantkwaliteit tegen lagere kosten: er kan worden bespaard op het aantal uren belichting per dag in de opkweek. Mogelijk kan in de zomer ook bespaard worden op de koeling met eenzelfde resultaat.

1 Introductie

Kader energieuinig telen Phalaenopsis

Phalaenopsis is in het kader van het streven naar een klimaat-neutrale glastuinbouw een belangrijk gewas: met een areaal van >200 ha en een teeltduur van bijna een jaar is het een zeer energie-intensieve teelt. In de opkweekfase wordt gedurende 24-28 weken de kas verwarmd tot 29°C. Ten behoeve van de bloei inductie ($\pm 19^\circ\text{C}$) en de opvolgende afkweekfase ($\pm 21^\circ\text{C}$) is er in een gedeelte van het jaar koeling nodig, wat eveneens veel energie kost. Daar komt bij dat er aanzienlijke belichtingsniveaus worden gehanteerd tot $>100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Het energieverbruik in Phalaenopsis in cijfers: warmte $\pm 55 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$; elektra belichting $\pm 160 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{jaar}$; elektra koude $\pm 130 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{jaar}$.

In het streven naar een energieuinigere en uiteindelijk klimaatneutrale teelt is op meerdere deelaspecten al strategisch onderzoek gedaan. Zo is aangetoond dat Phalaenopsis in CAM-fase II (begin dag) en IV (laatste uren van de dag) met minder belichting even goed produceert (Hogewoning et al 2020; Trouwborst et al 2017). CO_2 overdag gedurende CAM-fase III onnodig (Trouwborst et al, 2016; Trouwborst en Hogewoning 2017). En in de koelfase kan bleek belichting met energieuinige LED even goede resultaten op te leveren als SON-T (Kromwijk et al, 2017). Een aantal van deze recente inzichten worden al breed toegepast in de praktijk. Ook in dit onderzoek wordt plantfysiologische kennis ontwikkeld die bijdraagt aan een duurzamere Phalaenopsisteelt.

Onderzoeksvraag

Dit onderzoek richtte zich op het effect van daglengte tijdens de laatste 8 weken van de opkweekfase van Phalaenopsis op bloemtakuitloop in de daaropvolgende koelfase. De koelfase ($\pm 19^\circ\text{C}$) is nodig om de uitloop van bloemtakken te induceren en duurt 6-8 weken. Het uitlopen van meerdere bloemtakken per plant is bepalend voor de prijs. Eéntakkers leveren te weinig op, en daarom staat sturen op meertakkers niet ter discussie bij kwekers. Vandaar de noodzaak tot de lage koeltemperatuur, wat in de zomer veel elektriciteit kost ($\pm 130 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{jaar}$). Juist de periode rond mei-juni wordt ervaren als de lastigste periode van het jaar om voldoende uitloop van bloemtakken te verkrijgen. De ervaring in de praktijk is dat dit niet alleen te maken heeft met onvoldoende koelcapaciteit, maar ook met daglengte: bij afnemende daglengte naar het najaar toe gaat takuitloop juist weer veel gemakkelijker. Vanuit energetisch oogpunt is het zeer interessant indien zou blijken dat een kortere daglengte bloemtak-uitloop stimuleert, want het bespaart op twee manieren elektra: (1) minder uren belichten en (2) in de zomer hoeft mogelijk minder lang gekoeld te worden.

In de wetenschappelijke literatuur is er weinig concrete onderbouwing voor effecten van daglengte op takuitloop: Bevindingen variëren van geen effect, tot een positief effect van korte dagen of juist lange dagen. Deze variërende bevindingen kunnen liggen aan de genetische samenstelling van de onderzochte rassen, maar ook aan de kwaliteit van het onderzoek: het

effect van daglengte op planttemperatuur wordt vaak genegeerd, terwijl dit een bepalende factor is. Hieronder een kort overzicht van literatuur over de (tegenstrijdige) gerapporteerde effecten van daglengte op bloei van *Phalaenopsis*:

- Daglengte neutrale plant: (Sakanishi *et al.* 1980; Lopez & Runkle, 2004, 2005 en referenties hierin; Jang *et al.* 2013). Tevens wordt door sommige auteurs genoemd dat onderzoek naar het effect van een korte dag vaker een lagere gemiddelde temperatuur heeft (zie referenties in Newton 2008 en Sailo *et al.* 2014).
- (Kwantitatieve) korte dag plant (*Phalaenopsis* 'Hisa Nasu': Yoneda *et al.* 1991; Su *et al.* 2001; Hsiao *et al.* 2011; Wang *et al.* 2003; *Doritis Pulcherima* 'Lindley'.
- Lange dag plant: er zijn cultivars die in de zomer in bloei komen (*P. Bellina*, *P. Virolaceae*: Hsiao *et al.* 2011; *P. sanderiana*: Blanchard & Runkle, 2006)
 - NB Wang (2013) noemt ook *Doritis Pulcherima* als lange dag plant, dit gaat dus volledig in tegen de gelijknamige Wang *et al.* 2003.

Omdat commercieel geteelde *Phalaenopsis* planten hybriden zijn is het effect van daglengte op bloei nog minder makkelijk voorspelbaar. In een proef van WUR in samenwerking met Plant Lighting (Kromwijk *et al.* 2017) is aangetoond dat 12 uur daglengte zowel bij 19°C als bij 22°C in de koelfase niet in meer bloemtakken resulteert dan 15 uur daglengte. In deze proef is gestuurd op een gelijke planttemperatuur. Dus het zuivere effect van een kortere daglengte in de koelfase bleek geen effect te hebben op het aantal bloemtakken.

Veredelaar Floricultura heeft in 2016 en 2017 ook proeven gedaan met een kortere daglengte, zowel tijdens de koelfase als gedurende de daaraan voorafgaande 8 weken opkweek. Juist het verkorten van de daglengte gedurende de laatste 8 weken van de opkweekfase bleek de ontwikkeling van bloemtakken te stimuleren, en leidde tot snellere uitloop en ontwikkeling van bloemtakken. Ook werden de bloemtakken aangelegd bij oudere ('lagere') bladeren. Een kortere daglengte in de koelfase alleen had net als eerder aangetoond geen positief effect. Minpunt van deze proeven was dat de korte dag behandelingen in de proefkassen van Floricultura plaatsvonden en de controle (langere dag) bij verschillende kwekers. Dus transport en verschillende omstandigheden op de twee teelt-locaties hebben de resultaten mogelijk beïnvloed. Dit staat keiharde conclusies in de weg.

Bovenomschreven bevindingen geven aanleiding tot toetsing van het effect van daglengte onder gecontroleerde omstandigheden. Indien werkelijk planten met meer bloemtakken in kortere tijd kunnen worden geteeld, dan is dat een grote stap vooruit. Immers, er is dan sprake van betere kwaliteit, kostenbesparing en energiebesparing vanwege (1) de kortere teelt, (2) kortere belichting per dag en (3) mogelijk een lagere behoefte aan koeling. Dit alles brengt een duurzame fossielvrije *Phalaenopsis*teelt weer een stap dichterbij.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet

Het hoofddoel van de proef was om onder gecontroleerde omstandigheden aan te tonen of een kortere daglengte aan het einde van de opkweek zinvol is om bloemtakuitloop te stimuleren. Hiervoor zijn twee identieke klimaatkamers van Plant Lighting gebruikt. Beide met een netto teeltoppervlak van 17m².

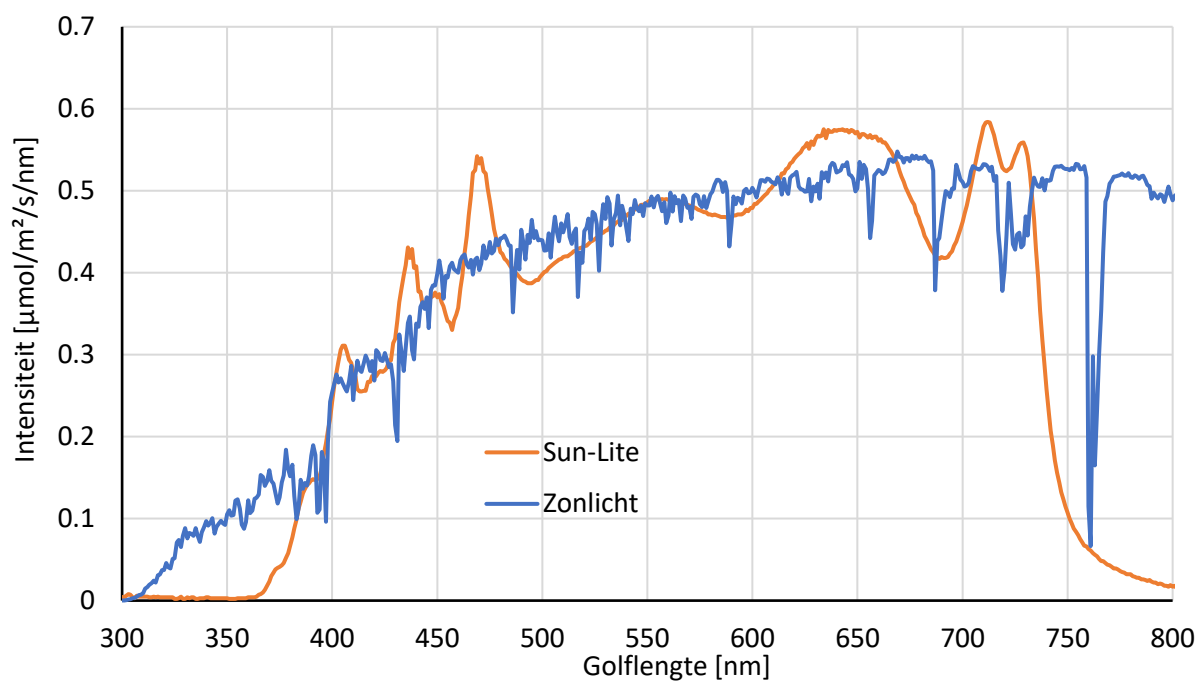
De volgende proefopzet is uitgevoerd:

- Gebruik van 2 klimaatkamers
- Jonge planten (18 weken na oppotten) zijn door Piko Plant aangeleverd en de eerste week 16 uur belicht ter acclimatie. NB er zijn bewust jonge planten gebruikt, omdat die minder gemakkelijk bloemtakken maken, wat het onderscheidend vermogen van de proefbehandelingen vergroot.
- Vervolgens gedurende de laatste 8 weken opkweek: de helft van de planten 16 uur belicht in de ene klimaatkamer (controle) en de andere helft 12 uur per dag belicht in de andere klimaatkamer (korte dag).
- Daarna is gedurende 6 weken gekoeld bij een gelijke daglengte (16 uur) in beide klimaatcellen. Zes weken is relatief kort. Dat is een bewuste keuze: een korte koelperiode vergroot het onderscheidend vermogen van de proefbehandelingen en toont bij succes aan dat hier wellicht energiebesparing mogelijk is.
- Vervolgens is gedurende 12-13 weken afgekweekt bij gelijke daglengte (16 uur) in beide klimaatcellen.
- Planten zijn gestokt en geteld bij 2-3 'open' bloemen (een 'gebroken' knop werd als open bloem geteld).

Er is dus alleen een verschil in daglengte, en daardoor ook in lichtsom, gemaakt tussen de twee behandelingen tijdens de laatste 8 weken van de opkweek.



Foto 1. Phalaenopsisplanten in teeltvazen in een klimaatkamer van Plant Lighting met een netto teeltoppervlak van 17m² (6.25m diep en 2.72m breed) en uitgerust met zonlicht-simulatoren (SunLite).



Figuur 1. Lichtspectrum van de SunLite lampen (Specialty Lighting Holland, Breda, Nederland) ten opzichte van zonlicht (ASTM-spectrum).

Hieronder volgen de details van de proefinrichting:

- Vier cultivars: Cambridge, Ferrara, Lively, Limelight, 450 pl/cv, totaal 1800 planten.
- Planten zijn in het verband neergezet van 50 rijen diep (6.25m) bij 18 planten breed (2.72m): de plantdichtheid was 53pl/m².
- Er is belicht met daglichtsimulatie (SunLite; Specialty Lighting Holland, Nederland) waarvan het spectrum is weergegeven in Figuur 1. Er is een lichtsom nagebootst zoals die medio juni in de praktijk zou plaatsvinden:
 - Lange dag (Controle; Ctrl): 16 uur dag, 1^e en 16^e uur 50μmol/m²/s en tussenliggende 14 uur 150 μmol/m²/s = 7.9 mol PAR/m²/dag.
 - Korte dag (KD; 8 weken tot koelfase): 12 uur, 1^e uur 50μmol m²/s en 11 uur 150μmol m²/s = 6.1 mol PAR/m²/dag. NB deze behandeling is dus alleen gedurende de laatste 8 weken van de opkweek uitgevoerd. Tabel 1 bevat de details van de belichtingsuren en intensiteiten.
- De planten zijn neergezet in 4 plots per cultivar per behandeling (6 rijen diep*9 planten breed=54 planten per plot), verspreid over de tafels. Aan de voorkant en de achterkant bevond zich een randrij. Twee weken voor start van de koeling zijn de planten in teeltvazen gezet (Levoplant) waardoor de randrij aan de voorkant is afgevallen. Hierdoor daalde de plantdichtheid naar 52pl/m². Zie Figuur 2 voor het overzicht.

Tabel 1. Details lichtintensiteit gedurende de proef. Er is een lichtperiode nagebootst zoals deze in juni zou kunnen voorkomen: daglengtes van rond de 16 uur, ruwweg van 6:00-22:00 uur.

	start	einde	Intensiteit μmol/m ² /s	Lichtsom mol/m ²
opkweek 16h	06:00	07:00	50	0.18
	07:00	21:00	150	7.56
	21:00	22:00	50	0.18
	Totaal			7.92
opkweek 12h	06:00	07:00	50	0.18
	07:00	18:00	150	5.94
	Totaal			6.12
Koeling/afkweek 16h	06:00	07:00	50	0.18
	07:00	21:00	150	7.56
	21:00	22:00	50	0.18
	Totaal			7.92

	Table left:	Table right
1	R-mix all species	R-mix all species
2	Cambridge	Limelight
3	Cambridge	Limelight
4	Cambridge	Limelight
5	Cambridge	Limelight
6	Cambridge	Limelight
7	Cambridge	Limelight
8	Limelight	Cambridge
9	Limelight	Cambridge
10	Limelight	Cambridge
11	Limelight	Cambridge
12	Limelight	Cambridge
13	Limelight	Cambridge
14	Lively	Ferrara
15	Lively	Ferrara
16	Lively	Ferrara
17	Lively	Ferrara
18	Lively	Ferrara
19	Lively	Ferrara
20	Ferrara	Lively
21	Ferrara	Lively
22	Ferrara	Lively
23	Ferrara	Lively
24	Ferrara	Lively
25	Ferrara	Lively
26	Cambridge	Limelight
27	Cambridge	Limelight
28	Cambridge	Limelight
29	Cambridge	Limelight
30	Cambridge	Limelight
31	Cambridge	Limelight
32	Limelight	Cambridge
33	Limelight	Cambridge
34	Limelight	Cambridge
35	Limelight	Cambridge
36	Limelight	Cambridge
37	Limelight	Cambridge
38	Lively	Ferrara
39	Lively	Ferrara
40	Lively	Ferrara
41	Lively	Ferrara
42	Lively	Ferrara
43	Lively	Ferrara
44	Ferrara	Lively
45	Ferrara	Lively
46	Ferrara	Lively
47	Ferrara	Lively
48	Ferrara	Lively
49	Ferrara	Lively
50	R-mix all species	R-mix all species

Figuur 2. Plattegrond proefopzet per klimaatcel waarin 4 plots voor alle vier cultivars *Phalaenopsis*. De 50^e rij is afgefallen op het moment dat de planten in vazen werden gezet: twee weken voor start koeling.

2.2 Klimaat en watergift

Het volgende klimaat is gehanteerd in de verschillende teeltstadia:

- Opkweek 29°C etmaal, 900 ppm CO₂, 70% RV (gelijk in beide cellen). Watergift naar behoefte. Dit was om de 6 dagen.
- Koeling 20.3°C etmaal. Dit is relatief hoog om het onderscheidingsvermogen groter te maken. De controle zou het niet te goed moeten doen en bij voorkeur 20-30% 1-takkers opleveren. De CO₂-concentratie was 900 ppm en de RV in eerste instantie 70%. Doordat er een trage droging van de pot was, is er gekozen om de RV af te bouwen. Eerst overdag naar 60%. Toen dat vervolgens nog niet voldoende bleek, is de RV ook 's nachts op 60% RV gezet. Watergift was om de 7 dagen.
- Afkweek 21.2°C etmaal (max 2°C verschil dag -en nachttemperatuur), 900 ppm CO₂, 60% RV. Watergift was om de 7 dagen.

Zie Tabel 2 voor de gemiddelde etmaaltemperaturen en RV gedurende de verdere opkweek, de koeling en de afkweekperiode. Het klimaat was zeer gelijk in de twee klimaatkamers.

Tabel 2. Gerealiseerd klimaat. NB de korte dag behandeling vond alleen in de laatste 8 weken van de opkweek plaats. Tijdens de koeling is de RV stapsgewijs verlaagd om snellere droging van de wortels te krijgen.

Fase (Temp D/N)	controle (°C)	korte dag (°C)	controle (%RV)	korte dag (%RV)
opkweek(29.5/29)	29.6	29.6	70.4	71.2
koeling (21/19)	20.3	20.3	65.1	65.7
afkweek (22/20)	21.2	21.2	61.9	61.8

Er werd water gegeven naar behoefte. Dit was in de opkweek eens per 6 dagen. In de koeling en afkweek werd dit eens per 7 dagen. Om voldoende droging te krijgen is de RV verlaagd naar 60%. Er werd 12-15 liter/m² gegoten (EC=1.1 en pH=5.8). Iedere 5^e beurt werd er gegoten zonder voeding. Drain-EC lag meestal 0.2-0.3 hoger dan giet-EC.

2.3 Tijdlijn proef

In tabel 3 staan de belangrijkste teelthandelingen vermeld.

Tabel 3. Tijdlijn proef.

week	datum	Actie
17	21-4	Start proef: acclimatisatie (Tetmaal ~29°C, 16 uur 'zon'-licht) Cambridge, Ferrara, Lively: oppotweek 51 Limelight: oppotweek 50
18	29-4	Start behandeling korte dag (cel 4)
24	12-6	Planten in teeltvazen
26	24-6	Einde behandeling korte dag (cel 4), Start koeling, beide lange dag (D/N: 21/19°C → 20.3°C etmaal)
28	8-7	Lively toont eerste verdikkingen
29	14-7	Lively en Ferrara beide takuitloop, Limelight en Cambridge trager
30	20-7	Limelight ook start takuitloop, Cambridge begint te komen
32	5-8	Start afkweek (Tetmaal naar 21.3°C via D/N 22/ 20°C)
42	12-10	In beide cellen 13 stuks open bloemen Lively geteld
43	19-10	In beide cellen 3 eerste bloemen Limelight open; telling Lively
	23-10	Eerste bloemen Ferrara open in beide cellen
44	26-10	Telling Cambridge en Limelight
45	2-11	Telling Limelight en Ferrara

2.4 Metingen en statistische analyse

Ter controle of de planten normaal functioneerden in de klimaatkamers, zijn fotosynthesemetingen uitgevoerd aan 'Lively' met de Li-6400 draagbare fotosynthesemeter. Door aan drie volgroeide, onbeschaduwde bladeren 24 uur lang de CO₂-opname en huidmondjesopening te meten konden het plantritme en de potentiële productiviteit worden vastgesteld.

Alle tellingen zijn uitgevoerd op het moment dat er aan een plant 2-3 'open' bloemen waren (een 'gebroken' knop werd als open bloem geteld). Dat garandeert een gelijk rijpheidsstadium bij telling, wat voorkomt dat het aantal getelde knoppen per bloemtak beïnvloed is door verschillen in rijpheid.

De volgende tellingen zijn gedaan aan iedere meetplant (N= 216 per behandeling per cultivar, verdeeld over vier blokken van 54 planten):

- Aantal bloemtakken
- Lengte bloemtakken
- Aantal bloemen (commercieel volgens veilingdefinitie >0.5 cm en botanisch)
- Aantal zijtakken
- Bladoksel waaruit de bloemtakken uitlopen

Zie verdere details over de telmethode in hoofdstuk 3.3.

Voor de statistische analyse van het percentage planten met verschillend aantal bloemtakken en het percentage vertakte planten is elke cultivar apart geanalyseerd met een gepaarde t-toets. Iedere plot werd daarin paarsgewijs vergeleken tussen controle en KD. Alle andere data (teeltduur, aantal bloemen en knoppen, taklengte en positie uitloop takken) zijn geanalyseerd met ANOVA met cultivar, behandeling en blok in het model (JASP versie 0.11.1).

3 Resultaten

3.1 Teeltverloop

Hieronder wordt een overzicht van foto's gegeven vanaf de start van de afkweekfase tot aan rijpheid bij de eindogst (Foto 2-5).

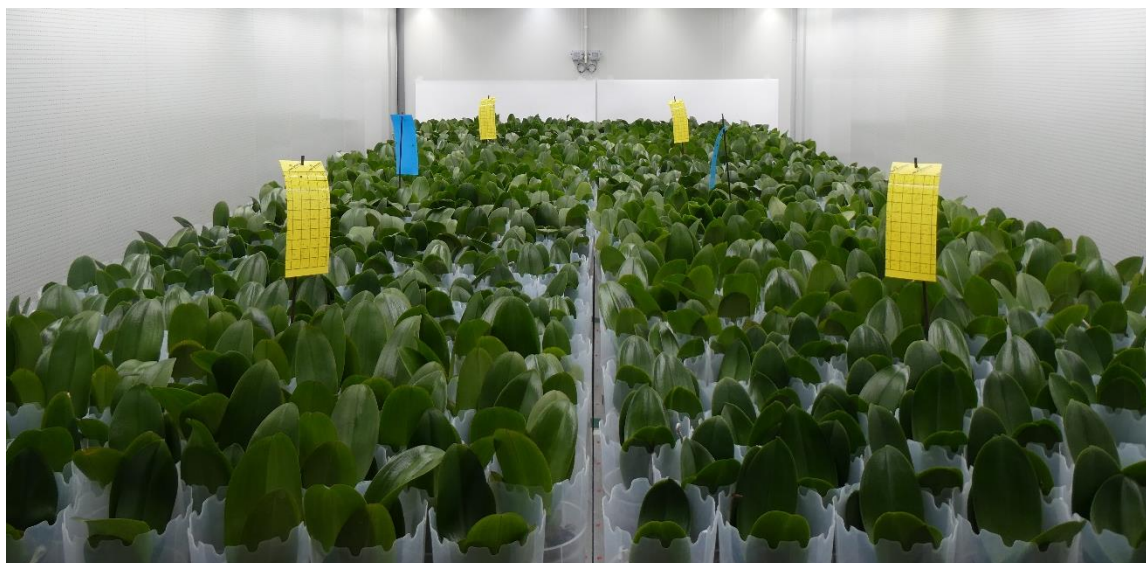


Foto 2. Start afkweek 5 augustus 2020.



Foto 3. Plantstadium 14 september 2020



Foto 4. Plantstadium 2 oktober 2020



Foto 5. Plantstadium rijp voor oogst 19 oktober 2020.

3.2 Fotosynthese in de afkweek

Tijdens de afkweek zijn er ter controle ook fotosynthese-metingen uitgevoerd om de CO₂-opname en het plantritme gedurende het etmaal te bepalen (Foto 6). De metingen vonden plaats aan cv. 'Lively'. In Tabel 4 en Figuur 3 weergegeven. Het gemeten patroon was naar verwachting: de huidmondjes sloten rond 2:00 (een uur na start dag-start CAM-fase III) en rond 13:00 gingen de huidmondjes weer open (start CAM-fase IV). De CO₂-opname over 24 uur is ook in lijn met eerder gemeten waarden (Hogewoning et al, 2021).

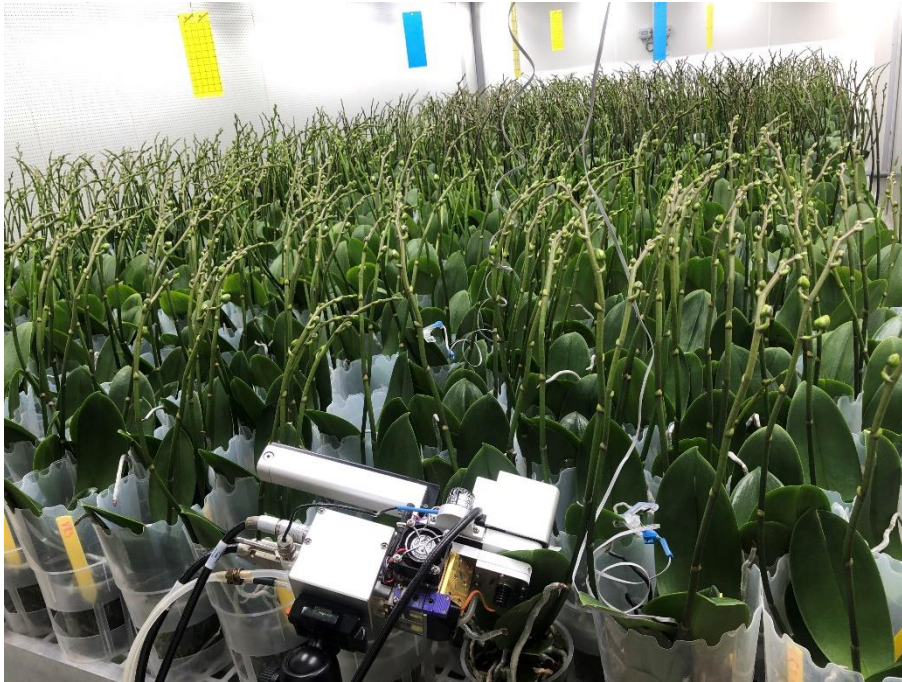
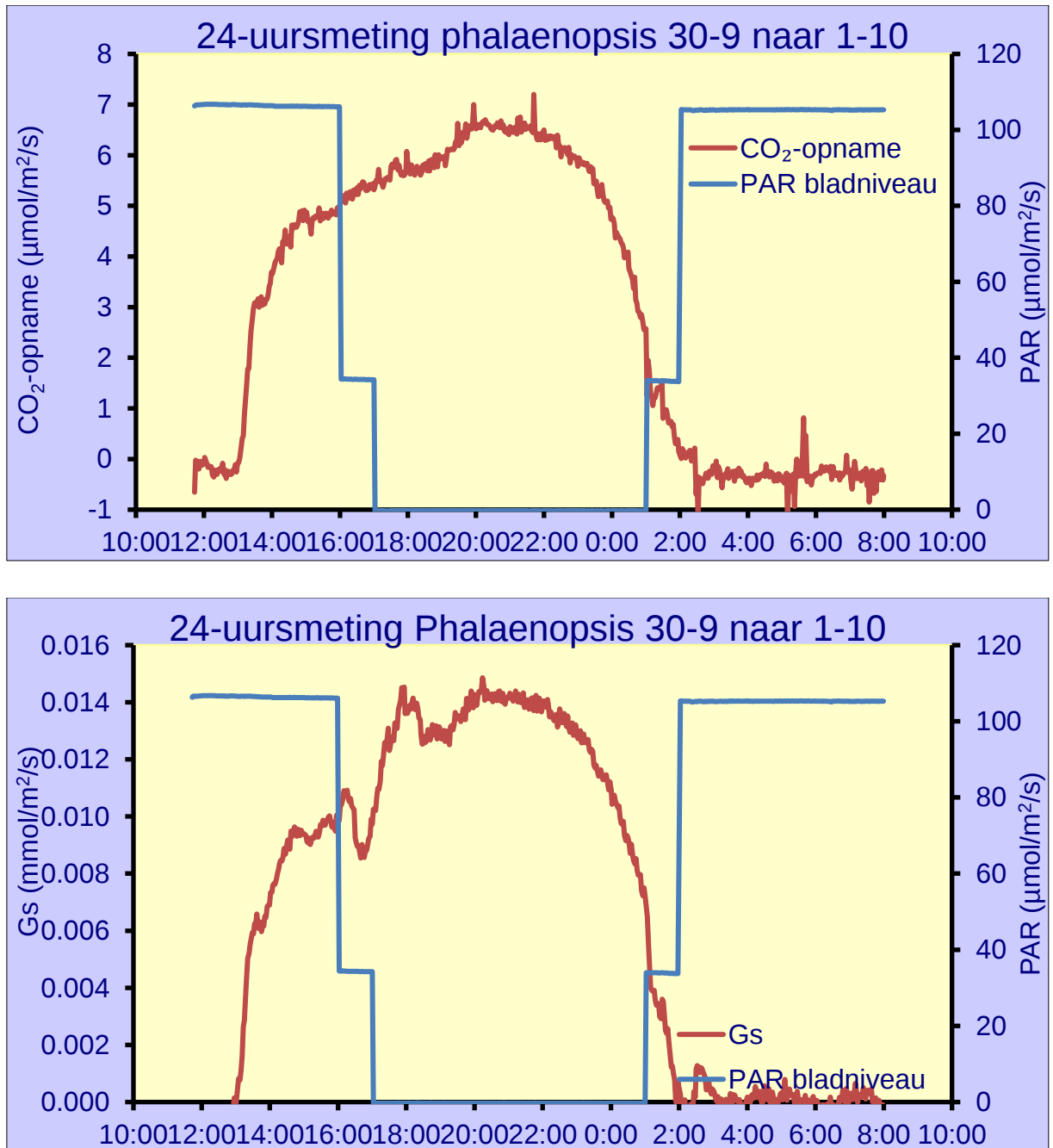


Foto 6. Metingen plantritme met de li-6400 draagbare fotosynthesemeter.

Tabel 4. CO₂-opname over 24 uur en bijbehorende parameters uitgesplitst naar de verschillende CAM-fasen (n=3).

parameter	waarde
CO ₂ -opname (mol CO ₂ 24-uur)	0.253
CO ₂ -opname (mol CO ₂ nacht, fase III)	0.177
CO ₂ -opname (mol CO ₂ , fase II+IV)	0.076
CO ₂ -opname (mol CO ₂ , fase IV)	0.072
CO ₂ -opname (mol CO ₂ , fase II)	0.004
lichtsom CAM-fase III bij gs=0 (mol/m ²)	4.2
som ETR totaal (mol e-)	1.4
som ETR niet gelimiteerd (mol e-) CAM-fase III	1.06
start CO ₂ -opname	12:46
eind CO ₂ -opname	2:04
CO ₂ -opname tijd per etmaal	13:17
Gsmax nacht	0.016



Figuur 3. Representatieve 24-uursmeting (van 30-9 naar 1-10) van de CO₂-opname (boven) en de huidmondjesopening (Gs; onder) aan *Phalaenopsis* cv. 'Lively'. De blauwe lijn geeft de lichtintensiteit aan in de meetcuvette, deze is lager dan de lichtintensiteit op het gewas overdag (150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) vanwege correctie voor de schuine bladhoek in de teeltvazen.

3.3 Teeltduur, aantal bloemtakken, en takkwaliteit

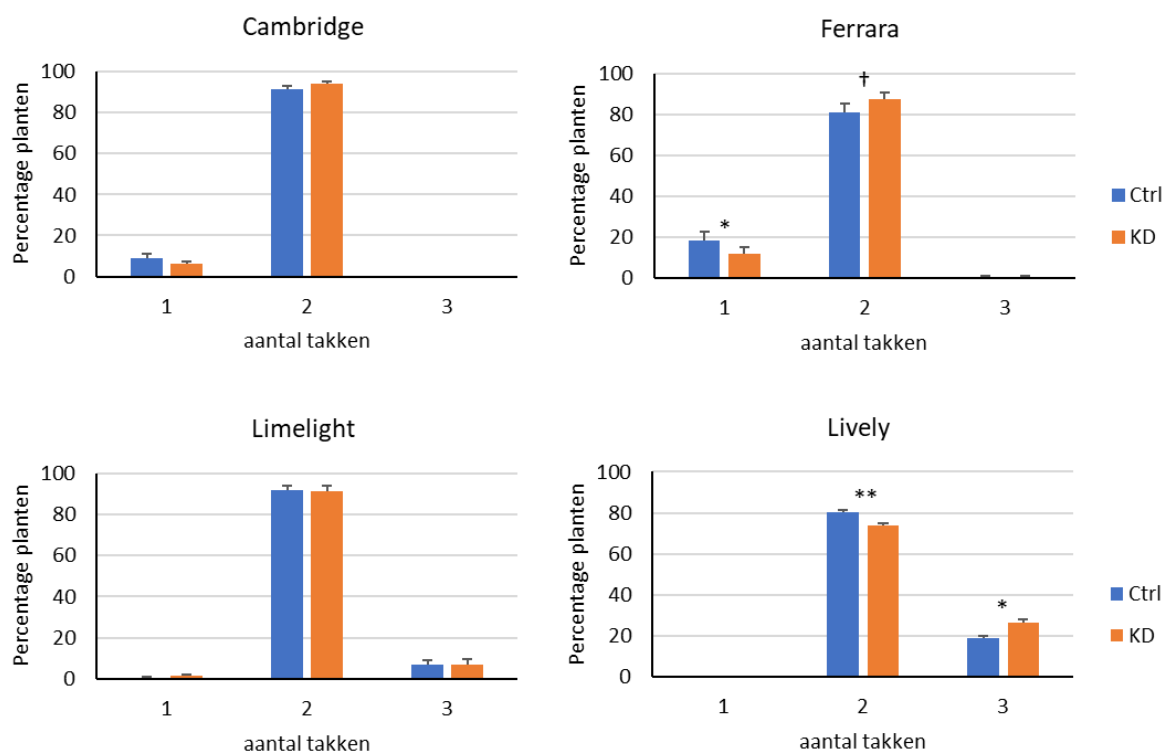
Aan het einde van de afkweek zijn het aantal bloemtakken, zijtakken en bloemknoppen geteld, en is de taklengte gemeten. Tevens is de bloemtakpositie vastgelegd: de bladoksel waaruit de takken komen. Dit bleek in de eerdere praktijkproeven uniformer plaats te vinden en uit dieperliggende bladoksels te komen (pers. mededeling van Floricultura). Het aantal bloemtakken, zijtakken en bloemknoppen is op twee manieren geteld: botanisch en commercieel volgens de veilingdefinitie (VBN, 2013). Bij de botanische telling zijn alle bloemtakken, zijtakken en bloemknoppen ongeacht grootte meegeteld. De veilingdefinitie komt samengevat op het volgende neer:

- Alleen bloemknoppen groter dan 0.5 cm tellen mee
- Takken met drie of meer bloemknoppen (>0.5 cm) tellen mee als tak, mits de lengte van de tak groter is dan de laagst zittende bloem(knop) van de voorgaande tak.
- Een plant is 'vertakt' als de plant tenminste 10 knoppen (>0.5 cm) heeft en er tenminste drie bloemknoppen (>0.5 cm) op de zijtakken zitten.

Een gesprongen knop werd als 'open bloem' aangemerkt (Foto 7).



Foto 7. Cambridge en Limelight in het telstadium: drie open bloemen per plant. NB gebroken knoppen (rechts bij Limelight) werden als open bloem gerekend.

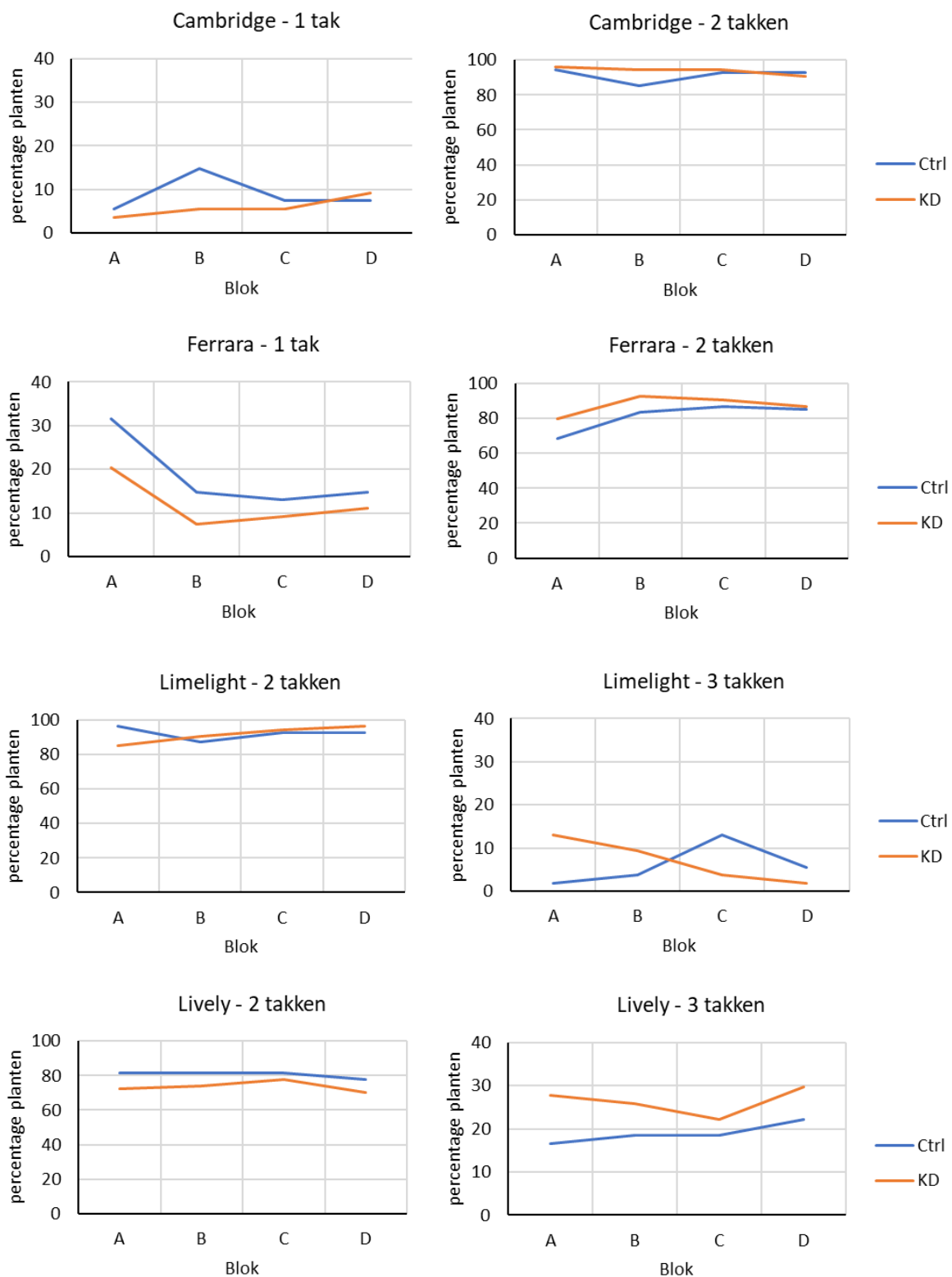


Figuur 4. Percentage planten met 1, 2 of 3 takken. ** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; † $P < 0.1$; gepaarde t -toets. Ctrl, controle; KD, korte dag in de opkweek. Data zijn gemiddelden van 4 blokken (54 planten/blok) met standard error.

Door de korte-dag-behandeling steeg het gemiddeld aantal bloemtakken per plant. Dit werd veroorzaakt door een verschuiving van 1-takkers naar 2-takkers in Ferrara, en door een verschuiving van 2-takkers naar 3-takkers in Lively (Figuur 4 en Tabel 5). Het percentage 1-takkers in Ferrara verminderde van 18.5% naar 12% en het percentage 2-takkers stegen navenant van 81% naar 87.5%. In Lively verminderden de 2-takkers van 80.6% naar 73.6% en steeg het percentage 3+-takkers van 19.4% naar 26.4%. In Cambridge vond een kleine afname in 1-takkers plaats van 8.8% naar 6% en een toename van 2-takkers van 91.2% naar 94%. Limelight reageerde niet op de behandeling.

Tabel 5. Percentage planten met verschillend aantal bloemtakken (Ctrl= controle 16 uur en KD= korte dag 12 uur belichting gedurende de laatste 8 weken van de opkweek). Voor statistische analyse zie Fig. 4.

Ras	Behandeling	1	2	3	4
Cambridge	Ctrl	8.8	91.2	0.0	0.0
	KD	6.0	94.0	0.0	0.0
Ferrara	Ctrl	18.5	81.0	0.5	0.0
	KD	12.0	87.5	0.5	0.0
Limelight	Ctrl	0.5	92.1	6.9	0.5
	KD	1.4	91.7	6.9	0.0
Lively	Ctrl	0.0	80.6	19.0	0.5
	KD	0.0	73.6	26.4	0.0



Figuur 5. Percentage planten met 1 of 2 takken (cv's Cambridge en Ferrara), en 2 of 3 takken (cv's Limelight en Lively). De blokken (A, B, C, D) verwijzen naar 4 de proefvakjes per cultivar per behandeling, met 54 planten per proefvakje. Let op: de schaal op de y-as is niet in iedere grafiek gelijk.

In Ferrara was er variatie tussen de 4 blokken (proefvakjes), maar in ieder blok was de trend hetzelfde dat 1-takkers verminderden en er meer 2-takkers werden gevormd in de korte dag behandeling (Figuur 5). In Lively was er een consistente afname van 2-takkers en toename van 3-takkers bij korte dag in alle blokken. Cambridge en Limelight waren meer variabel en in deze rassen werden dan ook geen statistisch significante effecten van de behandeling gedetecteerd.

Diverse kwaliteitsparameters zijn samengevat in tabel 5 en 6. De teeltduur vanaf koeling was sneller in drie van de vier rassen onder KD; dit verschil was echter hoogstens een dag. Het gemiddeld aantal open bloemen tijdens de telling verschilde nauwelijks tussen de twee behandelingen, wat duidt op een gelijke rijpheid per cultivar tijdens de metingen. Het aantal bloemknoppen is alleen geanalyseerd voor de planten met twee of meer bloemtakken. Immers, nadat bekend is wat het effect van de behandelingen op bloemtakuitloop is, is het vervolgens interessant om de kwaliteit van de meertakkers te beoordelen. Dit aantal bloemknoppen werd nauwelijks beïnvloed door KD.

Alleen Limelight toonde vertakking in ongeveer de helft van de planten. Het percentage vertakking was iets minder onder KD, maar statistisch niet significant (Tabel 6). Dus ondanks het feit dat de korte dag behandeling 8 weken lang aan het einde van de opkweek 1.8 mol PAR/m²/dag minder heeft gehad, is het aantal bloemknoppen per tak hierdoor niet beïnvloed.

Tabel 6. Teeltduur, bloei en vertakking bij de eind oogst van planten met 2 of meer takken (Ctrl= controle 16 uur en KD= korte dag 12 uur belichting gedurende de laatste 8 weken van de opkweek). Er wordt onderscheid gemaakt tussen commerciële (com) en botanische (bot) definities van een bloemknop. KD resulteerde in een kortere teeltduur vanaf koeling en meer open bloemen bij eind oogst (ANOVA; $P < 0.05$) en had geen invloed op de andere parameters. Het percentage vertakking is met een gepaarde t-toets op statistische verschillen getoetst.

Ras	Behandeling	teeltduur (dagen)	open bloemen (#)	totaal knoppen com (#)	totaal knoppen bot (#)	knoppen tak 1 hoofdkam com (#)	vertakt (%)
Cambridge	Ctrl	123.0	4.0	17.3	21.9	9.2	2.8
Cambridge	KD	122.8	4.1	17.2	21.9	9.2	0.9
Ferrara	Ctrl	131.3	2.7	14.4	20.5	7.4	0.0
Ferrara	KD	130.8	2.9	14.6	20.6	7.4	1.4
Limelight	Ctrl	127.8	2.9	18.7	26.5	7.9	54.6
Limelight	KD	126.9	3.1	18.9	25.9	8.0	51.4
Lively	Ctrl	118.7	3.7	16.6	20.6	8.0	0
Lively	KD	118.9	3.9	17.1	20.7	8.0	0
		**	**	ns	ns	ns	ns

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; ns niet significant; ANOVA.

Tabel 7. Uniformiteit en takpositie bij eind oogst van planten met 2 of meer takken (Ctrl= controle 16 uur en KD= korte dag 12 uur belichting gedurende de laatste 8 weken van de opkweek). De takpositie is het blad van waaruit de tak is uitgelopen en is bepaald door het aantal bladeren van bovenaf te tellen, waarbij een hartblad ≥ 5 cm als blad 1 werd geteld. Er waren geen statistisch significante verschillen tussen de behandelingen. Lengte tak inclusief pot (10.9 cm hoog).

Ras	Behandeling	gemiddelde lengte tak 1	gemiddelde lengte tak 2	verschil lengte tak1-2 (cm)	positie tak 1	positie tak 2
Cambridge	Ctrl	76.2	68.4	7.8	4.2	5.3
Cambridge	KD	76.6	69.5	7.9	4.2	5.2
Ferrara	Ctrl	67.3	61.7	5.7	4.2	5.2
Ferrara	KD	66.7	60.8	5.9	4.1	5.2
Limelight	Ctrl	69.5	64.9	4.6	4.4	5.4
Limelight	KD	69.4	65.0	4.4	4.4	5.4
Lively	Ctrl	71.2	68.1	3.2	4.7	5.7
Lively	KD	71.1	68.2	3.0	4.7	5.7
		ns	ns	ns	ns	ns

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; ns niet significant; ANOVA.

Het verschil in lengte van tak 1 en tak 2, als maat voor uniformiteit, werd niet significant beïnvloed door de korte dag behandeling (Tabel 7). De positie waar tak 1 en tak 2 gevormd werden was ook nagenoeg gelijk tussen controle en KD. Een mogelijk effect op uniformiteit en uitloop van bloemtakken vanuit dieperliggende oksels, zoals eerder in de praktijk geobserveerd, wordt dus door de huidige resultaten niet bevestigd.

3.4 Takuitloop ten opzichte van de praktijk

Op de websites van veredelaars Floricultura en Anthura zijn voor de gebruikte cultivars het percentage 2- en 3-takkers opgezocht (Tabel 8). In alle vier de gevallen ligt het proef-gemiddelde hoger dan die cijfers (vergelijk met Tabel 5) en is de plantkwaliteit dus hoger dan gemiddeld in de praktijk. Dit laat zien dat de planten eigenlijk nog te lang of bij een te lage temperatuur zijn gekoeld, ondanks de keuze voor een relatief korte koelperiode van 6 weken en een relatief hoge etmaaltemperatuur van 20.3°C. Hierdoor is het onderscheidend vermogen van de proef kleiner dan van tevoren ingeschat.

Tabel 8. Praktijkreferentie per cultivar: Lively en Limelight van veredelaar Floricultura en Cambridge en Ferrara van veredelaar Anthura.

	Lively	Limelight	Cambridge	Ferrara
kleur	wit	geel	wit	geel
vbn-nummer	114677	111233	112703	115442
potmaat	12	12	12	12
bloemgrootte (cm)	11	9	10	9
planthoogte inc pot (cm)	70	60	65	60
2-tak percentage	90%	85%	80%	70%
3-tak percentage	5%			

4 Algemene discussie en conclusies

4.1 Algemene discussie

Het hoofddoel van deze proef was om onder gecontroleerde omstandigheden aan te tonen of een kortere daglengte aan het einde van de opkweek zinvol is om bloemtakuitloop te stimuleren.

Er was één risico van tevoren bekend bij deze proef, namelijk dat vrijwel alle planten in allebei de behandelingen meerdere bloemtakken per plant zouden vormen. Om in de proef onderscheidend vermogen tussen de behandelingen te behouden is het van belang dat een substantieel aantal planten van in ieder geval één van de twee behandelingen minder dan het potentieel te behalen aantal bloemtakken zou vormen. Daarom is de koelingstemperatuur relatief hoog ingesteld op een etmaaltemperatuur van 20.3°C, en is relatief een korte periode van 6 weken gekoeld. Verder is er gekozen om met 27 weken na oppotten de koeling in te gaan. Dit is relatief aan de vroege kant, maar niet extreem. Te juveniele planten zijn niet gevoelig voor bloeisturing en te adulte planten zijn hypergevoelig voor bloemtakvorming.

Er bleken inderdaad weinig 1-takkers gevormd te worden in de controle-behandeling. Daarmee is het onderscheidend vermogen in deze proef kleiner dan verwacht. Desalniettemin trad er een statistisch significante vermindering van het percentage 1-takkers op door een korte dag in Ferrara en was er eenzelfde, maar niet significante, trend in Cambridge. In Lively, die geen enkele 1-takker vormde, was er een significante verschuiving van 2-takkers naar 3-takkers bij korte dag. Bij Limelight traden echter geen verschillen op. Mogelijk zou een nog hogere temperatuur tijdens de koeling, of een start van de koeling met iets oudere planten, kunnen resulteren in sterkere verschillen dan wat in deze proef is waargenomen. Blijkbaar resulteren de zeer stabiele omstandigheden in de klimaatkamer in een relatief hoog percentage meertakkers. Het zou interessant zijn om te toetsen hoe een stabiele temperatuur tijdens de koeling zich verhoudt tot een meer variabele temperatuur met eenzelfde etmaalgemiddelde, voor wat betreft het aantal bloemtakken dat per plant ontwikkelt. Als temperatuurvariatie met eenzelfde etmaalgemiddelde geen negatieve gevolgen heeft, dan biedt dat mogelijkheden om op een energiezuinigere manier te koelen.

Eerder onderzoek van Plant Lighting in samenwerking met WUR-Glastuinbouw; Dueck *et al*, 2014 & Kromwijk *et al*, 2017) heeft overtuigend laten zien dat bij voldoende diep koelen (etmaal 19°C) er een maximaal resultaat wordt behaald voor wat betreft bloemtakuitloop, en dat andere maatregelen ter bevordering van de takuitloop (zoals lichtspectrum) alleen een positief effect hebben als er minder diep gekoeld wordt. Met andere woorden: juist onder suboptimale omstandigheden lijken additionele maatregelen ter bevordering van de takuitloop zinvol.

Hoe dan ook is een positief effect op bloemtakuitloop door een kortere daglengte aan het einde van de opkweek altijd gunstig: ook al is het effect misschien niet altijd even groot, zijn er ook geen grote nadelen te bedenken. Vanuit het perspectief van energiebesparing liggen er meerdere voordelen of kansen:

- Door daglengteverkorting aan het einde van de opkweek kan een teler significant besparen op het aantal belichtingsuren. In deze proef is er 8 weken lang 1.8 mol PAR/dag minder gegeven (van 7.9 naar 6.1 mol PAR), terwijl dit geen negatief effect had op het totaal aantal bloemknoppen.
- Bewust minder koelcapaciteit gebruiken in de koeling gepaard met daglengteverkorting aan het einde van de opkweek lijkt mogelijk. Op deze manier kan energiebesparing gerealiseerd worden in de koelfase.
- In Kromwijk et al (2017) werd al opgemerkt dat daglengteverkorting *in de koelfase* feitelijk niets toevoegt bij een gelijke gewastemperatuur, maar dat dit wel energiebesparend kan werken omdat er in de praktijk energiezuiniger gekoeld kan worden bij een kortere dag. De koeling is effectiever onder een gesloten scherm. Dagverkorting in de koelfase in de zomer zal ook een lagere planttemperatuur in de hand werken, wat bij onvoldoende koelcapaciteit gunstig kan zijn voor het percentage meertakkers. Daglengteverkorting heeft dan de functie van een klimaat-beheersingsmaatregel en kan indirect via een lagere planttemperatuur mogelijk wel een positief effect geven. Hierbij moet wel de waarschuwing afgegeven worden dat de lichtsom zeker niet te laag mag worden. Vanuit de praktijk wordt aangegeven dat koelen bij een suboptimale temperatuur en een te lage PAR-som funest is voor het percentage meertakkers.

De korte dag behandeling had nauwelijks effect op de teeltduur. Deze voorsprong was maximaal een dag en is dus in praktische zin betekenisloos. Echter, door op deze manier bloemtakuitloop te stimuleren hoeft de koelperiode mogelijk minder lang te zijn, waardoor eerder op de iets hogere temperatuur van de afkweek-fase kan worden overgegaan. Dat zal ongetwijfeld de teeltduur versnellen.

4.2 Conclusie

Het verkorten van de daglengte tijdens de laatste 8 weken van de opkweek leidde tot de vorming van meer bloemtakken, met behoud van kwaliteit en uniformiteit, en een iets snellere teeltduur van maximaal 1 dag. Dit houdt in dat er elektra bespaard kan worden op het aantal uren belichting per dag in de opkweek, en in de zomer mogelijk ook bespaard kan worden op de koeling voor eenzelfde resultaat.

Referenties

- Blanchard MG, Runkle ES. 2006.** Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of Phalaenopsis orchids. *Journal of experimental botany* 57, 4043-4049.
- Dueck T, Trouwborst G, Hogewoning SW, Meinen E. 2016.** Can a high red: Far red ratio replace temperature-induced inflorescence development in Phalaenopsis? *Environmental and Experimental Botany*.
- Dueck T, Meinen E, Hogewoning SW, Trouwborst G, Pot CS. 2014.** Bloei & Stuurlicht bij Phalaenopsis: Bloei-inductie door stuurlicht spaart energie. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk, 36p.
- Hsiao YY, Pan ZJ, Hsu CC, Yang YP, Hsu YC, Chuang YC, Shih HH, Chen WH, Tsai WC, Chen HH. 2011.** Research on orchid biology and biotechnology. *Plant and Cell Physiology* 52, 1467-1486.
- Hogewoning SW, van den Boogaart SAJ, van Tongerlo E, Trouwborst G. 2021.** CAM-physiology and carbon gain of the orchid Phalaenopsis in response to light intensity, light integral, and CO₂. *Plant, Cell, and Environment*. *In press*.
- Jang S, Choi SC, Li HY, An G, Schmelzer, E. 2015** Functional characterization of phalaenopsis aphrodite flowering genes PaFT1 and PaFD. *PLoS ONE*, 10, 1-29.
- Kromwijk A., Kaiser E, Kempkes F, Dueck T, Trouwborst G, Hogewoning S.W, Van der Spek R. 2017.** Bloemtak-uitloop Phalaenopsis: Effect van temperatuur, lichtspectrum en daglengte, Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk
- Lopez RG, Runkle ES. 2004.** The Flowering of Orchids, A Reality Check. *Orchids*. March 2004, 196-203.
- Lopez RG, Runkle ES. 2005.** Environmental physiology of growth and flowering of orchids. *HortScience* 40, 1969-1973.
- Newton LA. 2008.** Effects of high temperature and plant growth regulators on vegetative growth and flowering of potted orchids. Msc-Thesis, Michigan state university, 172.
- Sailo, N, Deepak Rai and De, LC 2014.** Physiology of temperate and tropical orchids - An Overview. *International Journal of Scientific Research*, 3: 3-8.
- Sakanishi Y, Imanishi H, Ishida G. 1980.** Effect of Temperature on Growth and Flowering of Phalaenopsis amabilis. *Bulletin of the University of Osaka Prefecture. Ser. B, Agriculture and biology*. 1980, 32, p.1-9
- Su WR, Chen WS, Koshioka M, Mander LN, Hung LS, Chen WH, Fu YM, Huang KL. 2001.** Changes in gibberellin levels in the flowering shoot of Phalaenopsis hybrida under high temperature conditions when flower development is blocked. *Plant Physiology and Biochemistry* 39, 45-50.
- Trouwborst G, Hogewoning SW, Persoon S, de Jong A, Sanders J, van der Spek R. 2016.** Zuiniger met CO₂ bij gelijkblijvende of hogere productie: Phalaenopsis. *Plant Lighting B.V., Bunnik*, 37p.

- Trouwborst G, Hogewoning SW, 2017.** Phalaenopsis met minimale input: CO₂, licht en vocht naar gewasbehoefte. Deelrapport I: Plantenfysiologisch onderzoek op procesniveau. Plant Lighting B.V., Bunnik, 27p.
- Trouwborst G, Hogewoning SW, van der Spek R. 2017.** Minder belichten Phalaenopsis zonder productieverlies III: Maximale daglichtbenutting voor minimale belichting Phalaenopsis. Plant Lighting B.V., Bunnik. 52p.
- VBN. 2013.** Product specification, phalaenopsis in pots.
- Wang WY, Chen WS, Huang KL, Hung LS, Chen WH, Su WR. 2003.** The effects of daylength on protein synthesis and flowering in *Doritis pulcherrima*. *Scientia horticultrae* 97, 49-56.
- Yoneda K, Momose H, Kubota S. 1991.** Effects of daylength and temperature on flowering in juvenile and adult *Phalaenopsis* plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 60, 651-657.