

Phalaenopsis naar fossielvrij in de warme opkweekfase



Februari 2025

M.W. Bongers, L.W.M. Nooren & S.W. Hogewoning

Phalaenopsis naar fossielvrij in de warme opkweekfase

M.W. Bongers¹, L.W.M. Nooren² & S.W. Hogewoning¹

¹Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

²Delphy Improvement Centre B.V.

Violierenweg 3

2665 MV Bleiswijk

M.W. Bongers, L.W.M. Nooren, S.W. Hogewoning, 2025. Phalaenopsis naar fossielvrij in de warme opkweekfase. Plant Lighting B.V. 53p

Financiering en sponsoring:



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 2025 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 bijdragen vanuit de gewascoöperatie Potorchidee, Signify en Sendot. 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 deze uitgave.

1 Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
DANKWOORD.....	6
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODEN.....	9
2.1 Kasuitrusting.....	9
2.2 Plantmateriaal en tijdlijn proef	10
2.3 Proefopzet.....	10
2.4 Teelt en watergift.....	12
2.5 Klimaatstrategie.....	13
2.6 Metingen.....	17
2.7 Statistiek.....	18
3 GEREALISEERD KLIMAAT EN WATERGIFT	19
3.1 Kasklimaat en verwarming.....	19
3.2 Luchtvochtigheid.....	24
3.3 Belichting en schermgebruik.....	27
3.4 Watergift.....	30
4 RESULTATEN	31
4.1 Plantontwikkeling bij hoog en laag licht in de opkweekfase	31
4.2 Bloemtaktellingen.....	37
4.3 Gewasgezondheid	37
4.4 Teeltduur	41
4.5 Fotosynthese.....	42
5 DISCUSSIE	44
6 REFERENTIES	46
BIJLAGE I LICHTVERDELING.....	47
BIJLAGE II VOEDINGSSCHEMA	47
BIJLAGE III PLATTEGROND SENSOREN	48
BIJLAGE IV FOTO'S 16 WEKEN.....	49
BIJLAGE V FOTO'S 27 WEKEN.....	50
BIJLAGE VI FOTOSYNTHESE	52

Samenvatting

Phalaenopsistelers wensen een energiezuinigere teelt. De opkweekfase van deze belichte teelt duurt 28 weken in een kas die wordt verwarmd tot 29°C. Besparen op elektra voor belichting helpt, hoewel verwarming wel veruit de meeste energie vraagt in de opkweekfase. Besparen op belichting geeft ook mogelijkheden om ook te kunnen besparen op warmte. Met een lagere benodigde intensiteit belichting wordt opkweek op meerdere teeltlagen in de kas of zelfs een volledig daglichtloos teeltsysteem namelijk eerder rendabel. Echter, een lagere lichtsom in de opkweek moet dan niet ten koste gaan van de plantkwaliteit. De hypothese vooraf is dat minder belichten in de opkweekfase vooral ten koste gaat van wortelgewicht, wat niet tot minder bloemtakken of bloemen hoeft te leiden wanneer er in de daaropvolgende koel- en afkweekfase wel voldoende licht is.

Plant Lighting heeft dit in een proefkas samen met Delphy Improvement Centre onderzocht. De proef was een volledige teelt van week 42 (start opkweek) 2023 t/m week 36 2024 (einde teelt) met vier rassen. Tijdens de opkweekfase is de kas in tweeën gesplitst met aan beide kanten een dimbare LED-installatie gescheiden door een rolscherm. Er is gestuurd op een lichtsom van 4.0 (laag licht) en 5.8 (hoog licht) mol/m²/dag. Na 16 weken is een gedeelte van de planten gewisseld tussen laag en hoog licht en is groei en ontwikkeling gemeten. Na 27 weken is nogmaals gemeten en is het rolscherm opgetrokken. Vervolgens zijn alle planten gekoeld en afgekweekt bij een gelijke lichtsom van 7.5 mol/m²/dag om de gevolgen van de lichtsom tijdens de opkweek op het aantal bloemtakken en de plantkwaliteit te onderzoeken.

Na 16 weken opkweek was er geen verschil in scheutgewicht, maar wel 19% meer wortelgewicht bij de hoog licht. Na 27 weken opkweek was bij de hoog licht behandeling wel iets meer scheutgewicht (+9%) en maar liefst 34% meer wortelgewicht. Het effect van de lichtbehandelingen op de bladafsplitsing was klein: geen verschil na 16 weken en gemiddeld +3.3 en +3.5 blad voor respectievelijk laag en hoog licht na 27 weken. Hoog licht gaf ook een iets compactere bladvorm en meer wortels buiten de pot. Dat laatste is onwenselijk.

Belangrijker is de vraag wat de gevolgen daarvan zijn op de plantkwaliteit aan het einde van de teelt. Uit de bloemtaktellingen komt naar voren dat er iets minder 1-takkers zijn bij de planten opgekweekt onder hoog licht (2% 1-takker) dan onder laag licht (4% 1-takker). Twee of meer bloemtakken zijn wenselijk. Opkweek onder hoog licht resulteert ook in een forsere en zwaardere plant aan het eind van de teelt. De bloemtakken zijn zwaardere (+16%), langer (+2.8 cm) en hebben iets meer bloemen en knoppen (+1.3 knop) en zijtakken. De behandelingen waarbij na 16 weken opkweek is gewisseld tussen hoog en laag licht zitten daar in grote lijnen tussenin, waarbij van laag naar hoog licht net iets beter presteert dan andersom.

Of de voordelen van hoog licht in de opkweek voor de eindkwaliteit opwegen tegen de extra kosten voor belichting is een economische afweging. In de winter bij 1 mol/m²/dag aan daglicht in de kas moet voor de hogere lichtsom 60% meer belicht worden. Als alternatief kan minder belichting tijdens de eerste 16 van de opkweekfase een goede middenweg bieden.

Dankwoord

In dit rapport staan de resultaten van project 'Phalaenopsis naar fossielvrij in de warme opkweekfase', waarin het effect van de lichtsom op de groei en ontwikkeling van Phalaenopsis tijdens de warme opkweekfase is onderzocht. Dit onderzoek past in een onderzoekslijn die tot doel heeft op tot een duurzame, energiezuinige en op termijn fossielvrije teelt van Phalaenopsis te komen.

Dit onderzoek is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) en Glastuinbouw Nederland/ Stichting Kennis in je Kas (Kijk), en door de gewascoöperatie potorchidee. De belichting is gesponsord door Signify en Sendot heeft sensoren beschikbaar gesteld.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage in de BCO: Erwin van Vliet (Levoplant), Henri Buttermann (Pikoplant), Ruud Duijvestijn (Opti-flor), Menno Gobielle (Anthura), Adrie Smits (Floricultura), Paul Arkesteijn (Ludvig Svensson) en Leontiene van Genuchten (Signify). Signify wordt bedankt voor het beschikbaar stellen van de belichting. Erwin Gräfe (Sendot) wordt bedankt voor het beschikbaar stellen van sensoren. Levoplant wordt tevens bedankt voor het leveren van de planten voor het onderzoek. Astrid van der Helm (Glastuinbouw Nederland) wordt bedankt voor het coördineren van de BCO's. Onderzoekspartner Delphy Improvement Centre wordt bedankt voor de prettige samenwerking. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Marjolijn van Valkenhoef, Liesanne Wieleman, Dennis Medema en Robert Solleveld van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Februari 2025,

Sander Hogewoning

1 Inleiding

Phalaenopsis is een energie-intensieve belichte teelt op een relatief groot areaal (± 200 ha in 2022). Er liggen grote uitdagingen om dit gewas energiezuinig en in de toekomst rendabel fossielvrij te kunnen telen. De opkweek duurt 28 weken in een kas die wordt verwarmd tot 29°C . Die hoge temperatuur is nodig om voortijdige bloei (voortakken) te voorkomen. Daarna volgt de koelfase voor bloei-inductie ($\pm 19^{\circ}\text{C}$) en de afkweekfase ($\pm 21^{\circ}\text{C}$), wat veel elektra kost voor koeling in de zomer.

Voor een toekomstbestendige teelt van Phalaenopsis moet met minder energie geteeld gaan worden. Er zijn op gebied van energiebesparing de afgelopen jaren al belangrijke stappen gezet in navolging van verschillende onderzoeken. Zo wordt belichting in de praktijk door de meeste kwekers al aan het begin en het aan het einde van de dag gedimd. Dit omdat licht op die momenten niet goed benut wordt door Phalaenopsis vanwege de bijzonderheden van de fotosynthese van dit CAM-gewas (Hogewoning et al., 2021). Recent bleek met LED-belichting een goede Phalaenopsis geteeld te kunnen worden, wat met goede kas-isolatie niet meer warmte-input hoeft te vragen dan in een 'oude' praktijksituatie met SON-t (Bongers et al 2023, Hogewoning et al. 2022). En uit recent onderzoek in klimaatcellen komt naar voren dat de temperatuur overdag belangrijker is dan 's nachts om voortakken in de opkweek te voorkomen en voor behoud van een goede scheut-groei (Boonman et al. 2023). Uit dit laatstgenoemde onderzoek komt duidelijk naar voren dat een voldoende hoge temperatuur echt een randvoorwaarde is voor voldoende snelle groei van Phalaenopsis zonder voortakken. Dat maakt dat de warmtevraag in kassen fors zal blijven gedurende de warme opkweek fase.

Met LED is het aandeel elektra voor belichting nog geen 10% van de totale jaarrond energievraag in de opkweek van Phalaenopsis (Hogewoning et al. 2022). In de opkweek bij 29°C vraagt verwarming dus veruit de meeste energie. Vanuit die gedachte lijkt besparen op verwarming interessanter dan besparen op belichting in deze teeltfase. Echter, besparen op belichting opent wellicht wel mogelijkheden om ook te kunnen besparen op warmte:

Ten eerste wordt met een lagere benodigde intensiteit belichting opkweek in een daglichtloos teeltsysteem eerder rendabel. Daglichtloos telen en telen met meerdere teeltlagen (in een kas of daglichtloos) bespaart veel warmte, maar vraagt wel jaarrond belichting. Als de investeringen en het elektragebruik voor belichting beperkt blijven, dan wordt zo'n warmtebesparend teeltsysteem eerder economisch rendabel.

Ten tweede biedt een lagere lichtsom in de opkweek (elektrabesparing) wellicht kansen om met een lagere nachttemperatuur te kunnen telen (warmtebesparing) zonder dat (onwenselijke) voortakken ontstaan in de opkweek. Het is in de praktijk bekend dat een lagere lichtsom in de opkweek minder voortakken geeft.

Echter, een lagere lichtsom in de opkweek moet dan niet ten koste gaan van de groei en plantkwaliteit. Recente onderzoeken hebben aangetoond dat Phalaenopsis onder LED in de winter bij een relatief hoge lichtsom voor die teelt ($5.8 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$), relatief veel assimilaten

naar de wortels alloceert (~55%), terwijl aan planten van dezelfde leeftijd uit een kasteelt in de praktijk in de zomer een vergelijkbaar scheutgewicht gemeten is, maar een veel lager wortelgewicht (Bongers et al. 2023). Waarbij de vraag zich opdringt of dat extra wortelgewicht een doel dient, of dat met minder wortelgewicht een even goede eindkwaliteit gerealiseerd kan worden.

Doel onderzoek

De kennisvraag in het hier gerapporteerde onderzoek is wat het effect is van de lichtsom tijdens de opkweekfase van Phalaenopsis. Daartoe wordt Phalaenopsis gedurende 28 weken opgekweekt bij twee lichtsommen (4.0 en 5.8 mol/m²/dag). Groei, scheut- en wortelgewicht worden gemeten. Na de opkweekfase worden alle planten onder gelijke omstandigheden bij een lichtsom van 7.5 mol/m²/dag afgekweekt. Er wordt gemeten of de lichtsom tijdens de opkweek gevolgen heeft voor het aantal bloemtakken en de plantkwaliteit in de afkweekfase daarna.

2 Materiaal en methoden

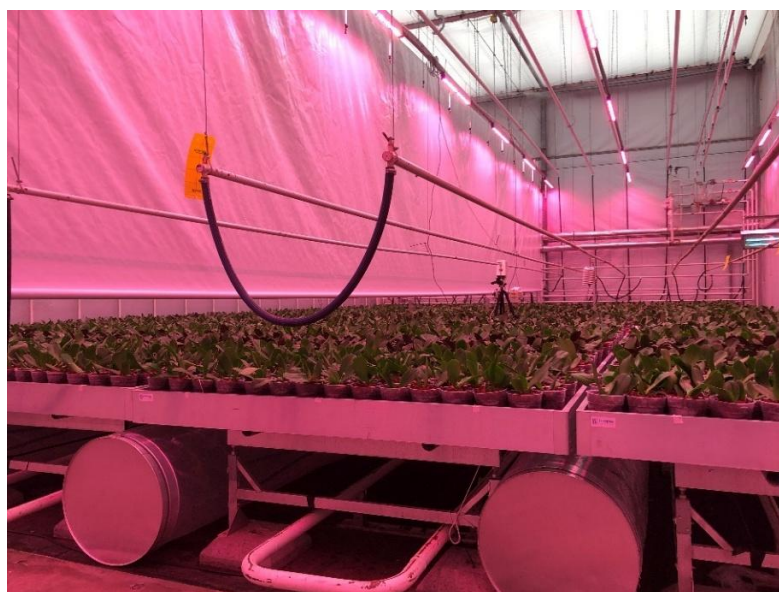
Van 20 oktober 2023 (week 42) tot 06 september 2024 (week 36) is een proef uitgevoerd met *Phalaenopsis* vanaf net opgepot tot bloei. De proefkas bij Delphy Improvement Centre in Bleiswijk (kas 10.2) heeft een bruto teeltoppervlakte van 150 m² (5 roltafels). Deze afdeling is in tweeën gedeeld door een rolscherm. Gedurende de opkweekfase is aan een kant van het scherm gestuurd op een dagelijkse lichtsom van 4.0 mol/m² en aan de andere kant van het scherm op 5.8 mol/m². Vanaf een week voor het einde van de opkweekfase is zonder rolscherm verder geteeld en werd dus in de hele kas een gelijke lichtsom gerealiseerd. Daarna werd de koelfase gestart en zijn de planten afgekweekt totdat ze veilingrijp waren. Groei en ontwikkeling zijn een op aantal momenten gemeten en aan het eind is het aantal bloemen en takken geteld (zie details onder). Hierdoor is het mogelijk om te bepalen wat het effect is van de lichtsom in de opkweekfase op de eindkwaliteit.

2.1 Kasuitrusting

De kasuitrusting was hetzelfde als het jaar ervoor (Bongers et al. 2023): een 32 mm groeibuis boven het gewas, ventilatie onder de gaastafels met slurven, en 4 schermen op 3 dradenbedden:

- Bovenste dradenbed: Verduisteringsscherm (10070 FR WB+B)
- Middelste dradenbed: Energiescherm (Luxous 1147 FR)
- Onderste dradenbed: Diffuus scherm (Harmony PARperfect 2047 FR) & Alu-scherm

De LED-belichting (R86%-G6%-B8%, Signify) was apart dimbaar aan de linker- en rechterkant van de kas. De twee kashelften waren tijdens de opkweekfase gescheiden door een rolscherm. De lichtverdeling was goed (Bijlage I Lichtverdeling) en de belichtingsconfiguratie is aan het eind van de opkweekfase aangepast, zodat licht ook goed verdeeld was na verwijdering van het rolscherm.



Figuur 2-1 Kasuitrusting met links van het scherm opkweek bij lage lichtsom en rechts bij hoge lichtsom.

2.2 Plantmateriaal en tijdlijn proef

De volgende cultivars zijn geteeld; Leeds, Nottingham (beide van Anthura), Miraflore en Joyride (beide van Floricultura). Een aantal van deze cultivars zijn dezelfde als in eerdere recente proeven om vergelijking mogelijk te maken.

Het verloop van de proef in hoofdlijnen is weergegeven in Tabel 2-1. In week 42 (2023) zijn planten bij Opti-Flor opgepot in 12 cm potten met bark (Lensli fractie 1 + 1.5 kg/m³ spaghnum) en in de proefkas geplaatst met een dichtheid van 82.4 planten/m². In week 07 (2024) na ruim 16 weken opkweek zijn de planten op ruimte gezet met een dichtheid van 61.2 planten/m². Een week voor het einde van de opkweekfase zijn de planten opnieuw op ruimte gezet van 61.2 naar 49.4 planten per m² in teeltvazen, en die plantdichtheid is tot het einde van de proef behouden.

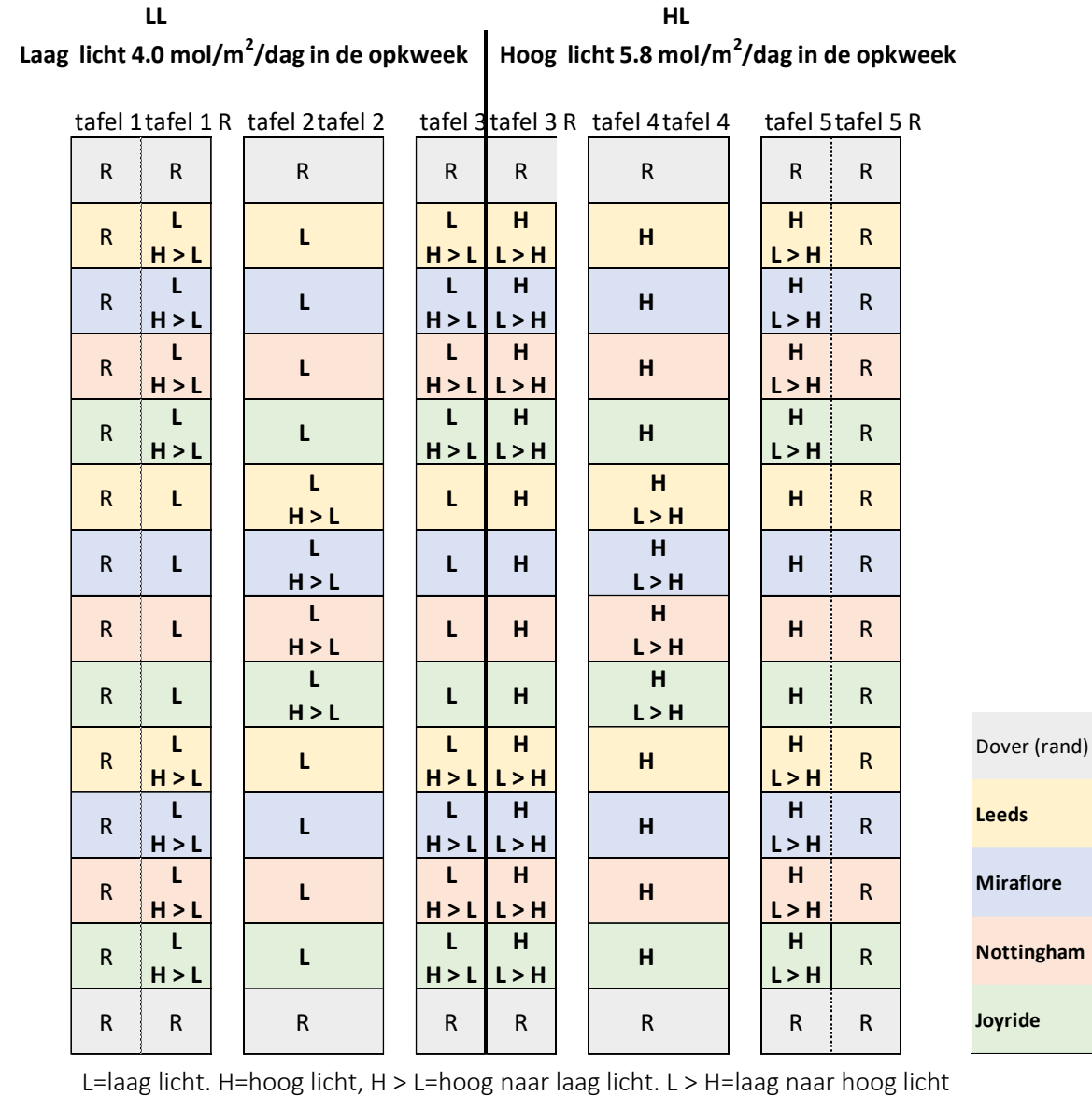
Tabel 2-1 Tijdlijn van de proef.

Datum	Weken na start	Gebeurtenis
20-10-2023	0	Start proef bij 2 lichtsommen na oppotten Opti-Flor
7-11-2023	2.6	Planten gelabeld t.b.v. bladafsplitsing
07-02-2024	15.7	Tussentijdse oogstmeting na 16 weken opkweek
13-02-2024	16.6	Start opkweek 2: Uitzetten van 82.4 → 61.2 planten per m ² Wisselen deel planten tussen lichtbehandelingen Krijten met Redusol
24-04-2024	26.7	Oogstmeting na 27 weken opkweek
29-04-2024	27.4	Uitzetten van 61.2 → 49.4 planten per m ² in vazen. Rolscherm weg en gelijke lichtsom 5.8 mol/m ² /dag.
06-05-2024	28.4	Einde opkweek en start koeling, Opbouw lichtsom tot 7.5 mol/m ² /dag in 2 weken
24-06-2024	35.4	Einde koeling
26-08-2024	44.4	Start bloemtaktelling
06-09-2024	46.0	Einde proef

2.3 Proefopzet

De proefkas met daarin 5 roltafels is in twee helften verdeeld tijdens de opkweekfase door een rolscherm in het midden (zie foto en plattegrond figuur 2-1 en figuur 2-2). De roltafels zijn 170 cm breed en opgedeeld in vakken van 100 strekkende centimeter. De vier rassen zijn over die vakken verdeeld. Aan de randen van de teeltoppervlakte zijn randplanten aangehouden, aangegeven met R op de plattegrond. Planten langs de randen van iedere teelttafel en twee rijen planten aan elke kant van het rolscherm zijn ook als randplanten behandeld (niet aangegeven op plattegrond Figuur 2-2). Links van het scherm werd tijdens de opkweek een lichtsom van 4 mol/m²/dag gehanteerd en rechts 5.8 mol/m²/dag. De planten in de vakken op de plattegrond aangegeven met L (laag) en H (hoog) bleven de gehele teelt in hetzelfde vak

staan (Figuur 2-2). De planten in de vakken waarbij L>H en H>L is toegevoegd, zijn na 16.6 weken opkweek van lichtbehandeling gewisseld, waardoor uit deze proef ook naar voren komt of een hogere dagelijkse lichtsom meer effect heeft in de eerste of juist in de tweede helft van de opkweekfase.



2.4 Teelt en watergift

Het moment van watergift werd bepaald op basis van de aanblik van het substraat en de wortels. Hierbij werd het advies gevolgd van de telers van de begeleidingscommissie. Met behulp van planten op twee loadcellen werd gecontroleerd dat bij een vergelijkbaar potgewicht gegoten werd. Er werd een groot gedeelte van de teelt gegoten met 16 L/m² waarvan 14L voeding en 2L naspoelen met schoon water (zie details in hoofdstuk 3.4). Hieraan werd uitvloeier motto toegevoegd. De watergift en voeding (EC 1.0 en pH 6.0, pH 6.5 vanaf 30-05-24) was gelijk tussen hoog en laag licht (zie Bijlage II Voedingsschema). Dit werd ook bevestigd door de metingen van het potgewicht met de loadcellen. Er werd vrijwel altijd aan het begin van de werkdag (rond 7:00 uur in de ochtend) gegoten. Vanaf het begin van de koeling werd er rond 10:00 uur gegoten om het risico op koelschade te verminderen.

Bij de planten aan de rand vooraan en achteraan viel op dat er veel uitval door schimmel was, waarschijnlijk door *Rhizoctonia*. Dit was veel minder het geval bij de overige vakken waarin de meetplanten stonden, hoewel ook bij de meetplanten uitval is gemeten. Potworm (*Lyprauta* muggen) werden weggevangen met vanglampen.

2.5 Klimaatstrategie

De 28 weken durende opkweekfase viel grotendeels in de winterperiode van 2023-2024 (week 42-17). In deze fase waren er twee lichtbehandelingen door het rolscherm in het midden van de kas. De koel- en afkweekfase, waarin in de hele kas eenzelfde lichtsom werd aangehouden (geen rolscherm en gelijke sturing lampen), viel in het voorjaar en in de zomer (week 18-36). De groeibuis boven het gewas ging alleen aan bij warmtevraag. Aan het eind van de afkweek in week 30 (25-7-2024) is een minimumbuis ingesteld in de nacht van 45 °C, vanwege te langzame afdroging van het substraat. De luchtverplaatsing via de slurven onder de gaastafels was 38 m³/m²/uur bij 100% ventilatorstand.

2.5.1 Klimaatstrategie opkweekfase

De eerste vier dagen is er gestuurd op 4 mol/m²/d (=de lage lichtsom) aan beide kanten van het scherm, met maximaal 85 µmol/m²/s belichting en een maximale lichtintensiteit (zonlicht + LED belichting) van 150 µmol/m²/s om de planten na oppotten te laten acclimatiseren. Daarna zijn de behandelingen gestart met een lichtsom van 5.8 mol/m²/s (hoog) en 4.0 mol/m²/s (laag). De belichting is aangepast aan de CAM-fases, waarbij in CAM-fase III wanneer *Phalaenopsis* het licht goed benut voor assimilatie, het meest belicht is (Tabel 2-2). De streeftemperatuur was 29°C gemiddeld. Hiervoor werd een stooklijn gehanteerd van 29 °C in de nacht en 30 °C overdag. Raamopening van de luwe zijde startte bij 30 °C en de windzijde bij 31 °C. Voor de schermen is een vergelijkbare instelling gehanteerd als in de eerdere energiebesparingsproef (Tabel 2-4 Bongers et al, 2023). Het verduisteringsscherm opende alleen bij voldoende instraling (>60W). Om te voorkomen dat de teelt daglichtloos wordt gaat deze wel altijd open van 10:30 tot 15:00 uur. Bij de eerdere proef was dit 11:00 tot 14:00, maar in deze proef er is gekozen om het scherm langer open te houden om niet de grenzen op te zoeken in hoeveelheid daglicht. Immers, het hoofddoel van de huidige proef is het vergelijken van twee lichtsommen en niet het demonstreren van een energiezuinige teelt.

De opkweekfase liep van week 42 in 2023 tot en met week 18 in 2024. In het voorjaar neemt de lichtsom van het zonlicht gaandeweg toe. Dit terwijl de winterperiode met een hoog aandeel LED-belichting voor het onderzoek het meest interessant is. In de praktijk zijn alle teeltfases tegelijkertijd naast elkaar aanwezig. Dit maakt het interessant om de hele opkweek in een wintersituatie plaats te laten vinden. Daarom is ervoor gekozen om de winterperiode kunstmatig te verlengen door zonlicht weg te schermen. Hiervoor werd er gestuurd op een lichtsom van zonlicht van 1 mol/m²/d. Dit is gedaan door vanaf 22 februari het Harmony schaduw scherm niet meer te openen. Vanaf 10 april werd ook het Obscura verduisteringsscherm gebruikt om licht weg te schermen. Verder is er in week 7 gekrijt met Redusol.

Tabel 2-2 Dagschema belichting + daglicht tijdens de opkweekfase met dagsom 3.9 (laag) en 5.8 (hoog) mol/m²/dag.

CAM-fase	Tijd van	Tijd tot	Uren fase	Max intensiteit belichting hoog (μmol/m ² s)	Max intensiteit belichting laag (μmol/m ² s)	Max intensiteit belichting + buitenlicht (μmol/m ² /s)
I	18:00	4:00	10	0	0	0
II	4:00	5:00	1	30	30	30
Overgang II -III	5:00	6:00	1	60	60	60
III	6:00	15:00	9	141	85	250
IV (1)	15:00	17:00	2	50	50	200
IV (2)	17:00	18:00	1	30	30	150

Tabel 2-3 CO₂ en RV tijdens de opkweekfase, de koelfase en de afkweekfase. (NB na de opkweek zijn de tijden afhankelijk van uren voor zon op)

CAM-fase	Tijd van	Tijd tot	Uren fase	CO ₂ (ppm)	RV
I	18:00	4:00	10	800	70-75%
II	4:00	5:00	1	800	70-75%
Overgang II -III	5:00	6:00	1	uit	50-75%
III	6:00	15:00	9	uit	50-75%
IV (1)	15:00	17:00	2	800	70-75%
IV (2)	17:00	18:00	1	800	70-75%

Tabel 2-4 Schermsturing tijdens de opkweekfase.

Scherf	Open	Dicht
Obscura verduisteringsscherf	40 minuten na zon op bij T _{buiten} > 7 °C. of >60 Watt/m ² . Altijd open van 10:30 tot 15:00 uur.	<60 W/m ² vanaf 2 uur voor zon onder. Van 7 maart tot 10-april bij 300 watt naar 50% (zie ook Tabel 2-5).
Luxous 1147 FR (energiescherf)	T _{buiten} <1°C onder stooklijn (dus altijd dicht in winter)	T _{buiten} >1°C onder stooklijn
Harmony PARperfect	>20°C T _{buiten} of >200 Watt/m ² Na 22-2-2024 niet meer open op straling t/m einde opkweek	Tot 13-11-2023 ochtend i.p.v. van alu doek bij instraling >30W Daarna vaste tijd om 09:15 uur.
Alu donkerscherf	Tot 13-11-2023 bij instraling >30W in ochtend wisselen voor Harmony. Daarna vaste tijd om 09:15 uur. Altijd open van 10:30 tot 15:00 uur	17:00 wisselen met Harmony T _{buiten} -8°C

Tabel 2-5 Vanaf 10 april-2024 tot einde opkweek sloot het Obscura verduisteringsscherf, dat samen met een gesloten Harmony scherf goed de daglichttransmissie in de kas kan regelen (PARperfect systeem), volgens volgende schema:

200 watt	30%
300 watt	60%
400 watt	70%
Na 15:00 uur	dicht

2.5.2 Klimaatstrategie koelfase en afkweekfase

Aan het einde van de opkweek zijn de planten 27.5 weken na oppotten op ruimte gezet. Vanaf dit moment zijn de lichtbehandelingen gestopt en is een gelijke lichtsom van 5.8 mol/m²/dag aangehouden in beide helften van de kas. Dit om de planten te laten acclimatiseren aan meer licht tijdens de koelfase. Zeven dagen daarna is de koelfase gestart. Aan het begin van de koeling is de etmaaltemperatuur over een periode van 2 weken geleidelijk verlaagd van 19.8 °C naar 19.1 °C (Tabel 2-7). De planttemperatuur mocht overdag niet boven de 20 °C uitkomen en in de nacht niet lager dan 18.5 °C. Bij een planttemperatuur van boven de 20 °C werd de streeftemperatuur van de koeling met 0.5 °C verlaagd. De gewenste lichtsom was 7.5 mol/m²/s, waar gedurende de eerste 2 weken geleidelijk naartoe opgebouwd is. Tijdens de koelfase is het klimaat geregeld op uren voor zon onder in plaats van vaste belichtingstijden (Tabel 2-6).

De schermstrategie was erop gericht om efficiënt te koelen en om maximaal gebruik te maken van daglicht zonder schade op te lopen (Tabel 2-9). Voor efficiënte koeling wordt als er gekoeld wordt het energiedoek gesloten. Om de daglicht-intensiteit te regelen wordt eerst het Harmony schaduwdoek gesloten en bij een hogere instraling het Obscura verduisteringsscherm geleidelijk gesloten om te veel daglicht weg te schermen. Als de gerealiseerde lichtsom te laag bleef dan werd het verduisteringsscherm minder gesloten.

Voor de regeling van de luchtvochtigheid is er gekierd in de nacht. Hierbij moet vanaf 1 uur voor zon op tot 14 uur voor zon onder het verduisteringsdoek wel dicht om wel 14 uur daglengte aan te houden.

Gedurende de afkweekfase werd het streefetmaal weer iets verhoogd naar 21°C (Tabel 2-8, Figuur 3-2). Er werd een groter verschil in dag-nacht temperatuur geaccepteerd, waarbij in de temperatuur in de nacht wat meer mocht wegzakken. Overdag kan dan de temperatuur wat oplopen door instraling (Figuur 3-2).

Om de lagere etmalen tijdens de koel- en afkweekfase te halen met de stijgende buitentemperatuur, werd er gebruik gemaakt van een koelunit (Alfa) van 51 kW. Als er gekoeld werd ging er altijd 1 scherm dicht om efficiënter te koelen. Hierdoor kon boven het gesloten scherm wel geventileerd worden.

Tabel 2-6 Dagschema belichting + daglicht tijdens de koel- en afkweekfase. Er is gestuurd op een lichtsom van 7.5 mol/m²/dag, bij start van de koelfase is de lichtsom geleidelijk opgebouwd van 5.8 naar 7.5 mol/m²/dag in 2 weken.

CAM-fase	Vanaf uren voor zon onder	Tot uren voor zon onder	Uren per fase	Maximum intensiteit belichting (μmol/m ² /s)	Minimum lichtintensiteit (μmol/m ² /s)	Max. intensiteit belichting + buitenlicht (μmol/m ² /s)
I	0	14	10	0	0	0
II	14	13	1	30	30	30
Overgang II -III	13	12	1	60	60	100
III	12	03	9	141	60	250
IV (1)	03	01	2	50	50	200
IV (2)	01	0	1	30	30	150

Tabel 2-7 Temperatuurinstellingen koelfase met streefetmaaltemperatuur 19.1 °C (eerste 2 weken vanaf start koelfase iets hoger setpoint).

CAM-fase	Tijd	Vanaf uren voor zon onder	Tot uren voor zon onder	Stooktemperatuur	Ventilatieterminatuur	Koeltemperatuur
I	Nacht	0	14 (volgende dag)	19.0 °C	19.3 °C	19.5 °C
II t/m IV	Dag	14	0	18.5 °C	19.0 °C	19.5 °C

Tabel 2-8 Temperatuurinstellingen afkweek met streefetmaaltemperatuur 21 °C.

CAM-fase	Tijd	Vanaf uren voor zon onder	Tot uren voor zon onder	Stooktemperatuur	Ventilatieterminatuur	Koeltemperatuur
I	Nacht	0	14 (volgende dag)	18 °C	18.5 °C	
II t/m IV	Dag	14	0	21.5 °C	22 °C	

Tabel 2-9 Schermstrategie in de koel- en afkweekfase.

Scherf	Dag (14 uur voor zon onder tot zon onder)	Nacht (na zon onder)
Obscura verduisteringsscherf	Dicht van 300-700W op respectievelijk 0-30% (regelen lichtintensiteit). Wanneer 250 µmol op PAR sensor bereikt is, 10% verder dichttrekken. Verder open als PAR som te laag is. Dicht: <60 W/m ² vanaf 2 uur voor zon onder.	Vanaf 72% RV 0% kier oplopend tot 3% kier bij 74% RV. 1 uur voor zon op – 14 uur voor zon onder 0% kier → moet dicht om daglengte te behouden.*
Luxous 1147 FR energiescherf	Bij koeling dicht Zonder koeling open bij: >20C buiten >75W buiten	Dicht: Zon onder – 1 uur voor zon op. Vanaf 70% RV 0% kier oplopend tot 3% kier bij 72% 1 uur voor zon op – 14 uur voor zon onder 10% kier.*
Harmony PARperfect schaduwdoek	>200W dicht (100W overlap met energiedoek.	Open, zelfde dradenbed als alu-scherf.
Alu scherf donkerdoek	Open, zelfde dradenbed als Harmony PARperfect.	Vanaf 71% RV 0% kier, oplopend tot 3% kier bij 73% RV. 1 uur voor zon op – 14 uur voor zon onder 10% kier.*

*) In deze periode mocht verduisteringsscherf boven het energiescherf niet meer kieren om wel 10 uur donkerperiode aan te houden aan te houden. Andere schermen kieren wel voor vochtafvoer.

2.6 Metingen

Er zijn destructieve metingen gedaan bij de start, tijdens de opkweekfase na 16 weken en 27 weken opkweek, en aan het einde van de afkweek. Aan het einde van de afkweek zijn ook tellingen aan bloemtakken en knoppen gedaan. Plantgewicht is in totaal aan maar liefst 1980 planten gemeten. Welke onderdelen wanneer zijn gemeten en het aantal herhalingen is weergegeven in tabel 2-10. Voor het wortelgewicht zijn de wortels voorzichtig van de bark gescheiden. Voor bepaling van het aantal bladeren dat er gedurende de proef bijgegroeid is (bladafsplitsing) is 18 dagen na start van proef het laatste volgroeide blad gelabeld. De bladeren die er daarna bijgegroeid zijn, zijn geteld. Aan het eind van de teelt is de uitval geregistreerd door het aantal ontbrekende planten te bepalen, daarnaast zijn planten met schimmelproblemen, waarschijnlijk Rhizoctonia, genoteerd.

Tabel 2-10 Aantal planten per behandeling per cultivar waaraan plantgewicht (scheut en wortel), aantal bladeren, en bladlengte & bladbreedte is gemeten. Bij start waren er nog geen verschillende behandelingen, na 16 weken waren er 2 behandelingen (hoog en laag licht) en na 27 weken en bij einde afkweek waren er 4 behandelingen (hoog en laag licht, en de wisselbehandelingen (L>H en H>L). Tussen haakjes staat het totale aantal meetplanten dat resulteert uit de meetplanten x aantal behandelingen x 4 cultivars, wat alles bij elkaar 1980 meetplanten zijn.

Meetmoment	Scheut en wortel-gewicht (vers- en drooggewicht)	Wortelgewicht buiten de pot (vers- en drooggewicht)	Aantal bladeren	Bladlengte en bladbreedte
Start geen behandeling	15 (60)			
16 weken twee behandelingen	72 (576)*		51 (408)	24 (192)
27 weken vier behandelingen	48 (768)*	24 (384)*	48 (768)	24 (384)
Einde afkweek vier behandelingen	36 (576)*			18 (288)

**) per 2 planten gesampled.*

Aan het eind van de afkweek zijn daarnaast bloemtaktellingen gedaan aan minimaal 183 en maximaal 200 planten per behandeling per cultivar (afhankelijk van uitval, 3132 meetplanten in totaal). De bloemtaktellingen en destructieve metingen zijn gedaan bij een zo gelijk mogelijke rijpheid voor alle behandelingen en cultivars, waardoor de metingen over een periode van enkele weken zijn uitgevoerd. Hieruit volgt ook de gemiddelde teeltduur per cultivar per behandeling. Het criterium 'meetrijp' was minimaal 2 open bloemen per tak. Dit resulteerde in gemiddeld 3.3 open bloemen per plant bij de tweetakkers.

Bij de bloemtaktellingen zijn de volgende aspecten gemeten:

- Taklengte, vanaf onderkant pot tot stopper (zie figuur 2-3).
- Aantal takken commercieel en botanisch. Tak telt niet als commercieel, maar wel als botanisch als deze korter is dan de eerste bloem van de voorgaande tak.

- Aantal open bloemen. 'Gebroken' knop telt als open, dat wil zeggen als bloembladen loskomen van knop (zie foto Figuur 2-3).
- Aantal knoppen hoofdtak. Knoppen tellen mee als ze 'los' zijn van de hoofdstengel.
- Aantal knoppen zijtak.
- Aantal zijtakken commercieel en botanisch. Een zijtak telt als commercieel als deze meer dan 3 knoppen heeft. Elke zijtak telt mee als botanische zijtak.



Figuur 2-3 Links, Weergave van een gebroken knop, vanaf dat stadium werd deze geteld als open bloem. Rechts, de laatste knop welke meegeteld wordt en de stopper.

Met behulp van de LI-6800 fotosynthesemeter (LI-COR, Nebraska, USA) is de CO₂ opname gedurende de dag gemeten op een aantal momenten gedurende de opkweekfase. Dit om te bepalen of de belichting past bij de CAM-fases van het gewas. Hiervoor zijn gedurende de dag metingen gedaan bij 150, 50 en 0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ meetlicht (10% blauw en 90% rood) om het verloop van de CO₂ opname in beeld te brengen. Daarnaast is de fotosynthese gevolgd met zes Sendot fluorescentie sensoren bij cultivar Miraflore bij 3 planten bij zowel de hoog licht als de laag licht behandeling.

2.7 Statistiek

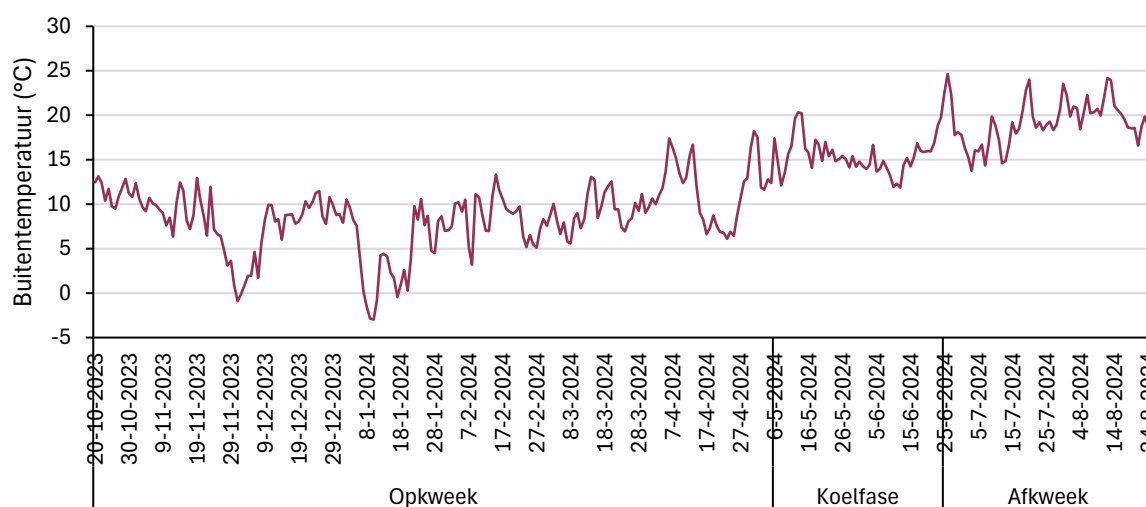
Statistiek is gedaan met behulp van een two-way ANOVA met behandeling en cultivar als factor in het model. Aannames zijn gecontroleerd met een qq-plot voor een normale verdeling en een Levene-test voor homogeniteit van de variantie. Voor het aantal bladeren bij 16 weken en het percentage wortels buiten de pot bij 27 weken is geen statistiek gedaan omdat de data niet een normale verdeling volgden. De ANOVA en Levene's test is uitgevoerd in R (R Core Team 2024). De qq-plot is gemaakt in JASP.

3 Gerealiseerd klimaat en watergift

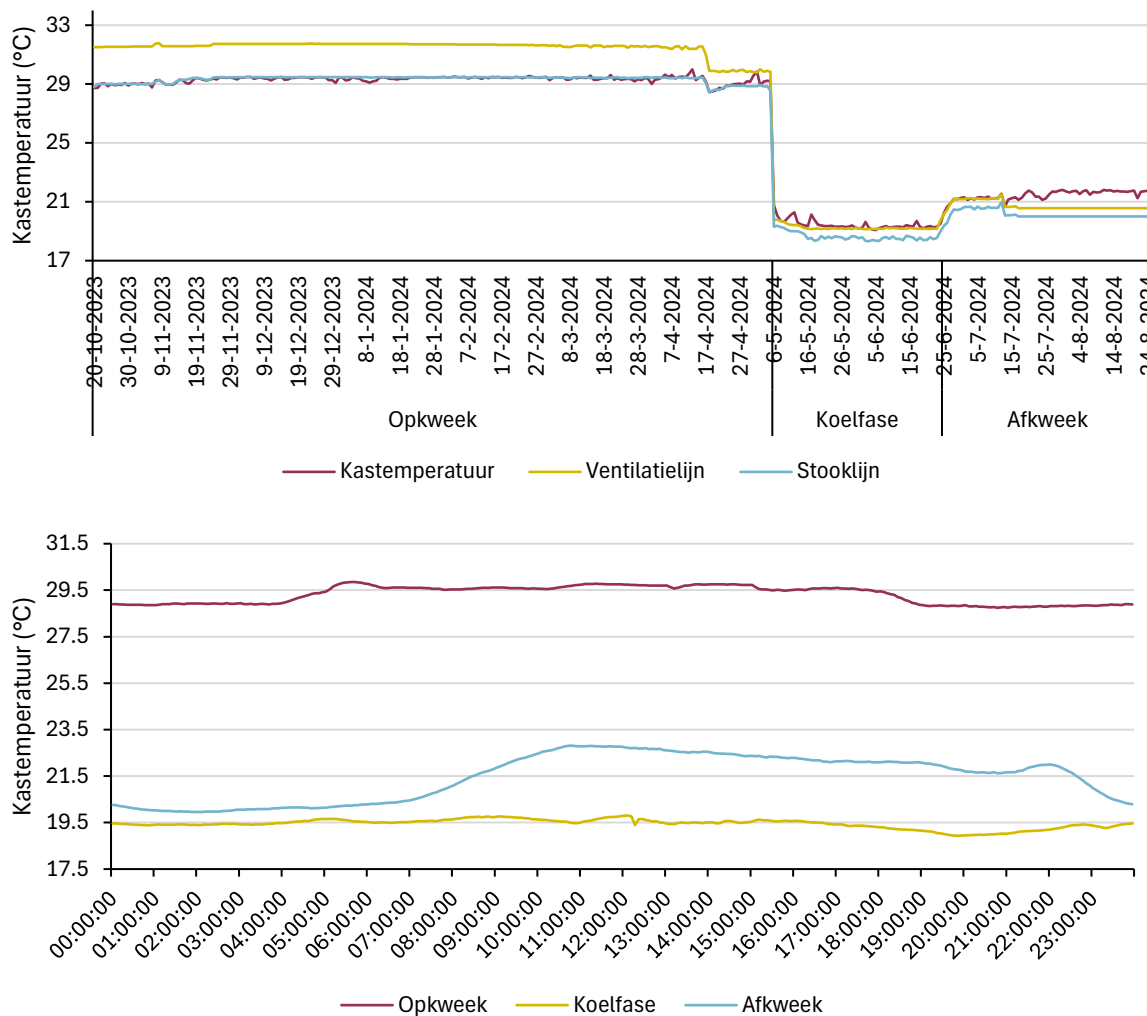
De teelt was opgedeeld in drie fases: de opkweekfase, de koelfase en de afkweekfase, waarbij elke fase een specifieke klimaatstrategie had die is afgestemd op de heersende buitenomstandigheden. Binnen de opkweekfase zijn twee belichtingsstrategieën toegepast die verschilden in PAR-som: 4.0 en 5.8 mol/m²/dag. Hiertoe is de kas met een rolscherm in twee helften verdeeld (zie figuur 2-1). Hoewel het klimaatbeheer uniform werd aangestuurd voor de gehele kas, bevond de meetbox zich in het vak met de hoogste PAR-som. Een gedetailleerde beschrijving van de klimaat- en belichtingsstrategieën per teeltfase is verder toegelicht in hoofdstuk 2.5. Hieronder wordt het gerealiseerde klimaat weergegeven.

3.1 Kasklimaat en verwarming

Het uitgangspunt tijdens de opkweekfase was een streefetmaal van 29°C waarbij de stooktemperatuur op 29°C werd gehouden met een ventilatielijn op 30°C (Hoofdstuk 2.5, Figuur 3-2). De temperatuur was gedurende deze fase vrij vlak gedurende de dag (Figuur 3-2). De buitentemperatuur over de gehele teelt staat in figuur 3-1. Bij de aanvang van de koelfase werd het streefetmaal in 2 weken tijd teruggebracht van 19.8°C naar 19.1°C (Figuur 3-2). Gedurende de afkweekfase werd het streefetmaal weer iets verhoogd naar 20.5-21.5°C (Figuur 3-2).



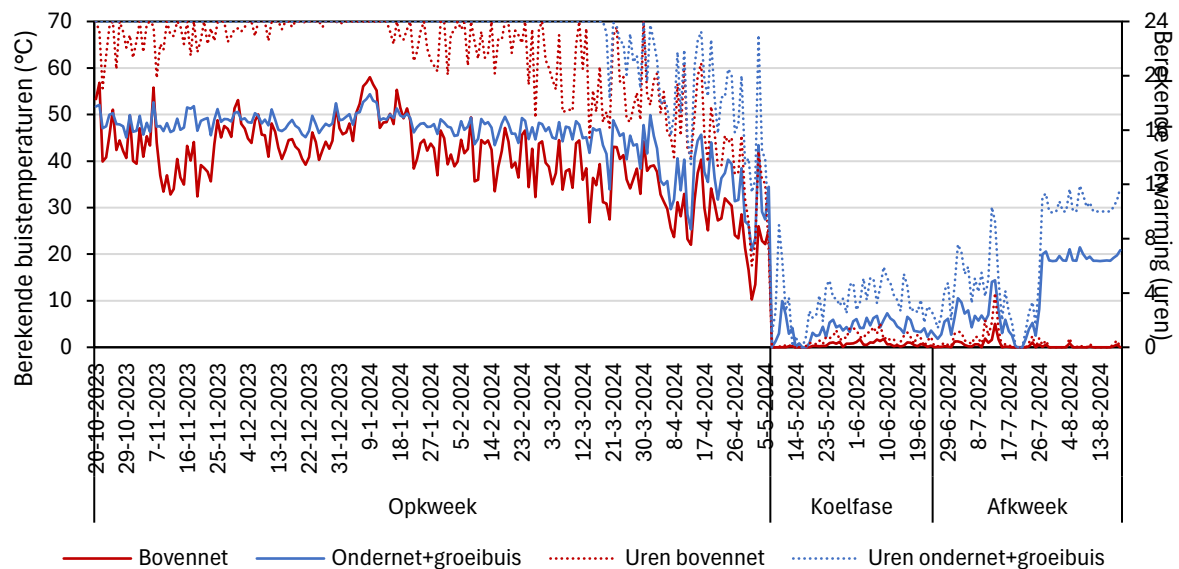
Figuur 3-1 Gemiddeld verloop van de buitentemperatuur per dag gedurende de teelt.



Figuur 3-2 Boven: Gemiddeld verloop van de kasttemperatuur per dag gedurende de teelt. Onder: Cyclisch verloop van de kasttemperatuur gedurende de teelt.

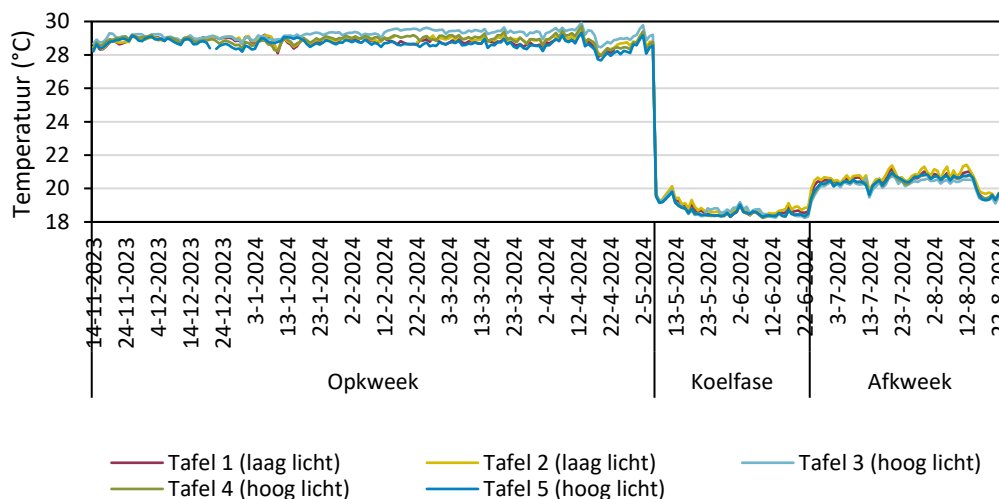
Gedurende de opkweekfase was er veel buisvraag om het streefetmaal te halen (Figuur 3-3). Hierdoor stonden, met name in december en januari, de buizen vrijwel 24 uur per dag aan, met een temperatuur tussen de 40-50°C. Binnen de uitgangspunten van een energiezuinige teelt wordt er geen minimumbuis gehanteerd en werd alleen buiswarmte gebruikt als dit nodig is om de stooktemperatuur te realiseren. Het groeinet (70 cm boven de potten) was gekoppeld aan het ondernet en werd primair ingezet tot 50°C bij warmtevraag, zodat de warmte dicht bij het gewas werd ingebracht. Wanneer dit niet de gewenste temperatuur opleverde, werd het bovennet bijgeschakeld tot in eerste instantie 40°C. Wanneer dit ontoereikend was werd dit verhoogd naar 50°C.

Tijdens de koelfase zat de etmaaltemperatuur wat aan de bovengrens, maar in de afkweekfase werd het moeilijker om onder de 21.5°C te blijven (Figuur 3-2). Dit kwam mede doordat er vanaf 25 juli (2024) een minimumbuis van 45 °C in de nacht is ingesteld voor het ondernet +groeibuis om het gewas sneller te laten afdrogen.



Figuur 3-3 Berekend aantal uren per dag dat verwarmingsbuizen warmtetoevoer kregen en de gemiddelde temperatuur voor het ondernet + groeibuis en het bovennet gedurende de teelt. Na 25-7 is er een minimumbuis in de nacht ingesteld van 45 °C.

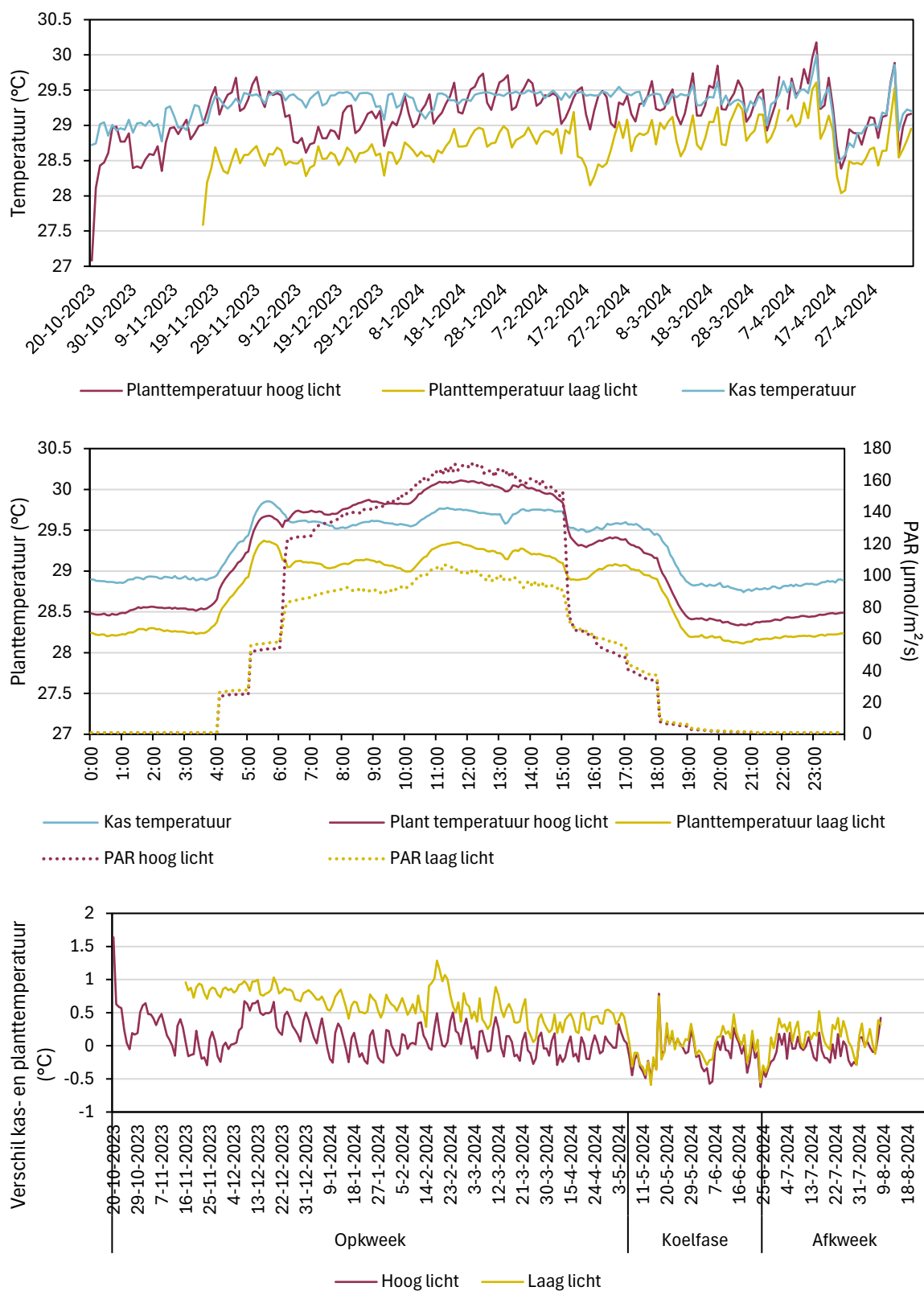
Het klimaat is op verschillende punten in de afdeling gemeten om het effect van de twee belichtingsstrategieën gedurende de opkweekfase in beeld te brengen. Hiertoe was er boven iedere teelttafel een microklimaatsensor (passief geventileerde temperatuur- en RV-sensor, 30MHz) aan de groeibuis opgehangen ter hoogte van het midden van de afdeling. Dit resulteerde in 2 sensoren aan de laag licht kant en 3 sensoren aan de hoog licht kant (Figuur 3-4). De tafels aan de gevels waren wat koeler dan de tafels meer naar het midden van de afdeling. Er was daarnaast een gradiënt van voor naar achter. De sensor bij tafel 3 hing verder naar de achtergevel naast de meetbox (naast het scherm aan de hoog licht kant). Hierdoor was de temperatuur enige tienden °C hoger dan in het midden van de afdeling. Tafel 2 (laag licht) en 4 (hoog licht) stonden het mooist gepositioneerd voor een goed vergelijk (zie ook Bijlage III Plattegrond sensoren). De gemiddelde temperatuur over de gehele opkweekfase was 28.9°C voor zowel de laag licht kant als de laag licht kant (respectievelijk tafel 2 en 4). Na de opkweekfase werd de temperatuurverdeling nog gelijk.



Figuur 3-4 De gemiddelde kasttemperatuur over de verschillende teelttafels per dag gedurende de teelt.

Hoewel er vrijwel geen verschil in luchttemperatuur tussen de twee kashelften te zien was tijdens de opkweekfase, was dit wel terug te zien in de planttemperatuur, gemeten met een infrarood thermometer (Heitronics CT11) gekoppeld aan de klimaatcomputer. Gedurende de opkweekfase was de planttemperatuur aan de hoog licht kant iets hoger dan aan de laag licht kant (Figuur 3-5 boven). De planttemperatuur aan de hoog licht kant was vrijwel gelijk aan de kasttemperatuur, terwijl deze aan de laag licht kant er consistent onder ligt. In deze periode was de bijdrage van zonlicht minimaal (Figuur 3-10), dus de temperatuurverschillen komen waarschijnlijk door de verschillen in intensiteit LED-belichting.

Gedurende de dag zijn er ook verschillen te zien (Figuur 3-5 Midden). In de belichte periode loopt de planttemperatuur van de hoog licht kant op tot boven de kasttemperatuur, daarbuiten blijft de temperatuur daaronder. De planttemperatuur aan de laag licht kant blijft altijd onder de kasttemperatuur. Het zou kunnen dat planttemperatuur sensor aan de laag licht kant twee tienden afwijkt gezien het verschil tijdens de onbelichte nacht. (Figuur 3-5 Midden). Nadat het tussenscherm vanaf de koelfase omhoog is gegaan en de PAR-sommen gelijkgetrokken zijn, is ook de planttemperatuur in beide kashelften vrijwel gelijk (Figuur 3-5 onder).



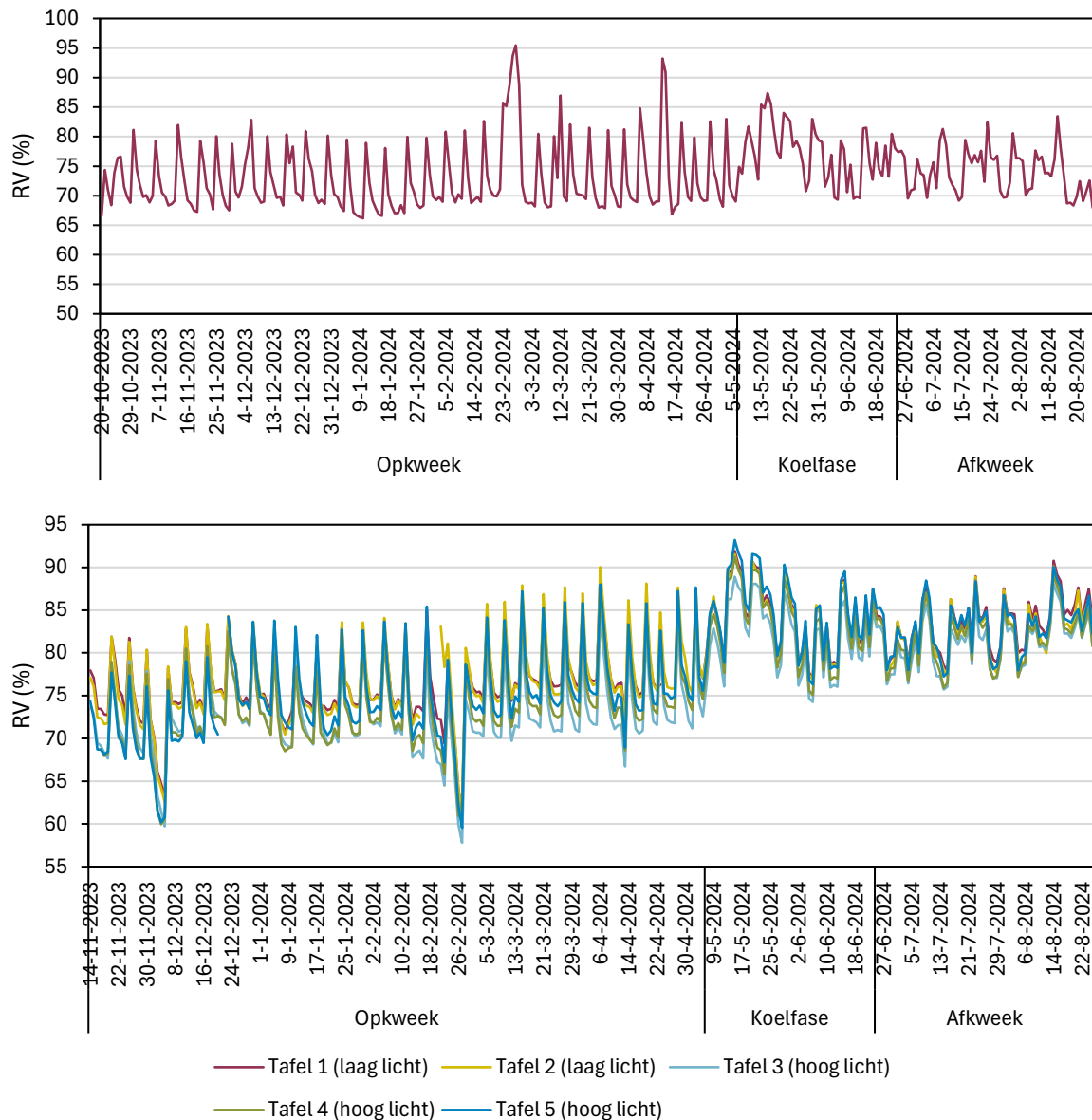
Figuur 3-5 Boven: De gemiddelde kas- en planttemperatuur per dag bij hoog en laag licht in de opkweekfase. Midden: Cyclisch verloop van de kas- en planttemperatuur bij hoog en laag licht in de opkweekfase. Onder: Het verschil in kas- en planttemperatuur aan de hoog licht en laag licht kant gedurende de hele teelt.

3.2 Luchtvochtigheid

De setpoints voor de RV (%) in de afdeling waren 70-75% gedurende CAM-fase I+II+IV en 50-75% gedurende CAM-fase III (Hoofdstuk 2.5) in de opkweek-, de koel- en de afkweekfase. De RV werd gemeten met de meetbox en met de passief geventileerde microklimaatsensoren zoals weergegeven in Bijlage III Plattegrond sensoren. De werking van beide type sensoren verschilt. De meetbox zuigt de lucht actief aan vanaf onder, terwijl de microklimaatsensor de stijgende lucht langs de sensor laat gaan. In deze proef zagen we dan ook wat verschillen tussen beide metingen. Tijdens de opkweekfase gaven beide sensoren respectievelijk een gemiddelde van 72% en 75% weer (Figuur 3-6). Daarbij zakt de RV aan de hoog licht kant iets verder weg dan de laag licht kant. Er werd nauwelijks gekierd met de ramen in deze periode om de temperatuur in de kas te houden (Figuur 3-7). Met de overgang van de opkweek- naar de koelfase veranderde het RV beeld. De meetbox liet een iets hogere RV zien (77%) maar de metingen op de microklimaatsensoren vielen nog hoger uit (83%). Ondanks een check en kalibratie van de meetbox, en het checken van de microklimaatsensoren bleven deze verschillen aanwezig. Wel werden de klimaatverschillen binnen de kas, gemeten met de microklimaatsensoren, kleiner.

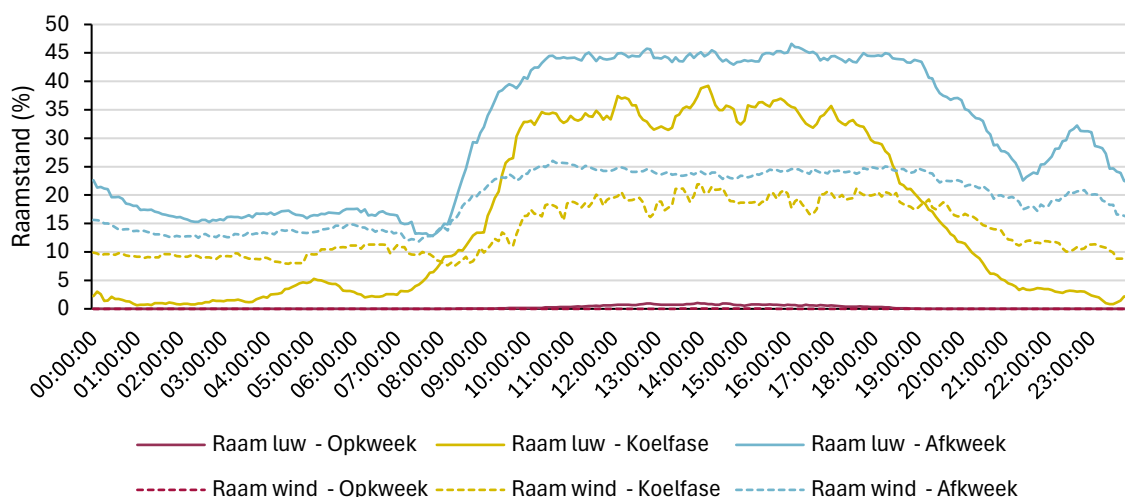
Desalniettemin bleef het vocht iets hoger dan in voorgaande fase doordat de etmaaltemperatuur gedaald was. Er mocht iets natter geteeld mocht worden in overleg met de begeleidende telers. Echter, doordat de afdroging langzamer werd, werd de gietfrequentie verlaagd (Figuur 3-12). Daarnaast werd er op gietdagen (de pieken in Figuur 3-6) tot 10% met de ramen gekierd op vocht overdag om de RV sneller te laten dalen. Daarnaast werd er bovenop de invloeden op de ramen van temperatuur ook 3% extra gekierd voor de RV tussen 70-75% en nog 3% extra wanneer de RV tussen de 80-85% was. Toen halverwege de afkweekfase de afdroging nog steeds langzaam bleef en *Rhizoctonia* toenam, is ook besloten om de ventilatorstand voor de slurven onder de tafel naar 100% te zetten (was 40%) en een minimum groeibuis van 45°C om meer activiteit te genereren.

Daarnaast werd er aan het begin van de koelfase met 2 schermen dicht gekoeld om efficiënter te koelen. Hierdoor kon het vocht ook iets minder goed worden afgevoerd. In de afkweekfase is er dan ook besloten om maar met 1 gesloten doek (vaak het Harmony schaduw scherm) te gaan koelen.



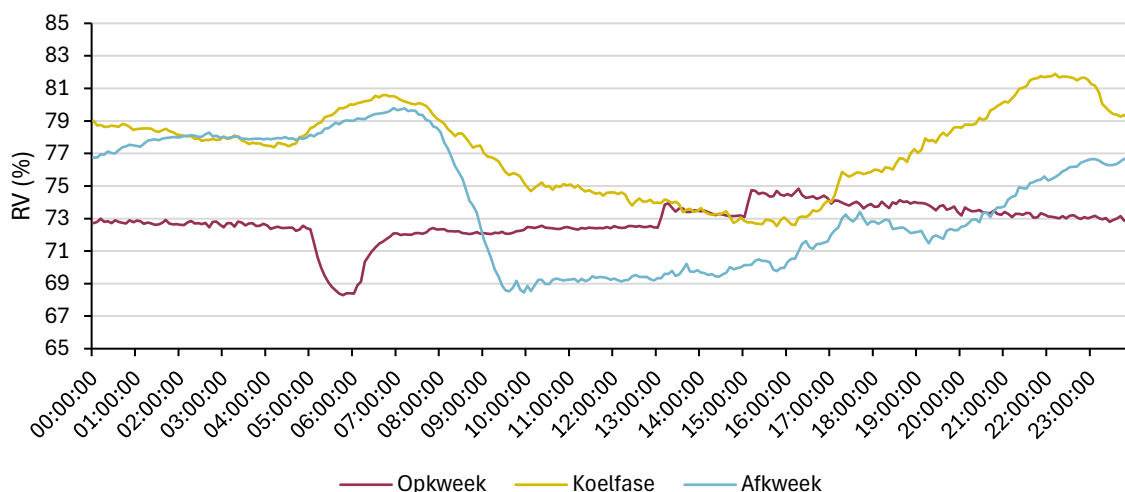
Figuur 3-6 Boven: Gemiddeld verloop van de RV (%) per dag gedurende de teelt gemeten op de meetbox boven het gewas. Beneden: De gemiddelde RV (%) verdeling over de verschillende teelttafels per dag gedurende de teelt gemeten met passief geventileerde microklimaatssensoren. De pieken in RV in beide figuren zijn gietdagen.

De raamstrategie per fase was afhankelijk van de etmaaltemperatuur en de benodigde koeling en het vocht in de afdeling. Gedurende de opkweek werd er door het hoge etmaal vrijwel niet gelucht (Figuur 3-7). Tijdens de koel- en afkweekfase werd er meer geprobeerd met de ramen om het vocht en de temperatuur naar beneden te krijgen.



Figuur 3-7. Cyclisch verloop van de gemiddelde raamstanden (wind & luw) gedurende de opkweek-, koel- en afkweekfase van de teelt.

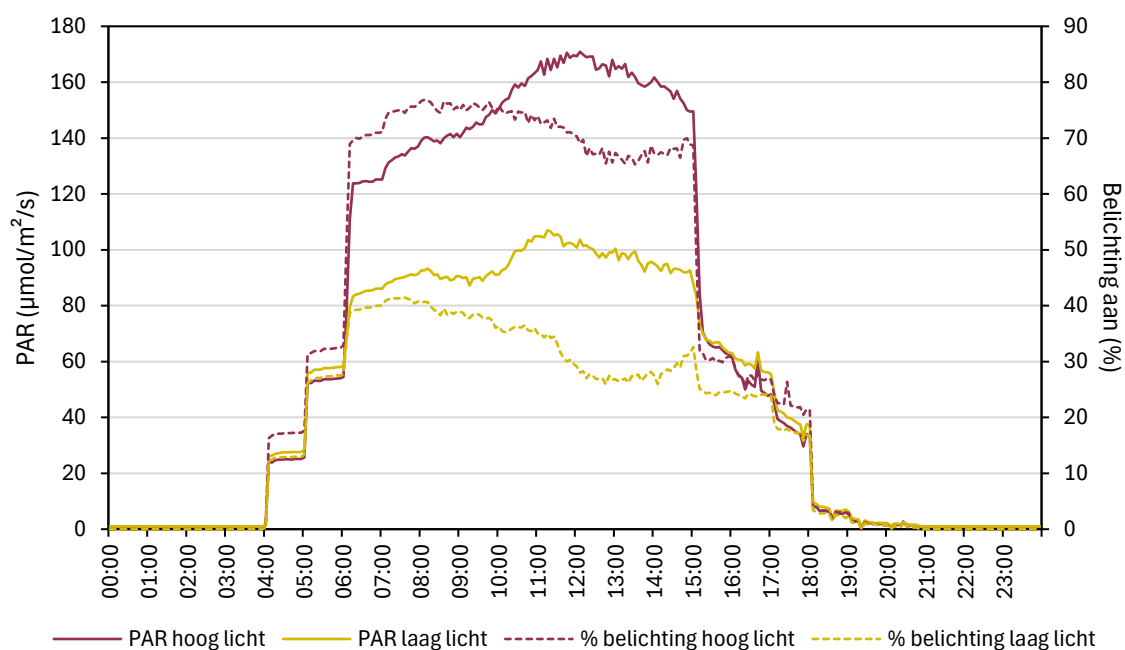
Het patroon van de RV over de dag verschilde tussen de teeltfases. Tijdens de opkweek was er minder variatie in RV over het etmaal (Figuur 3-8). Als cyclisch gemiddelde is dit patroon erg vlak doordat in de twee dagen na watergift de RV langzaam naar 70% daalde, enkele dagen voor watergift zakte de RV naar 65% in CAM fase III. Dit is nog wel zichtbaar in de RV tussen 5-6 uur (Figuur 3-8). Dit is ook het moment dat de schermen opengaan. Daarnaast neemt gedurende deze periode de kasttemperatuur iets toe (Figuur 3-2). In de koel- en afkweekfase daalt de RV overdag in lijn met de raamstanden op dat moment (Figuur 3-7).



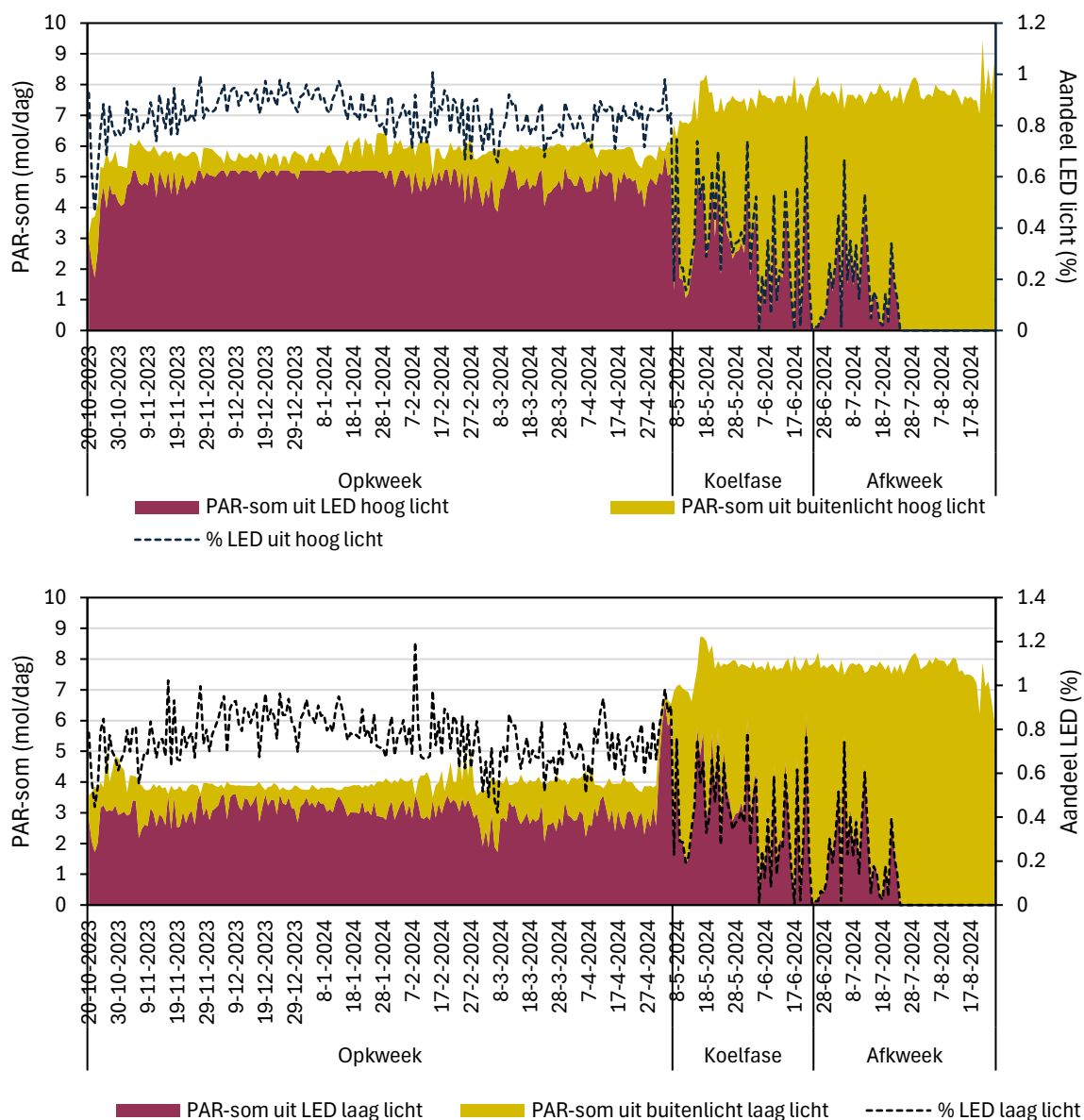
Figuur 3-8 Cyclisch verloop van de gemiddelde RV (%) gedurende de opkweek-, koel- en afkweekfase van de teelt, gemeten met de meetbox.

3.3 Belichting en schermgebruik

De LED-belichting werd zo efficiënt mogelijk ingezet. De strategie voor de belichting staat nader toegelicht in hoofdstuk 2.5. De lichtintensiteit werd op basis van de verschillende CAM-fases opgebouwd in de ochtend en afgebouwd in de namiddag (Figuur 3-11). Daarbij werd de LED-belichting gedimd op basis van buitenstraling en het verloop van de PAR-som. Dit was voornamelijk het geval wanneer buitenstraling toenam. Omdat we zo lang mogelijk met een wintersituatie wilden doortelen tijdens de opkweek, is ervoor gekozen om intensief te schermen om zo veel mogelijk licht met de LED in te vullen. Bij zowel de hoog (5.8 mol/m²/dag) als laag licht (4.0 mol/m²/dag) was er daardoor gedurende de hele opkweekfase niet veel meer 1 mol/m²/dag van de PAR-som aan buitenlicht (Figuur 3-10). Tijdens de koel- en afkweekfase, waar de PAR-som mocht oplopen tot 7.5 mol/dag, werd juist het buitenlicht zoveel mogelijk benut, zonder de maximum intensiteit van 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ te overschrijden. Hierdoor waren er ook momenten dat de LED's helemaal niet meer aan hoefden.

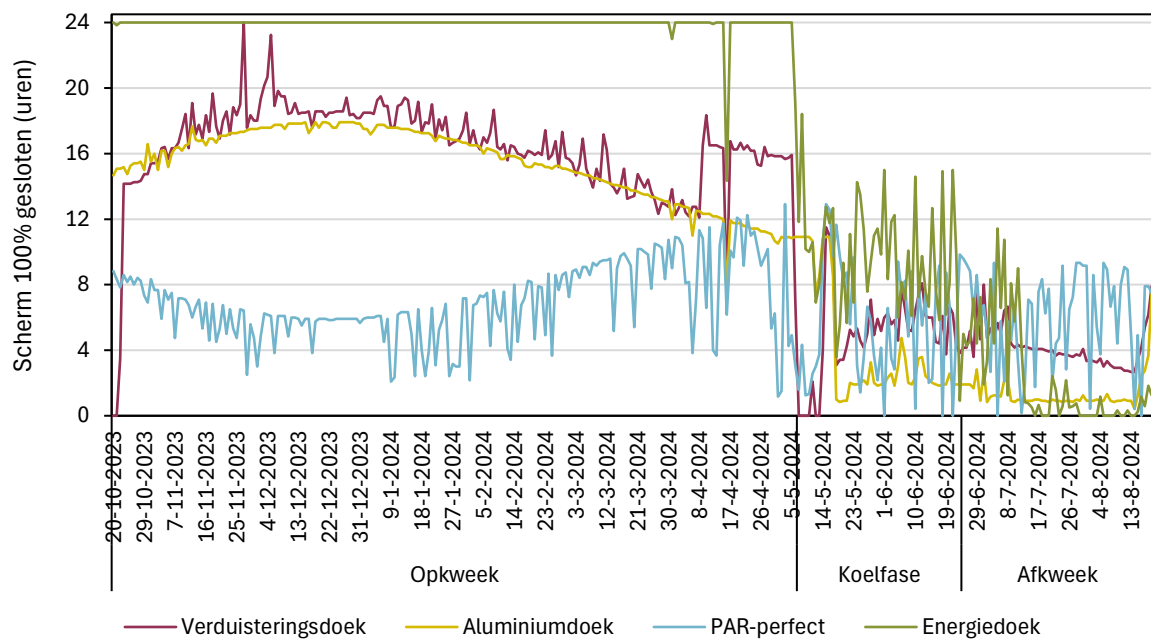


Figuur 3-9 Cyclisch gemiddelde van de inzet van de LED-belichting (% aan) en de gerealiseerde lichtintensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) op gewasniveau gedurende de opkweekfase.



Figuur 3-10 Gerealiseerde lichtsommen vanuit de LED-belichting en het buitenlicht per dag en het percentage van de totale dagelijkse lichtsom die van de LED-belichting afkomstig was bij de hoog licht (boven) en de laag licht (onder) kant van de afdeling. Duidelijk te zien is dat in de opkweekfase de winter kunstmatig verlengd is door daglicht weg te schermen.

Tijdens de opkweek werd het energiedoek de gehele dag gesloten gehouden om de warmte zoveel mogelijk binnen te houden (Hoofdstuk 2.5 & Figuur 3-11). Naarmate het daglicht meer toenam is ook het verduisterdoek in combinatie met het Harmony schaduw scherm (samen PAR-perfect systeem) meer gebruikt om een deel van het daglicht buiten te houden, maar wel evenredig over de afdeling te verdelen. Deze strategie is voortgezet tijdens de koel- en afkweekfase om niet over de maximum intensiteit heen te gaan. Ook al was er Redusol gekrijt op het kasdek. De details van deze schermstrategie zijn terug te vinden in hoofdstuk 2.5.

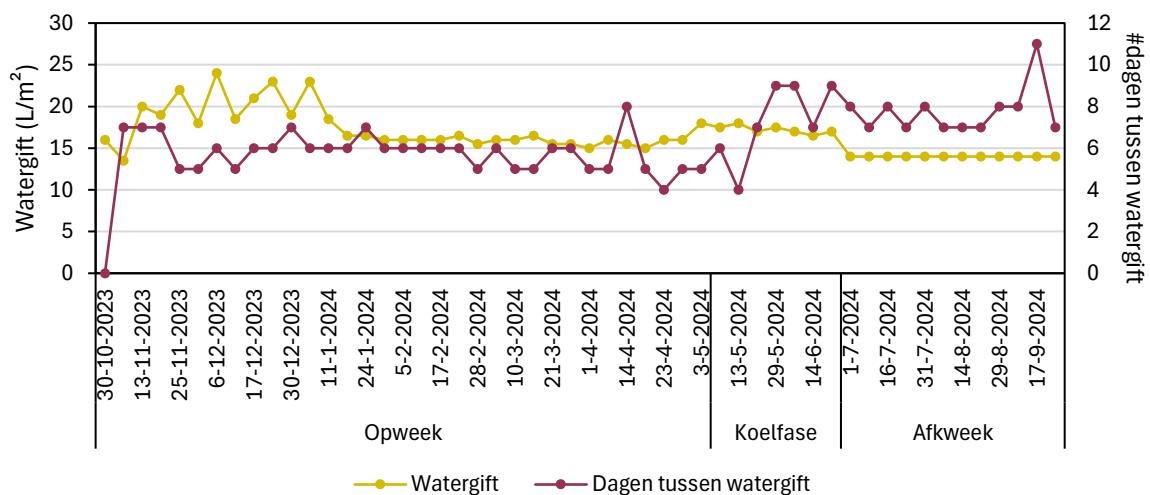


Figuur 3-11 Aantal uren per etmaal dat het energiescherm, het verduisterscherm, het aluminiumscherm en het schaduwdoek (PARperfect) hebben dichtgelegen gedurende de proef.

3.4 Watergift

Over de gehele teelt is gemiddeld iedere 6.5 dag water gegeven (Figuur 3-12). Gedurende de opkweek was dit eerder 6 dagen, terwijl dit in de koel- en de afkweekfase juist meer dan 7 dagen duurde. Dit is te wijten aan de lagere etmaaltemperatuur die in die periodes werd nagestreefd waardoor het afdrogen van het substraat langer duurde. Daarnaast was de luchtvochtigheid in deze periode aan de hoge kant.

De hoeveelheid watergift in liters per m² per beurt was tot begin januari wat hoger om de ongelijkheid in vochtigheid tussen de potten te verminderen. De rest van de teelt tot en met de afkweekfase was de watergift stabiel rond de 14-16L/m² (Figuur 3-12). Deze gift bestond voor 2L uit naspoelen met schoon water. Hieraan werd uitvloeier Motto toegevoegd. De watergeefstrategie komt overeen met voorgaande teelt van 2022-2023 (Bongers et al., 2023).



Figuur 3-12 Hoeveelheid watergift per gietbeurt (gele lijn) en interval tussen de beurten (rode lijn) gedurende het verloop van de teelt.

4 Resultaten

4.1 Plantontwikkeling bij hoog en laag licht in de opkweekfase

Gedurende de opkweek is bij de start (direct na oppotten), na 16 weken en na 27 weken een meting uitgevoerd van het vers- en drooggewicht uitgesplitst in scheut en wortelgewicht. We laten alleen drooggewicht zien, omdat het versgewicht door het gietmoment wordt beïnvloed. Na de opkweekfase zijn alle planten onder gelijke omstandigheden afgekweekt en is aan het eind van de afkweek naast de bloemtaktellingen nog een meting gedaan van het plantgewicht, uitgesplitst in scheut-, bloemtak- en wortelgewicht. Gedurende de opkweek zijn twee lichtsommen aangehouden: hoog (5.8 mol/m²/dag) en laag (4.0 mol/m²/dag). Na de meting na 16 weken opkweek zijn er planten gewisseld van de hoog licht naar de laag licht behandeling (H > L) en vice versa (L > H). Dit resulteert in twee behandelingen (L en H) bij 16 weken en vier behandelingen (L, H, L > H, en H > L) bij 27 weken en aan het eind van de afkweek.

Uit de metingen bij 16 weken blijkt dat de planten geteeld onder hoog licht zwaarder waren dan de planten onder laag licht (Figuur 4-1). Hierbij valt op dat er geen verschil was in scheutgewicht. Het verschil in plantgewicht werd veroorzaakt door zwaardere wortels onder hoog licht. Verder was er op dat moment (nog) geen verschil in bladafsplitsing: gemiddeld over alle vier de rassen waren er in beide behandelingen 1.9 bladeren afgesplitst gedurende de eerste 16 weken teelt. Met overigens wel grote verschillen tussen de rassen, variërend van 1.4 (Leeds) tot 2.4 (Nottingham) nieuw blad en Joyride en Miraflore daar tussenin (1.8 tot 2.0). Uit de bladlengte- en breedte metingen blijkt dat de planten iets compacter waren onder hoog licht (Tabel 4-1, zie ook foto's Bijlage IV foto's 16 weken).

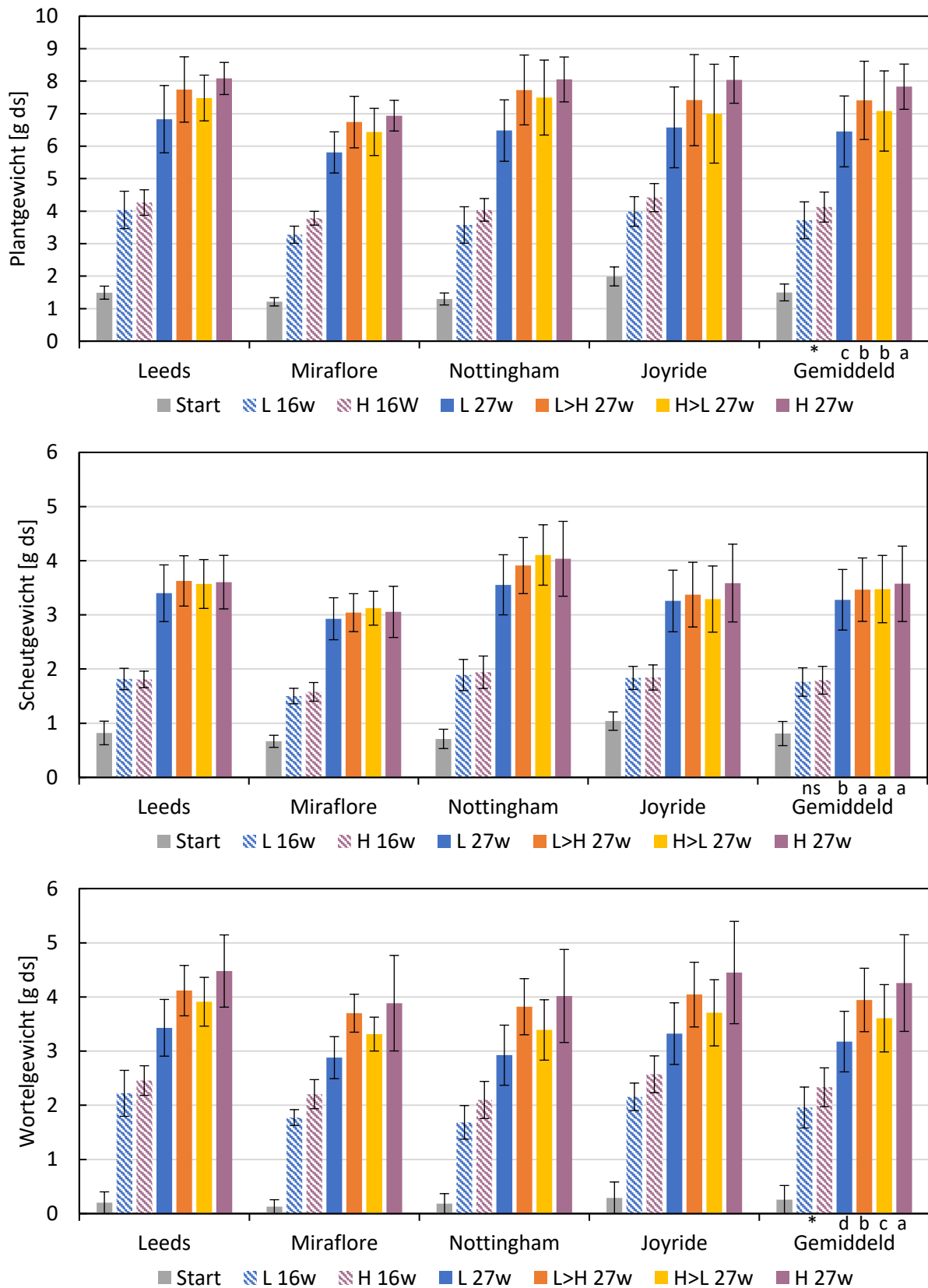
Uit de metingen bij 27 weken blijkt opnieuw dat de planten onder hoog licht zwaarder waren dan de planten onder laag licht. Nu was er ook een klein verschil ontstaan in scheutgewicht. Nog steeds werd het veruit grootste gedeelte van het verschil in plantgewicht verklaard door zwaardere wortels onder hoog licht. Het plantgewicht van de wisselbehandelingen lag tussen het gewicht van de hoog en laag- licht behandeling in. Dit past bij de gemiddelde lichtsom gedurende de opkweek voor deze behandelingen. De gemiddelde lichtsom bij de L>H behandeling was 4.7 mol/m²/d, bij H>L was dit 5.1 mol/m²/d. Dit is niet gelijk doordat de wissel van behandeling niet precies halverwege de opkweek plaats heeft gevonden. Het is opvallend dat de L>H behandeling resulteert in een hoger plantgewicht dan de H >L terwijl de gemiddelde lichtsom lager is. Dit duidt erop dat aan het begin van de teelt de hoge lichtsom minder benut wordt dan later in de opkweek. De uitsplitsing in wortel- en scheutgewicht laat zien dat het verschil tussen de twee wisselbehandelingen veroorzaakt wordt door een hoger wortelgewicht bij de L>H behandeling.

Er zijn na 27 weken opkweek iets minder bladeren afgesplitst onder laag licht (Tabel 4-1). Dit kan een gevolg zijn van een iets hogere planttemperatuur als gevolg van de belichting. Het verschil is dusdanig klein dat dit geen reden is om een hogere lichtsom aan te houden. Dit effect kan eenvoudiger bereikt worden met een iets hogere teelttemperatuur.

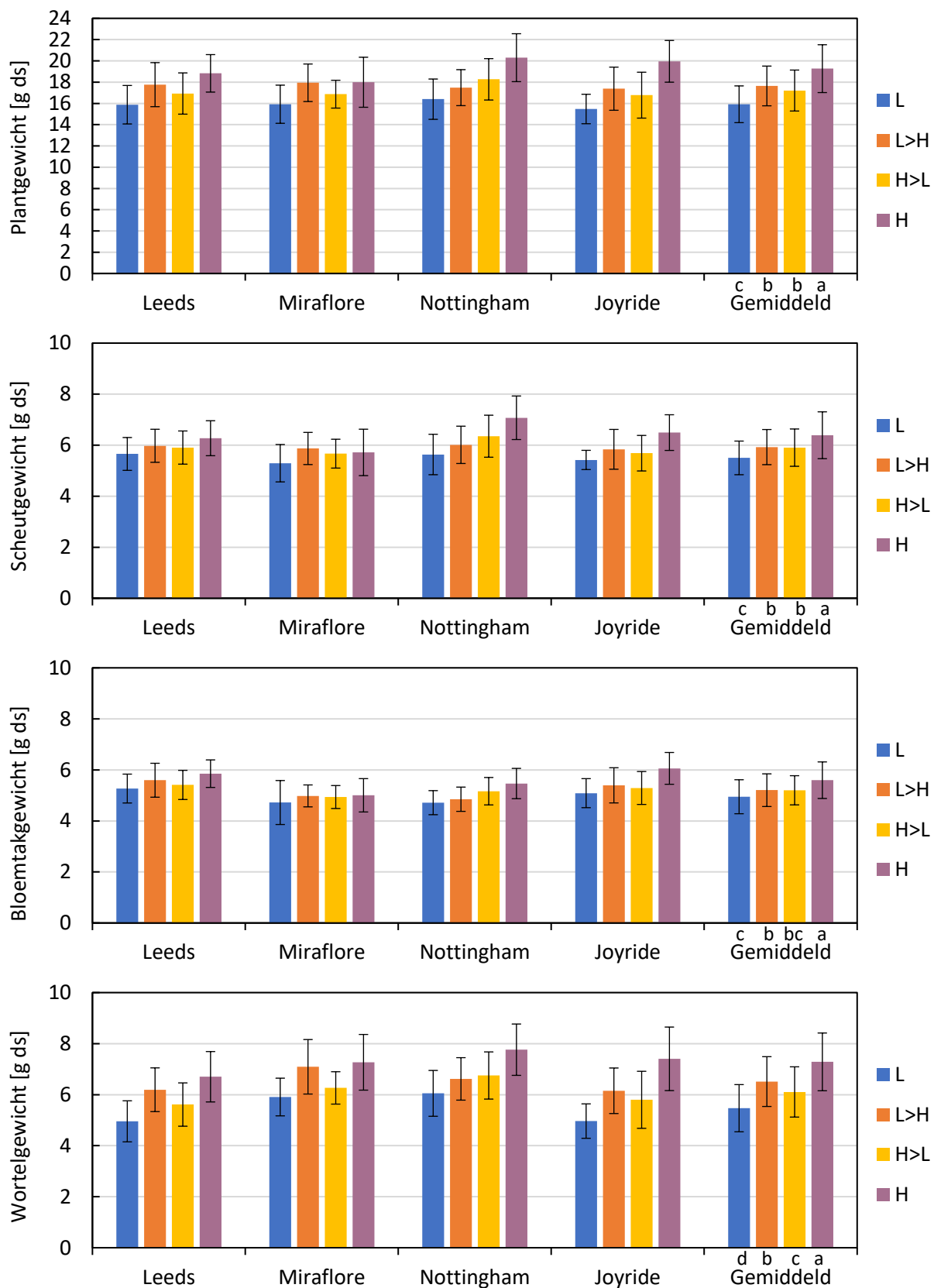
Het percentage wortels buiten de pot is hoger bij de planten onder hoog licht. Bij deze behandeling zijn er relatief veel wortels, te zien aan het lagere percentage scheutgewicht ten opzichte van het totale plantgewicht (=scheut + wortels). Meer wortels en een hoger percentage daarvan buiten de pot maakt dat in absolute zin er nog meer wortels buiten de pot groeiden bij hoog licht, wat ook te zien is op de foto's in Bijlage IV en V. Dat is dus nadelig bij hoog licht.

Samengevat resulteert opkweek onder hoog licht in zwaardere planten waarbij dit verschil vooral veroorzaakt wordt door zwaardere wortels. Na de opkweekfase kregen planten uit alle behandelingen evenveel licht. Aan het eind van de afkweek moet blijken of dit ook resulteert in een betere plantkwaliteit. Hierbij draait het om het aantal bloemtakken en bloemen & knoppen (zie 4.2 Bloemtaktelling), daarnaast zijn er aan het eind van de afkweek opnieuw drooggewichtmetingen gedaan.

De drooggewichtmetingen aan het eind van de afkweek laat een vergelijkbaar beeld zien als de metingen gedurende de opkweek (Tabel 4-2, Figuur 4-2). De planten onder hoog licht waren zwaarder dan onder laag licht en het gewicht van de wisselbehandelingen lag tussen het gewicht van de laag licht en hoog licht behandeling in. Net als bij de opkweek wordt het verschil in plantgewicht aan het einde van de afkweek voor een groot deel verklaard door zwaardere wortels (+33%) en in mindere mate ook door scheutgewicht (+16%). Opvallend is dat de bloemtakken van planten opgekweekt onder hoog licht ook zwaarder zijn dan bij de planten opgekweekt onder laag licht (+13%). Dit terwijl de bloemtakken pas uitgegroeid zijn nadat de teeltomstandigheden gelijk waren gemaakt aan het einde van de opkweekfase. Dit duidt erop dat er waarschijnlijk sprake is van meer reserves aan assimilaten in de opkweek bij hoog licht, welke na de opkweek benut zijn voor extra groei. Het kan ook dat bladeren ontwikkeld bij hoog licht de hogere lichtsom in de koel- en afkweekfase beter benutten, maar dit lijkt niet voor de hand liggend gezien het aanpassingsvermogen van *Phalaenopsis*-bladeren aan veranderend licht (Hogewoning et al. 2021). Mogelijk waren de bloemtakken in aanleg (het oog) sterker na opkweek bij hoog licht.



Figuur 4-1 Drooggewicht in gram per plant gedurende de opkweek, bij start, na 16 weken en na 27 weken. Het totaalgewicht (boven) is uitgesplitst in scheutgewicht (midden) en wortelgewicht (onder). Een statistisch significant verschil wordt voor de gemiddelden over alle rassen aangegeven met een * bij 16w leeftijd en met verschillende letters bij 27w leeftijd, ns= niet significant. Voor het aantal meetplanten zie tabel 2-10.



Figuur 4-2 Drooggewicht in gram per plant aan het eind van de teelt. Het totaalgewicht (boven) is uitgesplitst in scheutgewicht (tweede van boven), bloemtakgewicht (derde van boven), en wortelgewicht (onder). Een statistisch significant verschil wordt voor de gemiddelden over alle rassen aangegeven met verschillende letters. Voor het aantal meetplanten zie tabel 2-10.

Tabel 4-1 Metingen tijdens de opkweekfase. Het gewicht is weergegeven als gram drooggewicht per plant. Blad (#) is het aantal bladeren dat gedurende de proef bijgegroeid is (bladafsplitsing). Hiertoe is 18 dagen na start proef het laatste volgroeide blad gelabeld. Voor bladlengte en -breedte is het laatste volgroeide blad gemeten. Een statistisch significant verschil wordt voor de gemiddelden over alle rassen aangegeven met een * bij 16w leeftijd en met verschillende letters bij 27w leeftijd, ns= niet significant. Voor het aantal meetplanten zie tabel 2-10. **Buitenwortel is het percentage van het totale wortelgewicht dat buiten de rand van de pot uitsteekt. Niet gemeten is aangegeven met -.

Leef- tijd	Beh.	Cultivar	Drogestof gewicht [g]			Aandeel scheut [%]	Blad-			Buiten- wortel **[%]
			Scheut	Wortel	Plant (totaal)		aantal [#]	lengte [cm]	breedte [cm]	
0w	-	Leeds	0.82	0.67	1.49	55.3	-	-	-	-
		Miraflore	0.67	0.55	1.21	55.3	-	-	-	-
		Nottingham	0.71	0.59	1.30	55.2	-	-	-	-
		Joyride	1.04	0.95	1.99	53.0	-	-	-	-
16w	L	Leeds	1.82	2.22	4.04	45.3	1.4	14.2	5.5	-
		Miraflore	1.50	1.77	3.27	45.8	1.9	11.7	5.7	-
		Nottingham	1.89	1.68	3.57	53.0	2.4	16.3	5.9	-
		Joyride	1.84	2.16	3.99	46.0	2.0	11.1	6.6	-
	H	Leeds	1.81	2.46	4.27	42.5	1.3	14.0	5.4	-
		Miraflore	1.58	2.21	3.78	41.8	1.8	10.4	5.4	-
		Nottingham	1.94	2.10	4.04	48.1	2.4	14.7	5.8	-
		Joyride	1.84	2.57	4.42	41.8	2.0	10.1	6.2	-
27w	L	Leeds	3.40	3.43	6.83	49.8	2.7	20.6	6.4	11.9
		Miraflore	2.93	2.88	5.81	50.3	3.2	18.1	7.6	14.7
		Nottingham	3.56	2.92	6.48	54.9	4.2	21.3	6.7	10.4
		Joyride	3.26	3.32	6.58	49.7	3.3	15.5	8.0	5.9
	L>H	Leeds	3.63	4.12	7.74	46.9	2.8	19.8	6.5	12.9
		Miraflore	3.04	3.70	6.74	45.2	3.2	17.0	7.6	16.5
		Nottingham	3.91	3.82	7.73	50.7	4.3	19.9	6.6	10.5
		Joyride	3.37	4.04	7.42	45.7	3.6	14.9	7.9	9.3
	H>L	Leeds	3.57	3.91	7.48	47.6	3.0	21.2	6.5	17.0
		Miraflore	3.12	3.31	6.44	48.6	3.4	18.6	7.8	15.7
		Nottingham	4.11	3.39	7.50	55.0	4.5	22.0	6.7	8.2
		Joyride	3.29	3.71	7.00	47.4	3.7	15.3	7.8	8.6
	H	Leeds	3.60	4.48	8.08	44.6	2.7	20.2	6.6	16.7
		Miraflore	3.05	3.88	6.94	44.5	3.3	17.1	7.6	19.8
		Nottingham	4.04	4.02	8.05	50.3	4.4	19.8	6.5	11.3
		Joyride	3.59	4.45	8.04	44.7	3.7	16.0	7.9	12.1
0w		Gemiddeld	0.81	0.69	1.50	54.7	-	-	-	-
16w	L	Gemiddeld	1.76 ns	1.96 *	3.72 *	47.5 *	1.9	13.3 *	5.9	-
	H		1.79 ns	2.33 *	4.13 *	43.5 *	1.9	12.3 *	5.7	-
27w	L	Gemiddeld	3.28 b	3.18 d	6.46 c	50.9 a	3.3 c	18.9 ab	7.2 ns	9.7
	L>H		3.47 a	3.94 b	7.41 b	46.8 c	3.5 b	17.9 c	7.1 ns	11.7
	H>L		3.48 a	3.61 c	7.08 b	49.2 b	3.6 a	19.3 a	7.2 ns	11.6
	H		3.57 a	4.26 a	7.83 a	45.8 c	3.5 ab	18.3 bc	7.1 ns	14.4

Tabel 4-2 Destructieve metingen aan het eind van de afkweek. Het gewicht is weergegeven als gram drooggewicht per plant. Een statistisch significant verschil wordt voor de gemiddelden over alle rassen aangegeven met verschillende letters. Voor het aantal meetplanten zie tabel 2-10.

Beh.	Cultivar	Drogestof gewicht [g]				Aandeel totaalgewicht [%]			Blad- lengte [cm]	Blad- breedte [cm]
		Scheut	Bloem- tak	Wortel	Plant (totaal)	Scheut	Bloem- tak	Wortel		
L	Leeds	5.66	5.27	4.95	15.9	35.7	33.2	31.1	23.3	7.0
	Miraflore	5.29	4.72	5.91	15.9	33.2	29.5	37.3	19.5	8.2
	Nottingham	5.63	4.71	6.05	16.4	34.3	28.8	36.8	22.3	7.1
	Joyride	5.42	5.09	4.96	15.5	35.1	32.9	32.0	17.2	8.4
L>H	Leeds	5.97	5.59	6.19	17.8	33.7	31.5	34.8	20.7	7.0
	Miraflore	5.87	4.98	7.09	17.9	32.8	27.8	39.4	19.3	8.2
	Nottingham	6.01	4.85	6.62	17.5	34.4	27.8	37.8	21.7	7.4
	Joyride	5.84	5.40	6.15	17.4	33.5	31.1	35.4	17.0	8.4
H>L	Leeds	5.91	5.41	5.61	16.9	34.9	32.0	33.1	23.5	7.1
	Miraflore	5.67	4.94	6.26	16.9	33.6	29.3	37.1	20.6	8.1
	Nottingham	6.35	5.16	6.75	18.3	34.8	28.3	36.9	23.7	7.1
	Joyride	5.69	5.29	5.80	16.8	34.0	31.6	34.4	17.4	8.4
H	Leeds	6.27	5.85	6.70	18.8	33.3	31.2	35.5	21.7	7.1
	Miraflore	5.72	5.00	7.27	18.0	31.7	27.9	40.4	20.1	8.3
	Nottingham	7.07	5.47	7.76	20.3	34.8	27.0	38.2	22.1	7.4
	Joyride	6.49	6.06	7.40	20.0	32.6	30.4	37.0	17.9	8.8
L	Gemiddeld	5.50 c	4.95 c	5.47 d	15.9 c	34.6 a	31.1	34.3	20.6 b	7.7 a
L>H		5.92 b	5.21 b	6.51 b	17.6 b	33.6 bc	29.6	36.9	19.7 c	7.8 bc
H>L		5.90 b	5.20 bc	6.11 c	17.2 b	34.3 ab	30.3	35.4	21.3 a	7.7 ab
H		6.39 a	5.60 a	7.28 a	19.3 a	33.1 c	29.1	37.8	20.5 b	7.9 c

4.2 Bloemtaktellingen

Aan het einde van de afkweek zijn naast de drooggewichten ook metingen en tellingen gedaan aan de bloemtakken. Van elke meetplant is het aantal bloemtakken geteld, per tak is de taklengte gemeten en het aantal bloemen en knoppen en aantal zijtakken geteld. Hierbij is onderscheid gemaakt in commerciële en botanische zijtakken. Bij commerciële takken moeten er minimaal 3 knoppen op een zijtak zitten. Uit het aantal bloemtakken is de verhouding 1-, 2- en 3-takkers berekend.

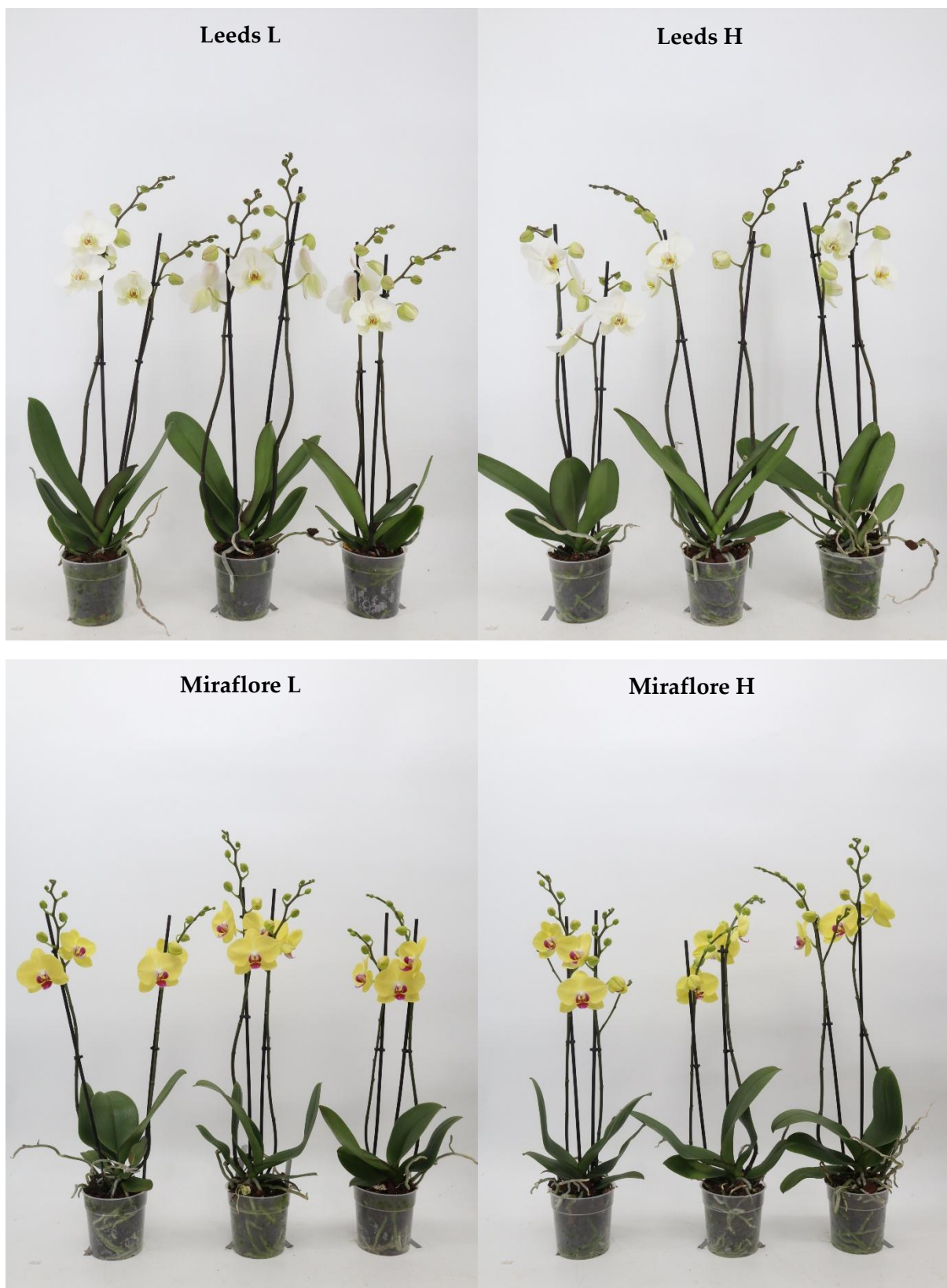
Aan de verdeling van het aantal bloemtakken valt op dat er bij planten uit de hoog licht behandeling tijdens de opkweekfase iets minder 1-takkers (1.7% 1-takkers) waren dan bij de laag licht behandeling (4.1% 1-takkers; Tabel 4-3). Bij Nottingham was het percentage 3-takkers ook iets hoger onder hoog licht.

Bij de planten opgekweekt onder hoog licht waren er ook meer bloemen en knoppen (+1.3) dan bij de planten opgekweekt onder laag licht. Voor een deel is dit het gevolg van meer vertakte planten bij opkweek onder hoog licht, het percentage vertakte planten was namelijk ook hoger bij planten geteeld onder hoog licht.

Aan de taklengte valt op dat de bloemtakken van de planten opgekweekt onder hoog licht ook langer zijn. In het algemeen levert de opkweek met een hogere lichtsom een net iets betere plantkwaliteit op. De bloemtakken zijn zwaarder, hebben iets meer knoppen, meer vertakkingen en zijn iets langer.

4.3 Gewasgezondheid

Tijdens de teelt zijn planten die zichtbaar ziek waren (bijvoorbeeld door fusarium) geruimd. Uitval tijdens de teelt lag gemiddeld op enkele procenten (Tabel 4-3). Er is geen duidelijk effect van hoog of laag licht tijdens de opkweek op uitval. Bij eind oogst was er sprake van wortelrot bij een gedeelte van de planten, vermoedelijk door *Rhizoctonia*. Dit was met name het geval bij Nottingham. Verder was er bij de randplanten dusdanig veel wortelrot dat deze partij planten niet meer verkoopbaar was. Mogelijk dat dit te maken heeft met de hoge luchtvochtigheid in de afkweek. Doordat er geen minimumbuis gebruikt werd en er weinig verschil was in absoluut vocht tussen kaslucht en buitenlucht was het moeilijk om de luchtvochtigheid op peil te houden en werd de afdroging vrij traag. Daarom is ook richting het einde van de teelt besloten om toch een minimumbuis in de nacht in te stellen. Deze problemen duiden er wel op dat er een bepaalde ondergrens is aan energiezuinig telen.



Figuur 4-3 Indruk van de planten aan het eind van de teelt. Boven: Leeds, Onder: Miraflore, links laag licht 4.0 mol/m²/d en rechts hoog licht 5.8 mol/m²/d gedurende de opkweek.



Figuur 4-4 Indruk van de planten aan het eind van de teelt. Boven: Nottingham, Onder: Joyride, links laag licht 4.0 mol/m²/d en rechts hoog licht 5.8 mol/m²/d gedurende de opkweek.

Tabel 4-3 Verdeling aantal takken en gegevens van de bloemtakken. Voor het aantal bloemen en knoppen, de abortie en vertakking zijn alleen de planten met 2 takken weergegeven. Bij 'vertakt commercieel' wordt een plant geteld als vertakt als er minimaal 3 knoppen op een zijtak zitten. Bij vertakt botanisch worden alle zijtakken meegeteld. Per plant is een gemiddelde taklengte berekend. De weergegeven taklengte is het gemiddelde per behandeling. Voor het aantal meetplanten zie tabel 2-10.

Beh. Cultivar		Aandeel			Enkel o.b.v. data 2-takkers						Rhizoc- tonia	
					Bloemen + knoppen		Planten			Gem.		
		1- takker	2- takker	3- takker	Hoofd- + zijtak	Hoofd- tak	met abortie	Vertakt com.	Vertakt bot.	tak- lengte		
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
L	Leeds	3.5	95.5	1.0	16.5	16.3	5.2	2.6	5.8	71.7	2.0	0.5
	Miraflore	5.1	93.9	1.0	15.5	15.0	3.3	9.2	17.9	63.8	3.9	2.0
	Nottingham	2.0	82.7	15.3	16.2	15.8	3.0	7.8	14.4	64.8	1.0	6.4
	Joyride	6.0	86.9	7.0	14.5	14.3	9.8	1.7	4.6	65.2	2.5	0.0
L>H	Leeds	2.7	94.7	2.7	17.4	16.9	6.8	12.4	17.5	73.7	2.3	1.1
	Miraflore	1.6	97.9	0.5	16.0	15.6	6.3	5.3	21.2	65.0	2.5	0.5
	Nottingham	2.0	84.2	13.8	16.9	16.3	3.6	10.9	20.6	65.7	0.0	6.1
	Joyride	4.7	91.1	4.2	15.1	14.8	7.5	4.6	9.8	66.6	3.5	0.0
H>L	Leeds	1.6	97.9	0.5	16.9	16.5	7.7	8.2	9.8	72.4	0.0	0.0
	Miraflore	3.8	94.0	2.2	15.6	15.0	2.9	8.7	25.0	64.8	7.6	1.5
	Nottingham	0.5	77.3	22.2	16.6	16.1	2.0	13.1	19.6	66.3	0.5	5.0
	Joyride	2.5	87.8	9.6	15.5	15.1	11.6	4.6	9.2	67.1	0.5	0.0
H	Leeds	2.5	96.5	1.0	18.0	17.4	6.7	19.1	20.1	74.4	1.5	1.0
	Miraflore	4.9	95.5	0.5	16.3	15.5	6.8	8.4	29.3	65.9	2.9	1.0
	Nottingham	0.0	82.8	16.7	17.6	16.4	4.8	20.8	38.7	67.9	0.5	3.4
	Joyride	0.5	93.0	6.5	16.1	15.5	16.2	8.1	18.4	68.8	2.5	0.5
L	Gemiddeld	4.1	89.7	6.1	15.7	15.4	5.3	5.3	10.7	66.4	2.3	2.2
L>H		2.7	91.9	5.3	16.3	15.9	6.1	8.3	17.3	67.8	2.1	1.9
H>L		2.1	89.0	8.9	16.2	15.7	6.0	8.7	15.9	67.6	2.3	1.7
H		1.7	91.9	6.2	17.0	16.2	8.6	14.1	26.6	69.3	1.8	1.5

4.4 Teeltduur

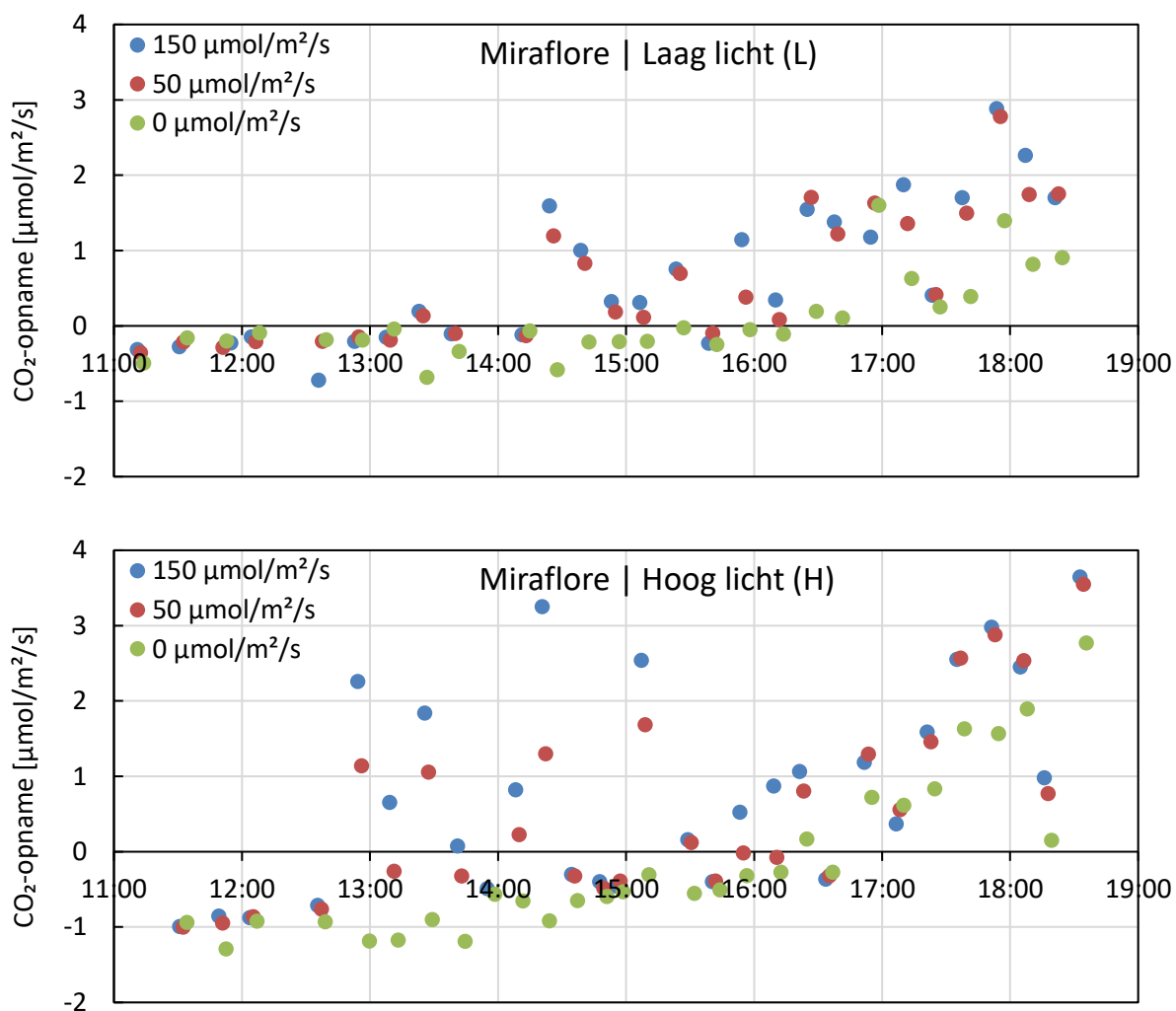
De teeltduur was iets langer (gemiddeld 3 dagen, Tabel 4-4) bij de planten aan de kant van de hoog licht behandeling tijdens de opkweek. Op een teeltduur van ongeveer 330 dagen is dit verschil klein. Het verschil in teeltduur lijkt hoofdzakelijk een effect te zijn van de plaats in de kas. De planten aan de hoog licht kant stonden meer in de schaduw van de gevels. De stralingswarmte van de zon kan ervoor gezorgd hebben dat de teeltduur iets verschilde. De planten zijn geteld bij minimaal 2 open bloemen op een tak. Dit resulteerde in gemiddeld 3.3 open bloemen per plant. Bij laag licht was dit gemiddeld 3.2 open bloemen, bij hoog licht gemiddeld 3.4 open bloemen. (De wisselbehandelingen waren beide gemiddeld op 3.4 open bloemen) Dit verschil in rijpheid kan ook een klein verschil in teeltduur verklaren. In de opkweek is ook een verschil in planttemperatuur gemeten (Hoofdstuk 3.1). Echter de teeltduur zal vooral bepaald worden door de uitgroeiduur van de bloemtakken vanaf inductie in de koelfase.

Tabel 4-4 Teeltduur in aantal dagen na oppotten tot 'meetrijp'. Het criterium 'meetrijp' was minimaal 2 open bloemen per tak. Dit resulteerde in gemiddeld 3.3 open bloemen per plant bij de tweetakkers (zie ook 2.6 Metingen).

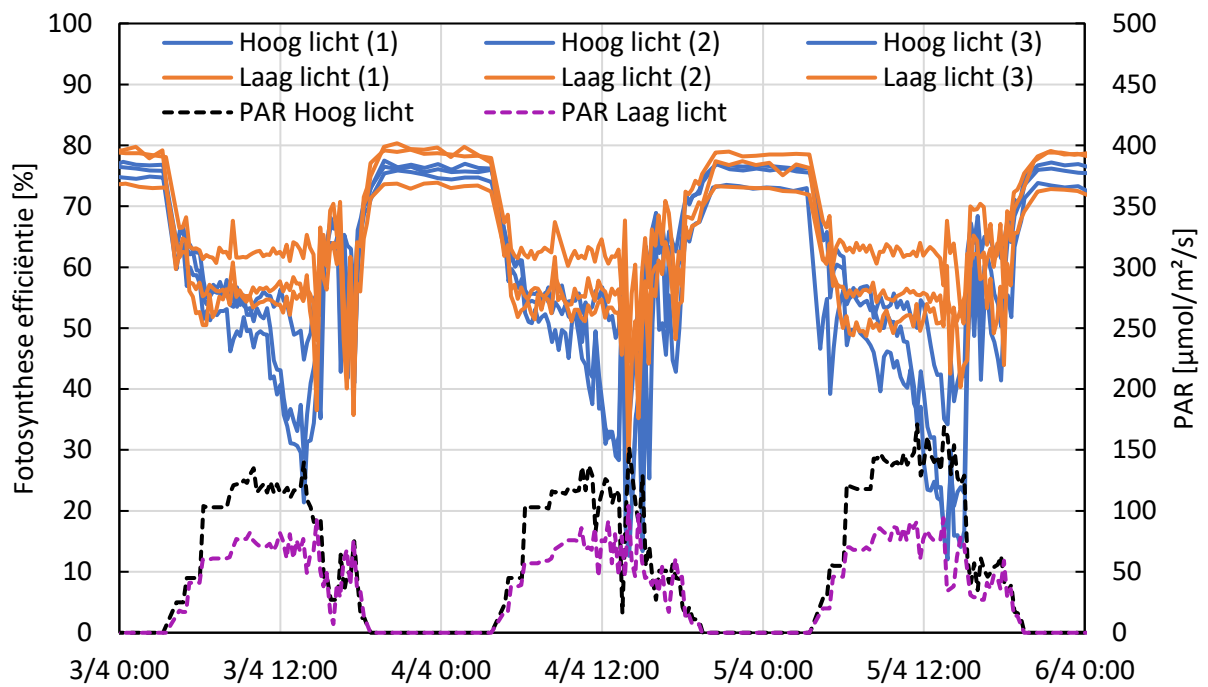
Behandeling	Leeds	Miraflore	Nottingham	Joyride	Gemiddeld
L	325	332	316	331	326
L > H	328	336	318	334	329
H > L	326	332	316	332	326
H	328	335	318	335	329

4.5 Fotosynthese

Om te bepalen of de belichting past bij de CAM-fases van het gewas is met behulp van de LI-6800 fotosynthesemeter de CO₂ opname gedurende de dag gemeten. Hiervoor zijn gedurende de dag metingen gedaan bij 150, 50 en 0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ meetlicht om het verloop van de CO₂ opname in beeld te brengen. Aan de metingen valt op dat bij de planten geteeld onder hoog licht CAM fase III eerder eindigt dan bij de planten onder laag licht (Figuur 4-5). Dit duidt erop dat onder hoog licht het malaat eerder opgebruikt is dan onder laag licht, wat ruimte geeft voor een langere periode met directe C₃-fotosynthese in de middag. Het verschil tussen hoog en laag licht is overigens kleiner bij Leeds (Figuur bijlage VI) dan bij Miraflore (Figuur 4-5). Naast deze meting waren er bij de hoog licht en laag licht drie Sendot fluorescentie sensoren (Figuur 4-6).



Figuur 4-5 Netto CO₂ opname gedurende de dag bij Miraflore. Gemeten op 05-04-2024 met een LI-6800 fotosynthesemeter. Boven planten geteeld bij laag licht, onder planten geteeld bij hoog licht. Op het moment dat er CO₂ opname is in het licht (blauw) maar niet in het donker (groen) is er sprake van (reguliere) C₃ fotosynthese. Vanaf het moment dat er in het donker (groen) CO₂ opname is, is er sprake van CAM opname (en gedeeltelijk nog C₃ fotosynthese indien er een hogere CO₂-opname is met licht).



Figuur 4-6 Fotosynthese efficiëntie gemeten met Sendot sensor bij Miraflore. Het einde van de CAM fase is goed te zien en komt overeen met de meting van de LI-6800 (Figuur 4-5). Bij hoog licht is er eerder in de middag een afname te zien in het rendement van de lichtbenutting voor elektronentransport in het blad dan bij laag licht.

5 Discussie

De aanleiding voor deze proef is de observatie dat in een Phalaenopsis winterteelt in de kas een relatief hoog aandeel van de assimilaten gealloceerd wordt naar de wortels (Bongers et al. 2023). De vraag is of extra wortelgewicht in een belichte winterteelt uiteindelijk leidt tot een betere plantkwaliteit. De hypothese is dat minder belichten in de opkweekfase vooral ten koste gaat van wortelgewicht, wat niet tot minder bloemtakken of bloemen hoeft te leiden wanneer er in de koel- en afkweekfase wel voldoende licht is. Om dit te toetsen is onderzocht wat het effect is van een lichtsom van 4.0 of 5.8 mol/m²/dag in de opkweekfase op de groei en het scheut- en wortelgewicht in een winterteelt. Vervolgens zijn alle planten gekoeld en afgekweekt bij een gelijke lichtsom van 7.5 mol/m²/dag om de gevolgen van de lichtsom tijdens de opkweek op het aantal bloemtakken en de plantkwaliteit in de fase daarna te onderzoeken.

Een lagere lichtsom in de opkweek resulteerde in een lager plantgewicht aan het eind van de opkweek. Hierbij valt op dat dit verschil inderdaad voor het grootste deel veroorzaakt wordt door een hoger wortelgewicht bij planten onder hoog licht. Na 16 weken opkweek was er geen verschil in scheutgewicht en 19% meer wortelgewicht bij de hoog licht behandeling gemiddeld over de vier getoetste rassen. Na 27 weken opkweek was er bij de hoog licht behandeling wel wat meer scheutgewicht (+9%) en maar liefst 34% meer wortelgewicht. Hoog licht leidt dus inderdaad tot een hoger percentage allocatie van assimilaten naar de wortels t.o.v. scheut + wortels. Het effect van de lichtbehandelingen op bladafsplitsing was klein: geen verschil na 16 weken en gemiddeld +3.3 en + 3.5 blad voor respectievelijk laag en hoog licht na 27 weken. Hoog licht gaf ook een iets compactere bladvorm en meer wortels buiten de pot.

Resumerend gaf hoog licht na de eerste 16 weken opkweek dus alleen zwaardere wortels en na 27 weken opkweek werd dat verschil groter en was er ook iets meer scheutgewicht. Belangrijker is de vraag wat de gevolgen daarvan zijn voor het aantal bloemtakken en de plantkwaliteit aan het einde van de teelt. Uit de bloemtaktellingen komt naar voren dat er gemiddeld iets minder 1-takkers zijn bij de planten opgekweekt onder hoog licht (2% 1-takker) dan onder laag licht (4% 1-takker). Opkweek onder hoog licht resulteert ook in een forsere en zwaardere plant aan het eind van de teelt. De bloemtakken zijn zwaarder (+16%), langer (+2.8 cm) en hebben iets meer bloemen en knoppen (+1.3 knop) en meer zijtakken. De behandelingen waarbij na 16 weken opkweek is gewisseld tussen hoog en laag licht zitten daar in grote lijnen tussenin, waarbij van laag naar hoog licht net iets beter presteert dan andersom.

Het hogere wortelgewicht gevormd tijdens de opkweek onder hoog licht resulteert dus uiteindelijk ook in een hoger (bovengronds) plantgewicht met zwaardere bloemtakken. Het is overigens niet zo dat er een verschuiving plaatsvindt waarbij er meer assimilaten naar de bloemtak gealloceerd worden, maar de hele plant is zwaarder.

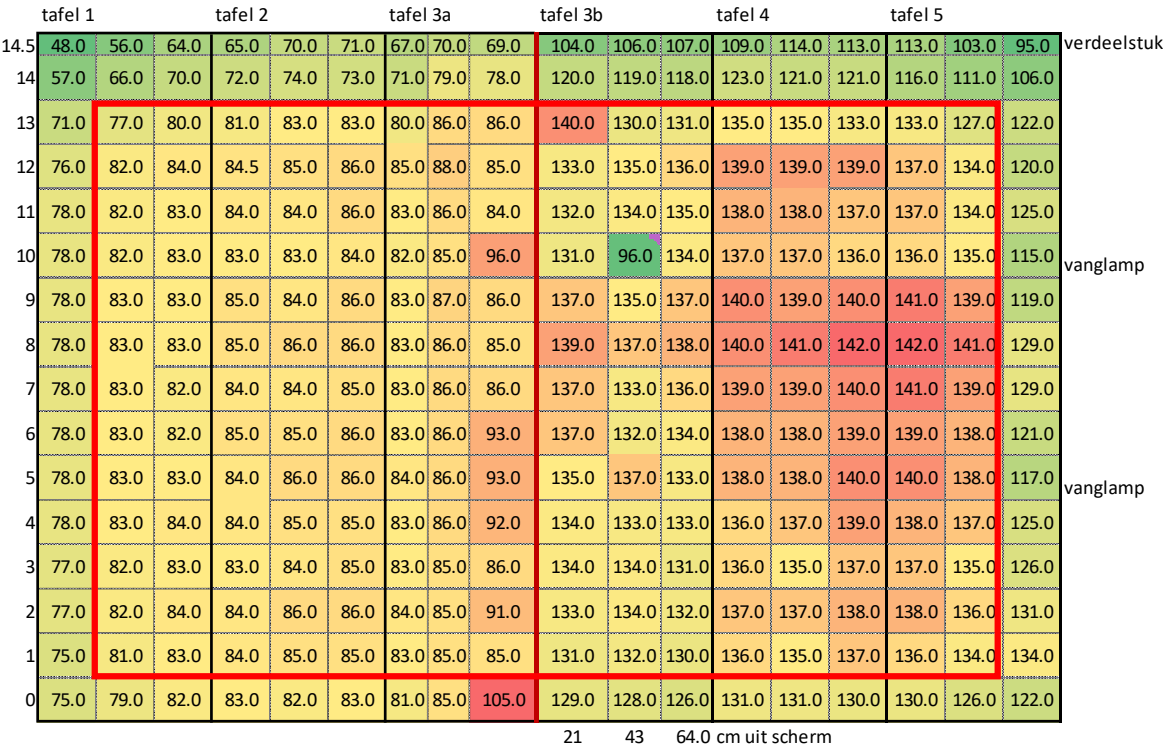
Of de voordelen van hoog licht in de opkweek voor de eindkwaliteit opwegen tegen de extra kosten voor belichting is een economische afweging. Het is maar de vraag of de kwaliteitsvoordelen de extra kosten voor belichting rechtvaardigen. De hoog licht

behandeling met $5.8 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$ vraagt fors meer belichting dan de laag licht behandeling met $4.0 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$: als in de donkerste weken $1 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$ aan daglicht in de kas komt, dan moet voor de hogere lichtsom 60% meer belicht worden. In een daglicht loze teelt is dat 45% meer. Als alternatief kan een strategie waarbij de eerste 16 weken (opkweek 1) minder wordt belicht een goede middenweg bieden. De eerste 16 weken een hoge lichtsom aanhouden en daarna teruggaan in lichtsom lijkt in elk geval geen zinvolle strategie.

6 Referenties

- Bongers M.W., S.W. Hogewoning, L. Helmus-Schuddebeurs & P.J.M. van Beveren (2023)** Phalaenopsis duurzaam geteeld II. Deelrapport II: demonstratie energiezuinige opkweekfase in de kas. Plant Lighting B.V., Bunnik. 67p.
- Boonman A, M.W. Bongers & S.W. Hogewoning (2023)** Phalaenopsis duurzaam geteeld II. Deelrapport I: effecten van lichtspectrum en temperatuur op groei en voortakken in de opkweekfase. Plant Lighting B.V., Bunnik. 45p.
- 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 44: 762-774.
- Hogewoning S.W., M.W. Bongers, G. Trouwborst, L. Helmus-Schuddebeurs, P.J.M. van Beveren. (2022).** Phalaenopsis duurzaam geteeld. Plant Lighting B.V., Bunnik. 89p.

Bijlage I Lichtverdeling

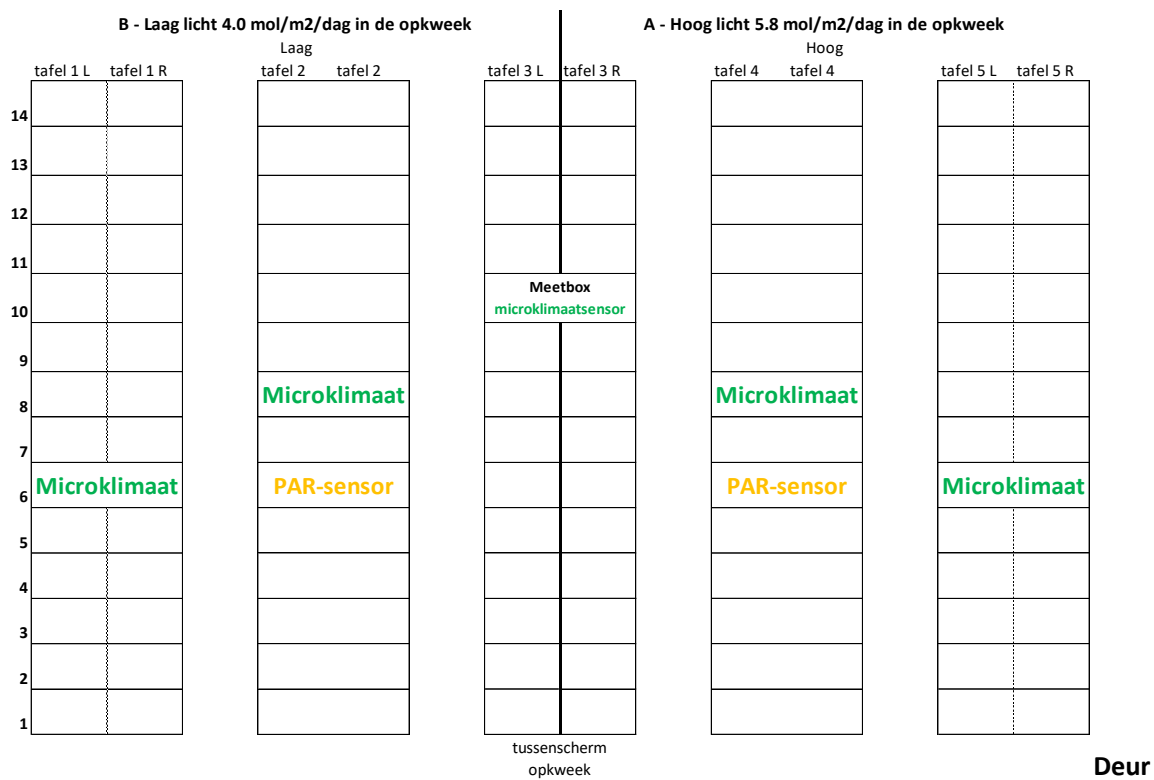


Figuur Bijlage I Lichtverdeling over de teelttafels in de afdeling in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR (links laag licht, rechts hoog licht). De LED's zijn dimbaar dus de intensiteit is aangestuurd op de gewenste intensiteit. Op tafel 3b hangt de meetbox, aangegeven met een paars teken, hierdoor is de intensiteit op dit punt lager. De rode lijn toont waar de meetplanten hebben gestaan.

Bijlage II Voedingsschema

	mS/cm		mmol/L														μmol/L					
Omschrijving	EC	pH	N _{tot}	Ureum	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	
Gift	1	6	12	1.5	0	4	0.2	2.4	1	<0.1	8.5	0.2	0.75	0.2	0.9	40	12.6	5.3	7.2	2.0	0.3	

Bijlage III Plattegrond sensoren



Figuur Bijlage III plattegrond van de temperatuur- en RV-sensoren.

Bijlage IV foto's 16 weken

Leeds L



Leeds H



Miraflore L



Miraflore H



Nottingham L



Nottingham H



Joyride L



Joyride H



Bijlage V foto's 27 weken

Leeds L



Leeds H



Leeds L>H



Leeds H>L



Miraflore L



Miraflore H



Miraflore L>H



Miraflore H>L



Nottingham L



Nottingham H



Nottingham L>H



Nottingham H>L



Joyride L



Joyride H



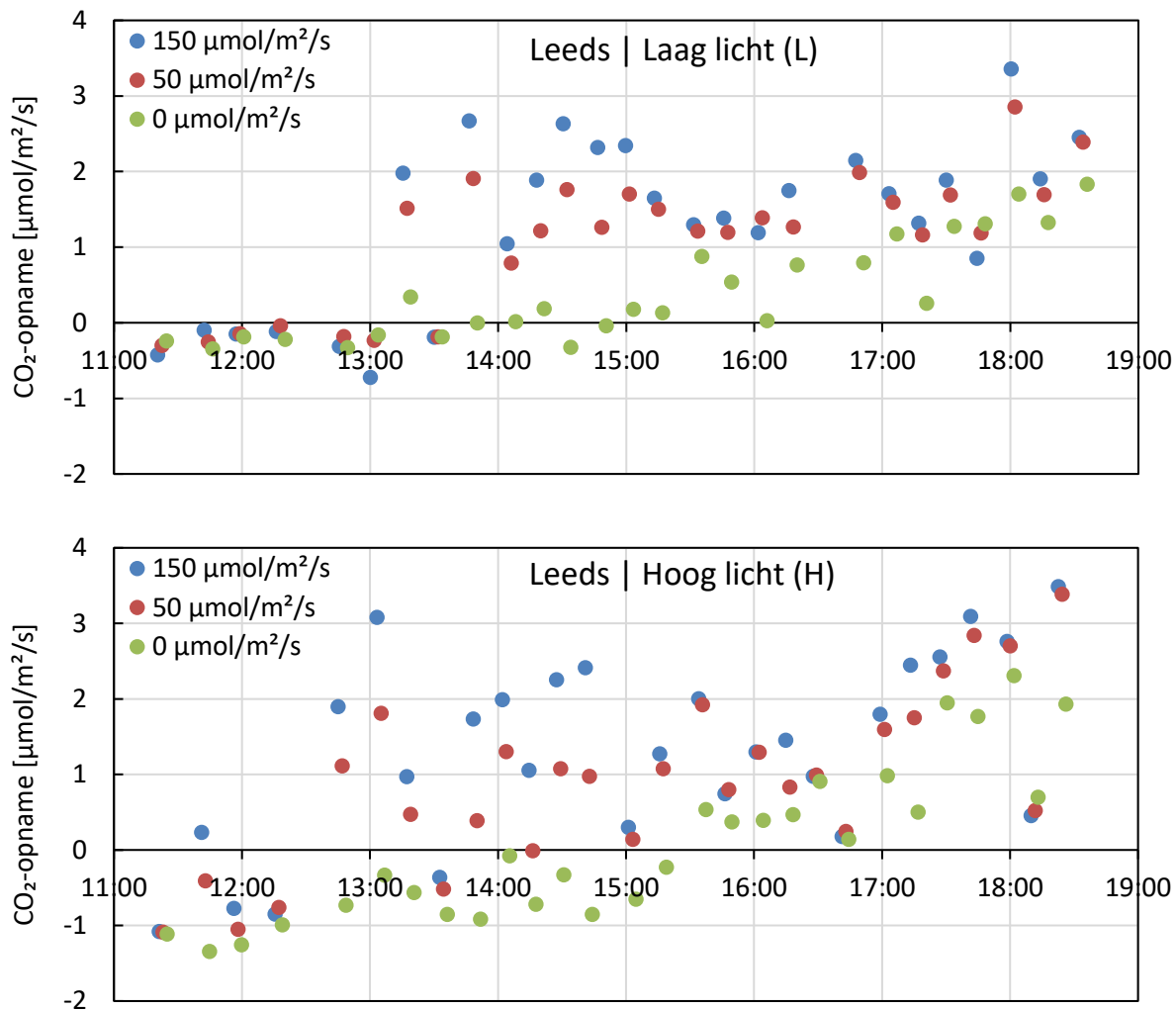
Joyride L>H



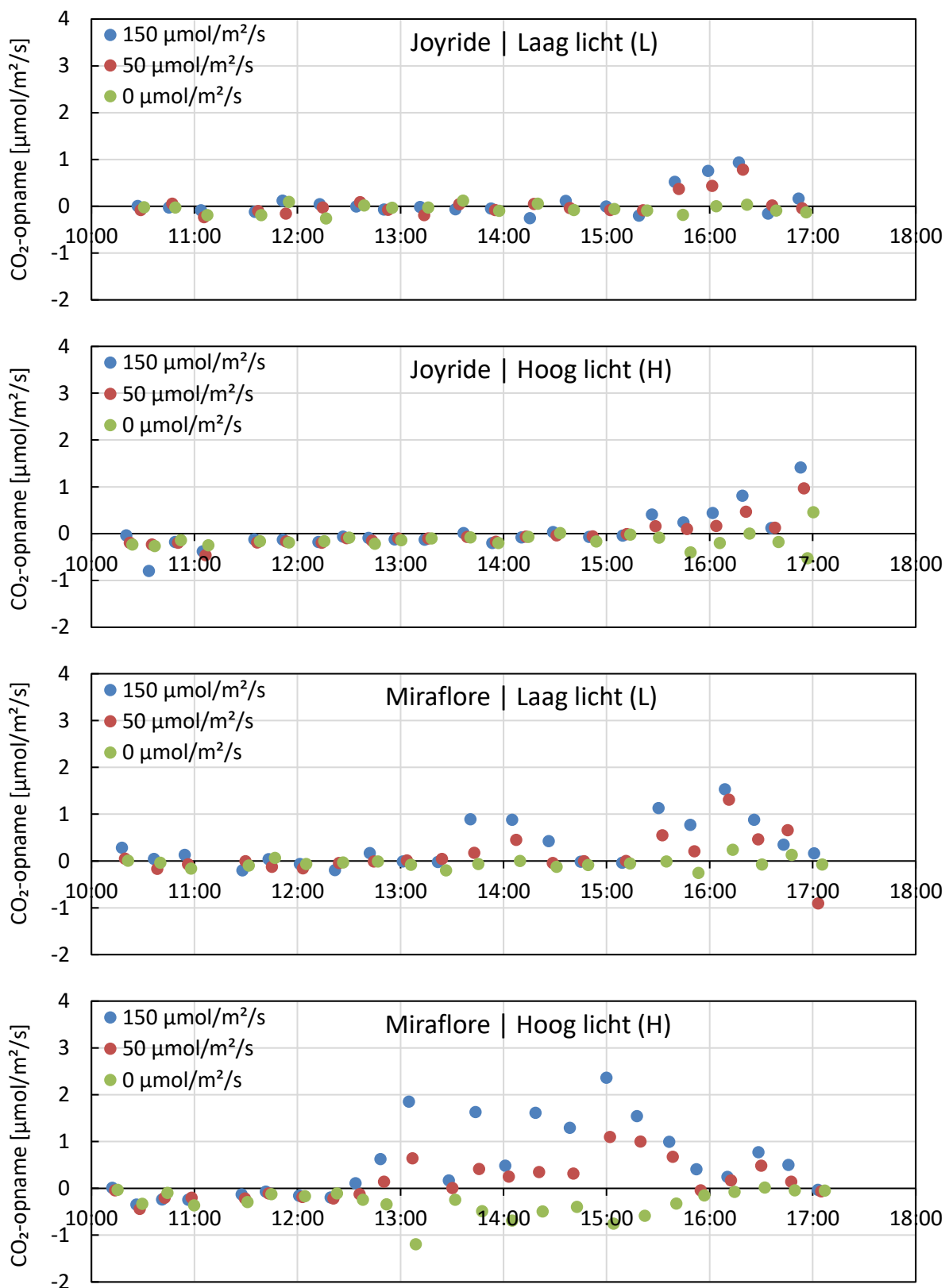
Joyride H>L



Bijlage VI Fotosynthese



Figuur bijlage VI Netto CO₂ opname gedurende de dag bij Leeds. Gemeten op 05-04-2024. Boven planten geteeld bij laag licht, onder planten geteeld bij hoog licht. Op het moment dat er CO₂ opname is in het licht (blauw) maar niet in het donker (groen) is er sprake van (reguliere) C₃ fotosynthese. Vanaf het moment dat er in het donker (groen) CO₂ opname is, is er sprake van CAM opname (en gedeeltelijk nog C₃ fotosynthese indien er een hogere CO₂-opname is met licht).



Figuur bijlage VI-2 Netto CO₂ opname gedurende de dag bij Joyride en Miraflore. Gemeten op 05-12-2023. Op het moment dat er CO₂ opname is in het licht (blauw) maar niet in het donker (groen) is er sprake van (reguliere) C3 fotosynthese. Vanaf het moment dat er in het donker (groen) CO₂ opname is, is er sprake van CAM opname (en gedeeltelijk nog C3 fotosynthese indien er een hogere CO₂-opname is met licht).