

Teeltversnelling Phalaenopsis door klimaat optimalisatie tijdens op- en afkweek

Tom Dueck, Patricia de Boer & Filip van Noort





WAGENINGEN **UR**

For quality of life

Teeltversnelling Phalaenopsis door klimaat optimalisatie tijdens op- en afkweek

Tom Dueck, Patricia de Boer & Filip van Noort

© 2011 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw



Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 48 60 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1 Inleiding	5
2 Materiaal & Methoden	7
2.1 Plantmateriaal en teelt opkweek	7
2.1.1 Plantmateriaal	7
2.1.2 Teeltcondities	8
2.2 Behandelingen opkweek	8
2.3 Metingen opkweek	9
2.3.1 Klimaatregistratie	9
2.3.2 Bladafsplitsing en bladontwikkeling	9
2.3.3 Fotosynthese en CO ₂ -opname	9
2.3.4 Malaat	10
2.3.5 SPAD-meting	10
2.3.6 Destructieve oogst	10
2.3.7 Statistiek	10
2.4 Teelt afkweek	10
2.4.1 Teeltcondities	11
2.5 Behandelingen afkweek	11
2.6 Metingen opkweek	11
2.6.1 Klimaatregistratie	11
2.6.2 Bladafsplitsing en bladontwikkeling	12
2.6.3 Takafsplitsing en bloei	12
2.6.4 Destructieve oogst	12
2.6.5 Statistiek	12
3 Resultaten & Discussie	13
3.1 Kasklimaat opkweek	13
3.1.1 Gerealiseerde kasklimaat	13
3.1.2 Realisatie van de lichtsom	14
3.1.3 Microklimaat: effect van RV en lichtsom	14
3.1.4 Microklimaat: effect van kasluchttemperatuur	16
3.2 Groei en ontwikkeling opkweek	17
3.2.1 Effect van de luchtvochtigheid op groei	17
3.2.2 Effecten van licht op groei en ontwikkeling	18
3.2.3 Effecten van temperatuur op groei en ontwikkeling	19
3.2.4 SPAD-metingen	20
3.2.5 Bladgroei	21
3.2.6 Sturing van bladvorm door de behandelingen	23
3.2.7 Destructieve oogst	24
3.2.8 Voortakken	25

3.3	Bladtemperatuur opkweek	27
3.4	CO ₂ -opname profielen opkweek	28
3.4.1	Invloed van relatieve luchtvochtigheid	28
3.4.2	Invloed van de lichtsom	28
3.4.3	Opname patronen bij verschillende lichtintensiteiten	30
3.5	Malaat opkweek	31
3.6	Kasklimaat afkweek	33
3.7	Groei en ontwikkeling afkweek	34
3.7.1	Aantal bladeren	34
3.7.2	Bladoppervlak	35
3.7.3	Versgewicht en drooggewicht blad	36
3.7.4	Versgewicht en drooggewicht wortels	36
3.7.5	Samenvattend groei	37
3.7.6	'Koudeschade'	37
3.8	Bloei	38
3.8.1	Bloeisnelheid	38
3.8.2	Aantal takken	39
3.8.3	Snelheid takaanleg	40
3.8.4	Aantal bloem(knoppen)	41
3.8.5	Vers- en drooggewicht van de bloemtakken	42
3.9	Invloed van bladafsplittingsen en bladoppervlak op het aantal bloemtakken	42
3.10	Houdbaarheid	43
4	Conclusies	45
5	Referenties	47
Bijlage I.	Voedingsoplossingen	49
Bijlage II.	Layout draadloze sensoren	51
Bijlage III.	Relatie tussen nondestructieve metingen en gemeten bladoppervlak	53
Bijlage IV.	Effect van licht op microklimaat: temperatuur en RV	55
Bijlage V.	Effect van temperatuur op microklimaat: temperatuur en RV tussen het gewas	57
Bijlage VI.	Effect van temperatuur op groei en ontwikkeling	59
Bijlage VII.	Bladtemperatuur op 16 februari 2010	61
Bijlage VIII.	Effect van RV en licht op bladvorm	63
Bijlage IX.	Vers en drooggewicht van de bloemtakken per cultivar en per behandeling	65
Bijlage X.	Aantal vertakkingen op de bloemtak per behandeling en per cultivar	67
Bijlage XI.	Planttemperatuur tijdens koeling en afkweek	69

Voorwoord

De teelt van Phalaenopsis is gebaat bij constante groeicondities. In Nederland echter, wordt Phalaenopsis geteeld bij relatief lage lichtintensiteiten en tegelijkertijd vertonen de overige klimaatcondities zoals temperatuur en RV relatief veel variatie. Door Phalaenopsis te testen onder een aantal combinaties van licht, temperatuur en luchtvochtigheid kunnen de teeltcondities mogelijk geoptimaliseerd worden, waardoor de groei wordt verbeterd en de teeltduur verkort.

Op verzoek van de Landelijke Potorchideeën commissie en gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (project nr. 13815) heeft Wageningen UR Glastuinbouw het hieronder beschreven project uitgevoerd, dat zich richt op teeltversnelling van Phalaenopsis in de opkweekfase door klimaatoptimalisatie.

Voor het onderzoeksproject Plant-IT waar logistieke modellen aan groeimodellen worden gekoppeld was een onderzoek nodig om een groeimodel te maken, hierbij is gebruik gemaakt van de behandelingen vanuit het projectteeltversnelling en binnen Plant-IT is de invloed van lichtniveau op koeling en afkweek van Phalaenopsis onderzocht. Dit onderzoek is gefinancierd door Pieken in de Delta (Provincie Zuid-Holland en ministerie van EL&I via gelden voor systeeminnovatie en door een bijdrage van een aantal kwekers die deelnemen in het project Plant-IT.

Het project is begeleid door de Phalaenopsistelers Ruud Moor en Rene Hendriks, samen met de teeltbegeleiders Peter Prins (Floricultura) en Menno Gobielle (IMAC). Hun beoordeling van de planten en adviezen met betrekking tot de groei en ontwikkeling, klimaatinstellingen en overige teeltmaatregelen zijn als zeer waardevol ervaren hebben bijgedragen aan de succesvolle uitvoering van het onderzoek. De planten gebruikt in dit onderzoek zijn geschonken door Anthura en Floricultura.

De auteurs zijn ook Peter Schrama en Hans Schuttler erkentelijk voor hun inzet gedurende het project.

Tom Dueck & Filip van Noort
Wageningen UR Glastuinbouw
Januari 2011

Tijdens het verloop van het project is er een aantal voordrachten gehouden en publicaties verschenen over de resultaten van het project. Deze zijn:

Arkensteijn, M., F. van Noort & T.A. Dueck, 2011.

Belichten verkort opkweek met drie tot zes weken en geeft meer takken. Onder glas 8(1), 16-17.

Dueck, T.A. & F.R. van Noort, 2009.

Teeltversnelling Phalaenopsis door klimaatoptimalisatie. Gewasnieuws Potplanten – bloeiende planten 12 (4): 4.

Dueck, T.A., 2009.

Onderzoek naar teeltoptimalisatie: modellen en licht. Lezing Kennisdag Tuinbouw, 24 november 2009, Bleiswijk.

Dueck, T.A., 2009.

Teeltversnelling door klimaatoptimalisatie. Lezing Landelijke dag Potorchidee, 6 november 2009, Bleiswijk.

Dueck, T.A., 2010.

Teeltversnelling door klimaatoptimalisatie. Lezing Landelijke dag Potorchidee, 12 februari 2010.

Dueck, T.A., 2010.

Teeltversnelling door Klimaatoptimalisatie. Lezing Landelijke Potorchideeenmiddag, 2 december 2010.

Dueck, T.A., P.M. de Boer-Tersteeg & F.R. van Noort, 2010.

Resultaten onderzoek teeltversnelling door klimaatoptimalisatie. Gewasnieuws Potorchidee 13 (1). - p. 2.

Noort, F. van, 2010.

Resultaten teeltversnellingsonderzoek Phalaenopsis (inclusief afkweek), Gewasnieuwsbrief orchidee, september 2010.

Noort, F. van, 2010.

Teeltversnellingsonderzoek. Posteer op landelijke Potorchideeenmiddag, 2 december 2010.

Samenvatting

De Phalaenopsissteelt in Nederland wordt gekenmerkt door een relatief lage lichtsom, een temperatuur van 28°C en een lage, wisselende relatieve luchtvochtigheid. Om de variatie in deze klimaatcondities te verminderen, wordt er bij de Phalaenopsissteelt in Nederland relatief veel geschermd, omdat teveel variatie wordt gezien als een oorzaak van groeivertraging en een verhoogde gevoeligheid voor ziektes en plagen.

Door Phalaenopsis te telen onder een aantal verschillende licht- en klimaatcondities werd onderzocht of de teeltcondities geoptimaliseerd konden worden, en daardoor de groei verbeterd en de teeltduur verkort konden worden. In het hieronder beschreven experiment wordt het effect van meer licht, beheersing van de luchtvochtigheid en afstemming van de temperatuur op het lichtniveau tijdens de opkweek van Phalaenopsis onderzocht. Vier cultivars met verschillende eigenschappen werden gebruikt in het experiment. De opkweek duurde van eind juli 2009 tot eind februari 2010.

Gebleken is dat meer licht in combinatie met een hoge RV de groei van Phalaenopsis bevordert. Alle cultivars in dit experiment hadden duidelijk voordeel bij meer licht, al dan niet in combinatie met een hogere kaslucht temperatuur. Bij alle cultivars werd meer biomassa (droge stof) geproduceerd bij een hogere lichtsom, waarbij de snelgroeiende cultivars het beste groeiden onder een lichtsom van 5 in het begin tot 6 mol dag⁻¹ op het eind van de opkweek. De hogere droge stof productie bij deze cultivars kwam tot uiting in een snellere bladafplitsing en grotere bladoppervlak. Bij de traag groeiende cultivars Golden Treasure en Las Palmas, leek er een optimum bij 4 mol per dag te zijn, en dit resulteerde vooral in een snellere bladafplitsing, en minder in het bladoppervlak.

De opname van CO₂ gedurende een etmaal werd gemeten op White Moon, één van de snelgroeiende cultivars. Met een toenemende lichtsom werd meer CO₂ opgenomen, en de hoeveelheid CO₂ die werd opgenomen, werd sterk beïnvloed door de lichtsom. Bij 3 mol dag⁻¹ werd gedurende de nacht ca. 2,5 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ opgenomen, en bij 4 en 5 mol dag⁻¹ behandelingen werd resp. 5 en 6 μmol m⁻² s⁻¹ opgenomen. Er werd dus meer CO₂ opgenomen wanneer de planten meer licht kregen. Dit suggereert dat de fotosynthese wel degelijk gestimuleerd kan worden door meer licht toe te laten, waardoor de groei ook toeneemt.

Een kanttekening hierbij is dat ook al wordt de assimilatie gestimuleerd door meer licht, het lijkt erop dat jonge planten gevoelig zijn voor té hoge lichtintensiteiten. Het verdient daarom aanbeveling om aan het begin van de opkweek met een lagere lichtintensiteit te beginnen, en pas na een aantal weken de lichtintensiteit op te voeren.

Optimalisatie van het klimaat leidde tot teeltversnelling in Phalaenopsis van 3 tot 6 weken. Een toename in lichtsom van 3 naar 5 mol dag⁻¹ resulteerde in gemiddeld 0,7 blad meer tijdens de opkweek bij de traag groeiende cultivars Las Palmas en Golden Treasure. De snel groeiende cultivars White Moon en Promise maakten iets minder bladeren aan, resp. 0,4 en 0,5 bladeren meer. Wanneer uitgegaan wordt van een aanmaak van ongeveer 1 nieuw blad per 6 weken, betekent dat een teeltversnelling van 3 tot 4 weken bij deze cultivars. Bij Las Palmas lijken de behandelingen met een lichtsom van 4 mol dag⁻¹ het beste te zijn, omdat er de hoogste bladafplitsing en bladoppervlak tijdens de opkweek werd gerealiseerd. Voor Golden Treasure, de andere traaggroeiende cultivar, nam het gemiddelde bladoppervlak af met toenemende licht, terwijl de bladafplitsing toenam, wat uiteindelijk resulteerde in een min of meer gelijk totaal bladoppervlak. Ook bij een hogere temperatuur werd een teeltversnelling van 6 weken gerealiseerd bij de snel groeiende cultivars White Moon en Promise tijdens de opkweek. Het effect van een hogere temperatuur op de bladafplitsing van de langzaam groeiende cultivars was ook positief, maar minder duidelijk.

In dit experiment is gebleken dat, hoe meer bladeren er worden gevormd in de opkweekfase, hoe meer takken ontwikkelen en tot bloei komen in de afkweekfase, onafhankelijk van de cultivar. Het aantal meertakkers gemiddeld over alle cultivars neemt ook toe met toenemend licht in de opkweek. Het aantal bloemen per tak nam toe met toenemend licht in de opkweek. De bloemtakken ontwikkelden sneller bij meer licht in de opkweekfase, behalve bij Golden Treasure. Het enige effect van meer licht in de afkweekfase was een verkorting van de tijd totdat de eerste bloem open ging, variërend van 3 tot 14 dagen. In houdbaarheidsonderzoek gaf meer licht in afkweek de meeste bloemen, minste knopval en een betere sierwaarde. Door 'koudeschade' was het blad bij Promise van een matige kwaliteit.

1 Inleiding

Phalaenopsis wordt geteeld in zuidoost Azië bij een hogere lichtintensiteit dan in Nederland, maar met een constante daglengte. De overige klimaatcondities zoals temperatuur en RV vertonen minder variatie dan in Nederland, waardoor het klimaat gekenmerkt wordt door een veel grotere regelmaat. Om de variatie van vooral licht en temperatuur te verminderen, wordt er bij de Phalaenopsisteelt in Nederland relatief veel geschermd, met name in de zomer. Teveel variatie in klimaat gedurende de teelt wordt gezien als oorzaak voor groeivertraging en de schade die dan kan ontstaan. Naast deze twee primaire factoren, speelt een lage luchtvochtigheid (hoog vochtdeficiet), al dan niet in een combinatie met té hoge temperaturen ook een belangrijke rol omdat het de huidmondjes opening remt en daarmee de fotosynthese (Dueck *et al.*, 2008a; Ichihashi *et al.*, 2008).

Licht is de belangrijkste groeibepalende factor, en de lichtniveau's in de Phalaenopsisteelt in Nederland worden vermoedelijk beperkt door schommelingen in temperatuur en RV in de kas, die onvoldoende onder controle gehouden kunnen worden (Dueck *et al.*, 2008b). Wanneer de overige klimaatomstandigheden gecontroleerd en constant gehouden kunnen worden, zou het mogelijk moeten zijn om meer licht in te Phalaenopsisteelt toe te laten. Een aantal projecten (Kas als Energiebron bij S. Huismans in Huissen, en Optimalisatie lichtomstandigheden Palmen) hebben laten zien dat er meer licht toegelaten kan worden mits dat in balans wordt gebracht met de kastemperatuur, vochtdeficiet en CO₂-concentratie.

Hierdoor is gebleken dat bij een hogere RV (lagere vochtdeficiet), maar vooral bij een constantere RV en temperatuur, een snellere bladafplitsing en snellere groei gerealiseerd kan worden. Verder lijkt in de zomer de verhouding tussen aanmaak en verbruik van assimilaten (sink-source verhouding) in onbalans, maar ook in de winter is het onduidelijk of wel de juiste sink-source balans aanwezig is (in opkweek is men de laatste jaren teruggedaan in lichthoeveelheid bij bijbelichten).

Door Phalaenopsis te telen onder een aantal verschillende licht- en klimaatcondities kunnen de teeltcondities geoptimaliseerd worden, sink-source verhouding in balans gehouden worden en de groei verbeterd, waardoor de teeltduur mogelijk verkort wordt. In het hieronder beschreven experiment wordt het effect van meer licht, beheersing van (een hogere) luchtvochtigheid en afstemming van temperatuur op lichtniveau (afstemmen assimilatenaanmaak en assimilatengebruik) tijdens de opkweek van Phalaenopsis onderzocht. Hiermee wordt antwoord gegeven op de vraag 'Wat is de ideale licht-klimaatcombinatie voor mijn gewas?' Daarmee wordt:

- vastgesteld of een optimalisatie van licht- en klimaatomstandigheden kan leiden tot teeltduurverkorting van Phalaenopsis.
- vastgesteld of het mogelijk is meer licht toe te laten bij de opkweek van Phalaenopsis om teeltversnelling te bereiken en of er gelijktijdig een hogere temperatuur en/of luchtvochtigheid moet worden gehandhaafd.
- vastgesteld wat de effecten zijn van meer licht en een hogere RV op de CO₂-opname en fotosynthesesnelheid.

Er worden 4 cultivars met verschillende eigenschappen in het experiment gebruikt. De resultaten van het experiment zullen later in een vervolproject gekoppeld worden aan deze eigenschappen om te komen tot een aantal regels voor het optimale telen van verschillende typen Phalaenopsis.

Naast het effect van een ideale licht klimaat in de opkweek, is het belangrijk om te weten of, en hoe deze teeltcondities in de afkweek de bloei en bloeiwaliteit kunnen beïnvloeden. Daarom zijn er, in samenwerking met de Begeleidingscommissie Onderzoek Potorchideeën, drie opkweekbehandelingen gekozen, die doorgeteeld werden bij drie verschillende lichtniveau's in de koeling en afkweekfase. Met deze combinatie van licht-klimaat condities in de op- en afkweekfases werd in de hier beschreven experiment het effect ervan op de groei en bloei van Phalaenopsis onderzocht.

2 Materiaal & Methoden

2.1 Plantmateriaal en teelt opkweek

2.1.1 Plantmateriaal

De proef werd uitgevoerd met 4 cultivars die 4 verschillende morfologische planttypen (fenotypen) van Phalaenopsis vertegenwoordigen. Tijdens een discussie met de leden van de Landelijke PotorchideeCie is er gekozen voor de volgende indeling en 4 cultivars:

- Trage groei, gele bloem Golden Treasure
- Trage groeisnelheid, minder licht Las Palmas
- Lange blad, snelle groei White Moon
- Compacte plant, snelle groei Promise

Phalaenopsisplanten geleverd door Anthura en Floricultura, werden opgepot door Optiflor in week 31 van 2009 in potten met een diameter van 11,5 cm gevuld met bark substraat.

Planten werden direct na levering in 6 geconditioneerde kassen van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk geplaatst met een plantdichtheid van 76 planten per m². In elke kas stonden 216 planten per cultivar in een blok, in totaal 864 planten per kas. De buitenste rijen planten dienden als randplanten en werden niet gebruikt voor metingen.



Start van het experiment.

De planten kregen ongeveer 2 keer per week voedingsoplossing door ze van boven te broezen. Na het broezen was de bark in de potten voldoende nat en overtollige voedingsoplossing kon weglopen. Door per watergift de hoeveelheid voedingsoplossing per behandeling aan te passen aan de behoefte, werd het vochtgehalte in de potten bij alle behandelingen zoveel mogelijk gelijk gehouden.

De samenstelling van de voedingsoplossing is per groeifase aangepast (Bijlage I). Vanaf de start is gedurende 6 weken recept 1 gegeven, van week 7 tot 22 recept 2, en daarna is tot het einde van de opkweekperiode recept 3 gegeven.

2.1.2 Teeltcondities

De planten werden geteeld in geconditioneerde kascompartimenten bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. De licht- en temperatuurbehandelingen t.o.v. de referentie werden ingesteld zoals in het behandelingstabel is weergegeven. Elke lichtbehandeling werd geregeld middels schermen en bijbelichten met SON-T lampen, om zodoende tot een constante lichtsom per dag te komen. Bij veel zon instraling werd geschermd en bij te weinig licht werd bijbelicht tot een maximum lichtintensiteit.

Bij alle behandelingen werd verneveling toepast om het vochtdeficiet van de lucht constant en voldoende laag te houden. Een laag vochtdeficiet van 6 g/m^3 , ofwel een hoge luchtvochtigheid werd gehandhaafd om de huidmondjes open te houden voor een optimale opname van CO_2 en minerale voeding. CO_2 werd continu toegediend t.b.v. de jongere (C3) en oudere bladeren. Als het vochtdeficiet hoger werd, werd dit op peil gehouden door verneveling. Beoogd werd een RV in de controle te hebben van ca. 60%, en een RV in de overige behandelingen te handhaven van 80%, maar niet hoger te laten worden dan 85%, om de risico voor ziektes klein te houden.

Eind juli bij het inzetten van het experiment werd er gestart met een plantdichtheid van 76 planten m^2 waarbij de potten tegen elkaar zijn geschoven. Na 19 weken is er op 8 december de plantdichtheid aangepast tot 54 planten m^2 .

2.2 Behandelingen opkweek

Er werden 6 behandelingen ingezet (Tabel 1), met een referentie behandeling waarbij het licht, luchtvochtigheid en temperatuur op gelijke waarden werden ingesteld als in de praktijk gebruikelijk is. De lichtbehandelingen werden ingezet met oplopende lichtsommen van 3, 4 en 5 $\text{mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ bij het begin van het experiment.

Tabel 1. *Overzicht met kasklimaat setpoints van Phalaenopsis gedurende de opkweek van 30 weken.*

Behandeling	Lichtsom ($\text{mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$)	Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	RV (%)	VPD (g m^{-3})
1 (praktijk)	3	28	60	10
2	3	28	80	6
3	4	28	80	6
4	4	31	80	6
5	5	31	80	6
6	5	28	80	6

De lichtintensiteiten werden verhoogd gedurende de opkweek (Tabel 2). De RV in de behandelingen werd hoger ingesteld dan in de controle (die de praktijk moet benaderen), op ca. 80% RV. De temperatuur werd op 28°C en 31°C ingesteld zoals in Tabel 1 wordt weergegeven.

Tabel 2. *Het verloop van de lichtsom en de gebruikte lichtintensiteiten gedurende de opkweek van Phalaenopsis.*

Teelt periode	Datum	Lichtsom ($\text{mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$)	Lamplichtintensiteit ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
wk 0 tot 16	28 juli – 20 nov	3	60-80
wk 17 tot 22	20 nov – 30 dec	3,5	80-100
wk 23 tot 30	30 dec – 26 febr	4	100-130

Het voorbeeld in Tabel 2 is dat van $3 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$; bij 4 resp. 5 mol werd het lichtintensiteit ook verhoogd met telkens $0,5 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ in dezelfde periodes, en daarbij zijn de lamplichtintensiteiten hoger aangepast.

2.3 Metingen opkweek

2.3.1 Klimaatregistratie

Kasklimaat

De setpoints en het gerealiseerde klimaat in de kassen werd elke 5 minuten geregistreerd met de Hoogendoorn klimaatcomputer. Daarbij werd de kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, vochtdeficiet, CO_2 -concentratie, globale straling en het PAR licht in de kas gemeten en opgeslagen.

Microklimaat

Het microklimaat werd gemonitord met draadloze sensoren, die op bladhoogte tussen de planten hingen in de 4 kwadranten van elke kas. In ieder kwadrant was één van de cultivars geplaatst, waardoor 2 sensoren hingen tussen de planten van elke cultivar, met nog één sensor naast de Hoogendoorn 'box' dus 9 sensoren per compartiment. Waardes werden elke 5 min geregistreerd. Een schema van de positie van de sensoren wordt weergegeven in Bijlage II.

Metingen van het gewastemperatuur

Metingen van de bladtemperatuur werden op twee manieren uitgevoerd, momentane metingen met een portable IR meter en continu met een vaste IR camera.

Portable IR meter. De bladtemperatuur werd gemeten met een portable IR meter (Humiport 05 IR temperatuurmeter) op 1 december tussen 14.00 en 15.00 uur. Dit werd herhaald op 16 februari, tussen 11.00 en 12.00 uur. Er werd gemeten aan het (bijna volgroeide) blad tegenover het jonge blad. De meting werd altijd uitgevoerd tussen de nerf en de bladrand, op $\frac{3}{4}$ van de lengte van het blad. Er werden alleen bladeren gebruikt die niet werden beschaduwd door andere bladeren.

Vaste IR camera. De gewastemperatuur van de cultivar Las Palmas werd continu gemeten met infrarood camera's (infrarood pyrometer, model CT11, Heitronics). Met deze meters kan de temperatuur op afstand – dus zonder contact – worden gemeten. De pyrometers werden in januari geïnstalleerd in de compartimenten met behandelingen 1 ($3 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, 28°C en 60% RV), 2 ($3 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, 28°C en 80% RV) en 3 ($4 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, 28°C en 80% RV). De apparatuur is tot het einde van de opkweekperiode in gebruik gebleven.

2.3.2 Bladafsplitsing en bladontwikkeling

Tijdens de opkweekperiode is elke 6 weken aan 10 planten per cultivar per behandeling het aantal bladeren geteld en is elke 4 weken bij deze planten de lengte en de maximale breedte per blad gemeten volgens Chen & Lin (2004). Op 24 november is een destructieve oogst uitgevoerd, waarbij van 10 planten per cultivar naast de lengte en de breedte van de bladeren ook het bladoppervlak is gemeten met een bladoppervlaktemeter. De relatie is vastgesteld tussen lengte x breedte van een blad en het bladoppervlak (zie Bijlage III). De verkregen ijklijn kwam goed overeen met de relatie gevonden door Chen & Lin (2004) en is gebruikt om uit de 4-wekelijkse metingen het bladoppervlak te berekenen.

2.3.3 Fotosynthese en CO_2 -opname

De metingen zijn uitgevoerd met een LiCor 6400, waarmee tegelijkertijd de CO_2 -opname, verdamping en fluorescentieverloop kan worden gemeten. In het meetcuveet kunnen de lichtomstandigheden, de CO_2 -concentratie,

de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden om daarmee de CO₂-opname van het blad te bepalen. De CO₂-opname wordt afgeleid uit het verschil in CO₂-concentratie in de luchtstroom bij de in- en uitgang van het meetcuvet.

2.3.4 Malaat

Na 27 weken opkweek (week 5, 2010) zijn malaatconcentraties gemeten in het jongst volgroeide blad van White Moon in alle behandelingen. Op 7 tijdstippen van de dag zijn 3 bladponsjes met een diameter van 14 mm per plant genomen van in totaal 3 planten per tijdstip. De tijdstippen van monsternamen waren: ca. 1 uur voor het licht werd, 1 uur, 2 uur, 4 uur na starten van de lichtperiode en 2 uur, 1 uur en 1 uur na starten van de donkerperiode. Bladponsjes werden direct ingevroren in vloeibare stikstof en werden vervolgens bevroren gemalen. Monsters zijn gezuiverd en vervolgens gederiviseerd. Scheiding vond plaats met behulp van een gaschromatograaf gekoppeld aan een massaspectrometer (LECO) voor kwantificering.

2.3.5 SPAD-meting

Met een SPAD meter (Minolta SPAD-502) is de lichttransmissie door het blad bepaald, dit geeft een indruk van de hoeveelheid chlorofyl in het blad. De meting is uitgevoerd aan 20 planten per cultivar per behandeling. Hierbij is gemeten aan het (bijna volgroeide) blad tegenover het jongste blad. Er is alleen gemeten aan blad dat niet beschadwd werd door andere bladeren. De meting is altijd uitgevoerd op de plaats tussen de nerf en de bladrand, op driekwart van de lengte van het blad.

2.3.6 Destructieve oogst

Op 3 momenten tijdens de teelt zijn planten destructief geoogst. De eerste oogst was bij het starten van het experiment (data niet vermeld), de tweede in november en de derde oogst was aan het einde van de opkweekfase.

De destructieve oogst in november is uitgevoerd waarbij lengte, breedte en oppervlak van de bladeren is gemeten. Door de bladlengte vermenigvuldigd met de bladbreedte uit te zetten tegen de werkelijk gemeten bladoppervlak, ontstond er een relatie (voor de ijklijn zie Bijlage III) die gebruikt werd om tijdens de teelt de groeitoename niet destructief te 'meten' (zie paragraaf 2.3.2).

Bij de destructieve oogsten na de opkweekperiode is van 10 planten per cultivar per behandeling het vers- en drooggewicht van het blad gemeten.

2.3.7 Statistiek

Tijdens de opkweekperiode stonden de planten in 6 verschillende kassen met elk een andere teeltregime, zonder herhaling. In elke kas stonden 4 verschillende cultivars. Van de groeiparameters zijn er gemiddelde waarden berekend met de standaardfout, waarbij de standaardfout de variatie aangeeft rond het gemiddelde. Een variatie analyse is uitgevoerd over alle cultivars (met Genstat), voor de behandelingsfactoren licht, temperatuur en relatief luchtvochtigheid.

2.4 Teelt afkweek

In de afkweek is het onderzoek voortgezet met planten uit de opkweek, waarvan de herkomst en de behandelingen is besproken in de paragrafen 2.1- 2.3. In het onderzoek is verder werkt met 3 geconditioneerde kassen van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. De afkweek is gestart op 24 februari (week 8).

2.4.1 Teeltcondities

De teeltcondities van de koeling en afweek zijn aangelegd met toenemend licht, zoals in het behandelingstabel is weergegeven. Eind februari is gestart met de koeling met een plantdichtheid van 45 planten m². De watergift is gehandhaafd op twee beurten per week, waarbij naar behoefte water is gegeven.

2.5 Behandelingen afweek

Er werden drie behandelingen ingezet (Tabel 3). In overleg met de begeleidingscommissie van het onderzoek zijn drie opweekbehandelingen gekozen, namelijk de behandelingen met een verschillend lichtniveau in de opweek, maar hetzelfde temperatuur-, en vochniveau. De planten die bij deze behandelingen zijn opgekweekt, zijn verdeeld over drie afdelingen met elk een ander lichtniveau. Dit levert de volgende behandelingstabel op.

Tabel 3. Overzicht met kasklimaat setpoints van *Phalaenopsis* gedurende de opweek van 30 weken en koeling en afweek van 20 weken.

Behandeling	Opweek			Koeling en afweek			
	Lichtsom (mol m ⁻² dag ⁻¹)	Temperatuur (°C)	VPD (g m ⁻³)	Lichtsom (mol m ⁻² dag ⁻¹)	Koel-temperatuur(°C)	Afweek-temperatuur (°C)	VPD (g m ⁻³)
1	3-4*	28	6	6	20/18	22/18	6
2	4-5	28	6	6	20/18	22/18	6
3	5-6	28	6	6	20/18	22/18	6
4	3-4	28	6	7,5	20/18	22/18	6
5	4-5	28	6	7,5	20/18	22/18	6
6	5-6	28	6	7,5	20/18	22/18	6
7	3-4	28	6	9	20/18	22/18	6
8	4-5	28	6	9	20/18	22/18	6
9	5-6	28	6	9	20/18	22/18	6

* Start en einde lichtniveau opweek.

2.6 Metingen opweek

2.6.1 Klimaatregistratie

Kasklimaat

De setpoints en het gerealiseerde klimaat in de kassen werd elke 5 minuten geregistreerd met de Hoogendoorn klimaatcomputer. Daarbij werd de kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, vochtdeficiet, CO₂-concentratie, globale straling en het PAR licht in de kas gemeten en opgeslagen.

Metingen van het gewastemperatuur

Metingen van de bladtemperatuur werden uitgevoerd met een vaste IR camera: De gewastemperatuur van de cultivar Las Palmas werd continu gemeten met infrarood camera's (infrarood pyrometer, model CT11, Heitronics). Met deze meters kan de temperatuur op afstand – dus zonder contact – worden gemeten.

2.6.2 Bladafsplitsing en bladontwikkeling

Tijdens de afkweekperiode is elke 6 weken aan 6 planten per cultivar per behandeling het aantal bladeren geteld. Eind februari 2010 is een destructieve oogst uitgevoerd, waarbij van 10 planten per cultivar het versgewicht, drooggewicht en het bladoppervlak is gemeten .

2.6.3 Takafsplitsing en bloei

Tijdens de koel- en afkweek zijn tellingen verricht aan het ontstaan van takken. Aan het einde van de afkweek is dat uitgebreid gedaan met tellingen aan het aantal volwaardige takken, té kleine takken (kleiner dan eerste knop van een volwaardige tak), aantal vertakkingen met minimaal 3 knoppen, aantal open bloemen, het aantal knoppen en afwijkende takken.

2.6.4 Destructieve oogst

Op 4 momenten tijdens de teelt zijn planten destructief geoogst. De eerste oogst was bij het starten van het experiment (data niet vermeld), de tweede in november, de derde oogst was aan het einde van de opkweekfase en de vier was op het einde van de teelt, wanneer in ieder geval 50% van de cultivar in bloei stond. Bij de destructieve oogsten na de opkweekperiode is van 10 planten per cultivar per behandeling het vers- en drooggewicht van blad, wortel en bloemtak samen met de bloemen bepaald.

2.6.5 Statistiek

In het afkweekonderzoek zijn drie behandelingen uit de opkweek verdeelt over drie behandelingen in de afkweek. Tijdens de afkweekperiode stonden de planten in 3 verschillende kassen met elk een andere lichtregime, zonder herhaling. In elke kas stonden 4 verschillende cultivars. Van de groeiparameters zijn er gemiddelde waarden berekend. Een variatie analyse is uitgevoerd over alle cultivars (met Genstat), voor de behandelingsfactor licht.

3 Resultaten & Discussie

3.1 Kasklimaat opkweek

3.1.1 Gerealiseerde kasklimaat

In Tabel 4 wordt de gerealiseerde lichtsom, gemiddelde etmaal temperatuur en RV van elke behandeling en bij toenemende lichtsommen en/of wijder zetten weergegeven.

Gedurende de eerste periode van 16 weken van de teelt werd een lichtsom van 3, 4 en 5 mol m² dag⁻¹ gehandhaafd. In de 17^e week is dat verhoogd met ongeveer 0,5 mol m² dag⁻¹ en in de 23^e week nogmaals met 0,5 mol m² dag⁻¹, tot lichtsommen van 4, 5 en 6 mol m² dag⁻¹. De ingestelde temperatuur setpoints werden goed gerealiseerd, alleen er zijn wat verschillen opgetreden tussen de realiseerde RV en RV setpoints. Bij het begin van het experiment was de RV setpoint in de referentieteelt 70%. Die is op 19 september lager bijgesteld door de teeltbegeleiding tot 60% om de RV dichterbij de praktijk te houden. Dat verklaart de gerealiseerde RV van 63,5%. Na het instellen van de RV van 60% werd de setpoint niet gehaald, maar bleef ongeveer 5% lager. De gerealiseerde RV in de overige behandelingen bleven ook 5% lager dan de ingestelde 80%, met uitzondering van de behandelingen met een temperatuur van 31°C, waar de beoogde RV wel werd gehaald. Waarschijnlijk komt dat doordat er op vochtdeficiet is gestuurd, en met een temperatuurverschil van 3°C kan de gemeten RV verschillend zijn.

Tabel 4. Gerealiseerde lichtsom (mol m² dag⁻¹) en gemiddelde etmaal temperatuur (°C) en RV (%) gedurende de opkweek van *Phalaenopsis*.

Behandeling (kas nr.)	Instellingen			Periode (wk na start)	Realisatie		
	Lichtsom (mol m ² d ⁻¹)	Temp. (°C)	RV (%)		Lichtsom (mol m ² d ⁻¹)	Etmaal Temp. (°C)	RV (%)
1 (1.01)	3	28	60	0-16	3,0	28,1	63,5
				17-22	3,6	28,0	56,1
				23-30	4,1	28,0	55,8
2 (1.02)	3	28	80	0-16	3,0	28,1	79,0
				17-22	3,6	28,0	77,5
				23-30	4,0	28,0	75,3
3 (1.03)	4	28	80	0-16	3,9	28,1	78,6
				17-22	4,6	28,0	77,3
				23-30	5,0	28,0	75,5
4 (1.10)	4	31	80	0-16	3,8	31,1	80,0
				17-22	4,6	31,0	75,4
				23-30	5,0	31,0	72,3
5 (1.11)	5	31	80	0-16	4,9	31,0	80,0
				17-22	5,7	31,0	80,2
				23-30	6,0	31,0	80,3
6 (1.12)	5	28	80	0-16	4,9	28,1	78,0
				17-22	5,6	28,0	76,7
				23-30	6,0	28,0	74,3

3.1.2 Realisatie van de lichtsom

De gewenste lichtsom werd gerealiseerd door gebruik te maken van een combinatie van natuurlijk daglicht en belichting met SON-T lampen. Er werd geschermd wanneer het natuurlijk lichtniveau op een bepaald moment tijdens de dag té hoog werd. Naarmate de gewenste lichtsom hoger was, werd er later geschermd. Bij té weinig licht werd er bijbelicht met SON-T lampen om de gewenste lichtsom te bereiken. In Figuur 1 is te zien hoe de lichtsom tijdens de dag oploopt totdat het gewenste niveau werd bereikt. Op het moment dat dit het geval was, werden de lampen uitgeschakeld en liep de lichtsom niet verder op. Het aantal lampen per compartiment werd afgestemd op de gewenste lichtsom en de hoeveelheid daglicht, zodat in maximaal 14 uur de gewenste lichtsom gerealiseerd kon worden. Door middel van schermen en belichten werd de daglengte beïnvloed omdat de doelstelling was een bepaalde lichtsom te bereiken. Er is getracht verschillen in daglengte zo klein mogelijk te houden, maar dat is niet altijd gelukt zoals te zien is in Figuur 1. Dat betekent dat de behandelingen verschilden niet alleen de lichtsom, maar dat de daglengte ook weleens korter of langer werd. Of dit een invloed gehad heeft gehad op de groei en ontwikkeling van Phalaenopsis in dit experiment is onduidelijk, temeer omdat een verschil in daglengte bij de behandelingen niet structureel was. Kajihara (1993) beweerde dat de groei wel gestimuleerd kon worden door een (structureel) langere daglengte, waarschijnlijk doordat meer CO₂ opgenomen kon worden.



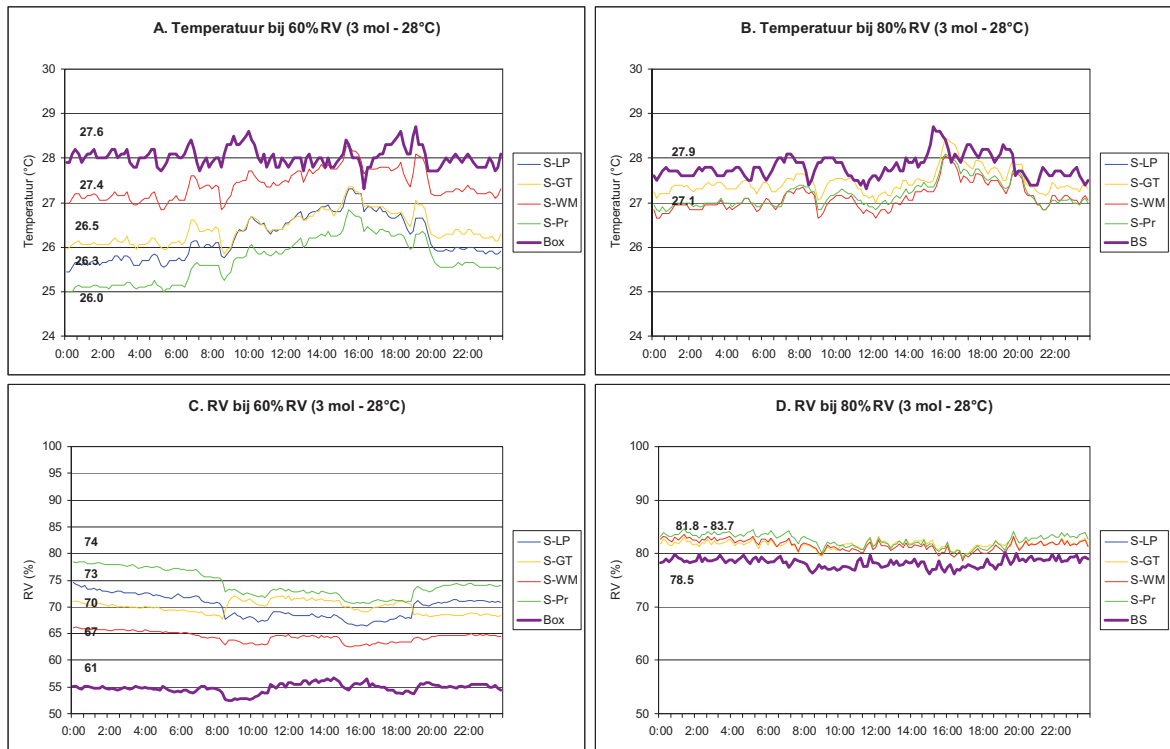
Figuur 1. Weergave van het verloop van de lichtsom over 3 dagen tijdens het experiment.

3.1.3 Microklimaat: effect van RV en lichtsom

Figuur 2 geeft de temperatuur aan (A en B) en RV (C en D) bij de meetbox en tussen het gewas (microklimaat) bij een RV van 60% (referentieteeft, links) en 80% (rechts).

In de referentieteeft was de temperatuur in het gewas, vooral 's nachts, 0-3°C lager dan de temperatuur bij de meetbox die hing net boven het gewas, en het verschil varieert sterk per cultivar. De gemiddelde temperatuur in de maand oktober bijvoorbeeld, was 27,6°C bij de meetbox, en lager in het gewas, bij White Moon 27,4°C, bij Golden Treasure 26,5°C, bij Las Palmas 26,3°C en bij Promise was het 26°C.

Ook de RV bij de meetbox en in het gewas verschilde sterk per cultivar (Figuur 2C en D). Bijvoorbeeld, in de maand oktober was de gemeten RV bij de meetbox 61%, en liep op bij de verschillende cultivars, van 67% bij White Moon, tot 70% bij Golden Treasure, 73% bij Las Palmas en 74% bij Promise. Op de voorbeeldag in Figuur 2 (20 oktober, 2009), was de RV in de kas kennelijk ongeveer 5% lager dan de maandgemiddelde (55% t.o. de maandgemiddelde van 61%).



Figuur 2. Effect van een verhoogde RV setpoint op het microklimaat: op de temperatuur (A en B) en op de RV (C en D) tussen het gewas op 20 oktober 2009. De donkere lijn geeft de temperatuur en RV bij de meetbox weer, en de overige lijnen het microklimaat tussen de 4 cultivars. De cijfers geven gemiddeld etmaal temperatuur en RV aan voor de hele maand.

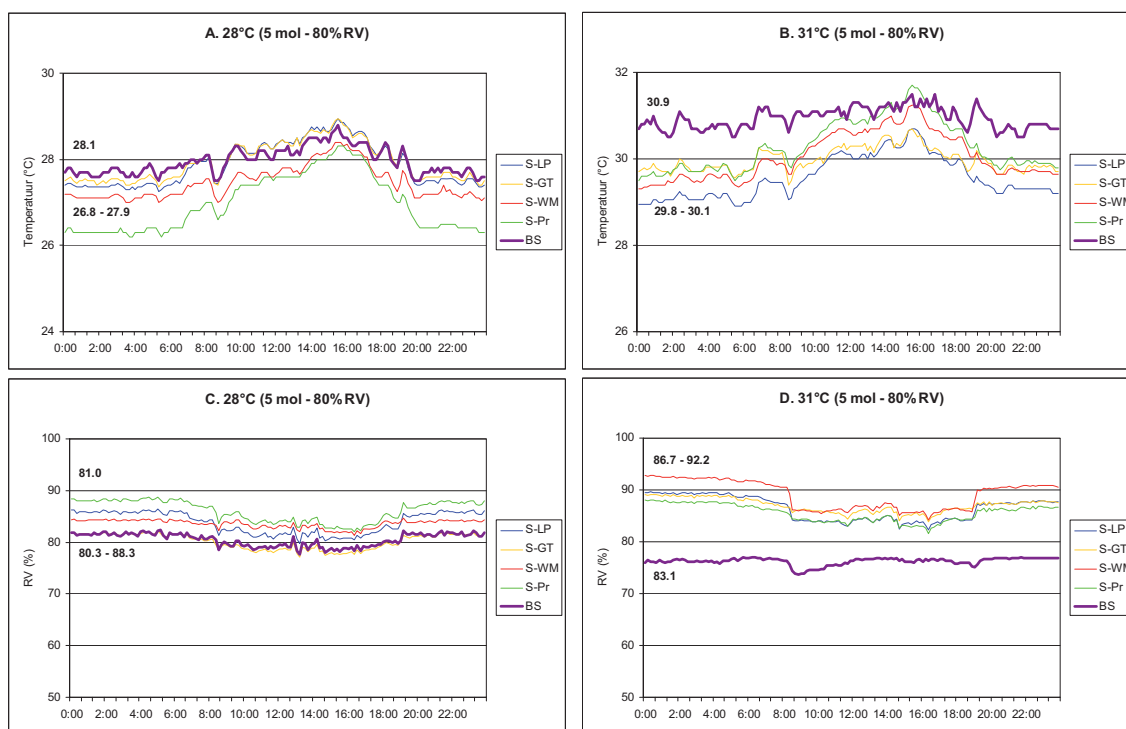
Blijkbaar is het microklimaat in het gewas tussen de verschillende cultivars in één kas veel gelijkmatiger wanneer de RV hoog en constant wordt gehouden. De temperatuur en RV in het gewas is zeer vergelijkbaar met het kasklimaat gemeten bij de meetbox, en is daardoor beter te sturen. Bij een hogere RV setpoint van 80%, zijn de verschillen in temperatuur en RV tussen het gewas en bij de meetbox veel kleiner en gelijkmatiger. Er is minder verschil in microklimaat tussen de cultivars. De gemiddelde temperatuur in oktober bij de meetbox was 27,9°C en dat van alle vier cultivars rond 27,1°C. De RV bij de meetbox bedroeg 78,5% en bij de verschillende cultivars varieerde het van 81,8% tot 83,7%.

Het effect van een toenemende lichtsom op het microklimaat is te zien in Bijlage IV. Daarin vertoonde de temperatuur bij de meetbox een regelmatig beeld, en blijft vrij constant rond de 28°C. De temperatuur in het gewas vertoonde een dag/nacht beeld, met een verschil van 1-2°C t.o.v. de meetbox 's nachts, en nadert de 28°C overdag. De RV in het gewas tussen cultivars ligt dicht bij elkaar is ca. 5% hoger dan bij de meetbox.

3.1.4 Microklimaat: effect van kasluchttemperatuur

In Figuur 3 wordt de temperatuur (A en B) en RV (C en D) bij de box en tussen het gewas (microklimaat) weergegeven bij temperatuur setpoints van 28°C (links) en 31°C (rechts).

De gerealiseerde temperatuur en RV bij de box lagen erg dicht bij de resp. setpoints. De temperatuur tussen de bladeren van de 4 cultivars was iets lager dan de setpoint; bij de setpoint van 28°C was verschilde het per cultivar van 26,8 tot 27,9°C, en bij de setpoint van 31°C verschilde het per cultivar van 29,8 tot 30,1°C. In beide behandelingen was het effect van daglicht zichtbaar met verhoogde temperaturen in de middaguren.

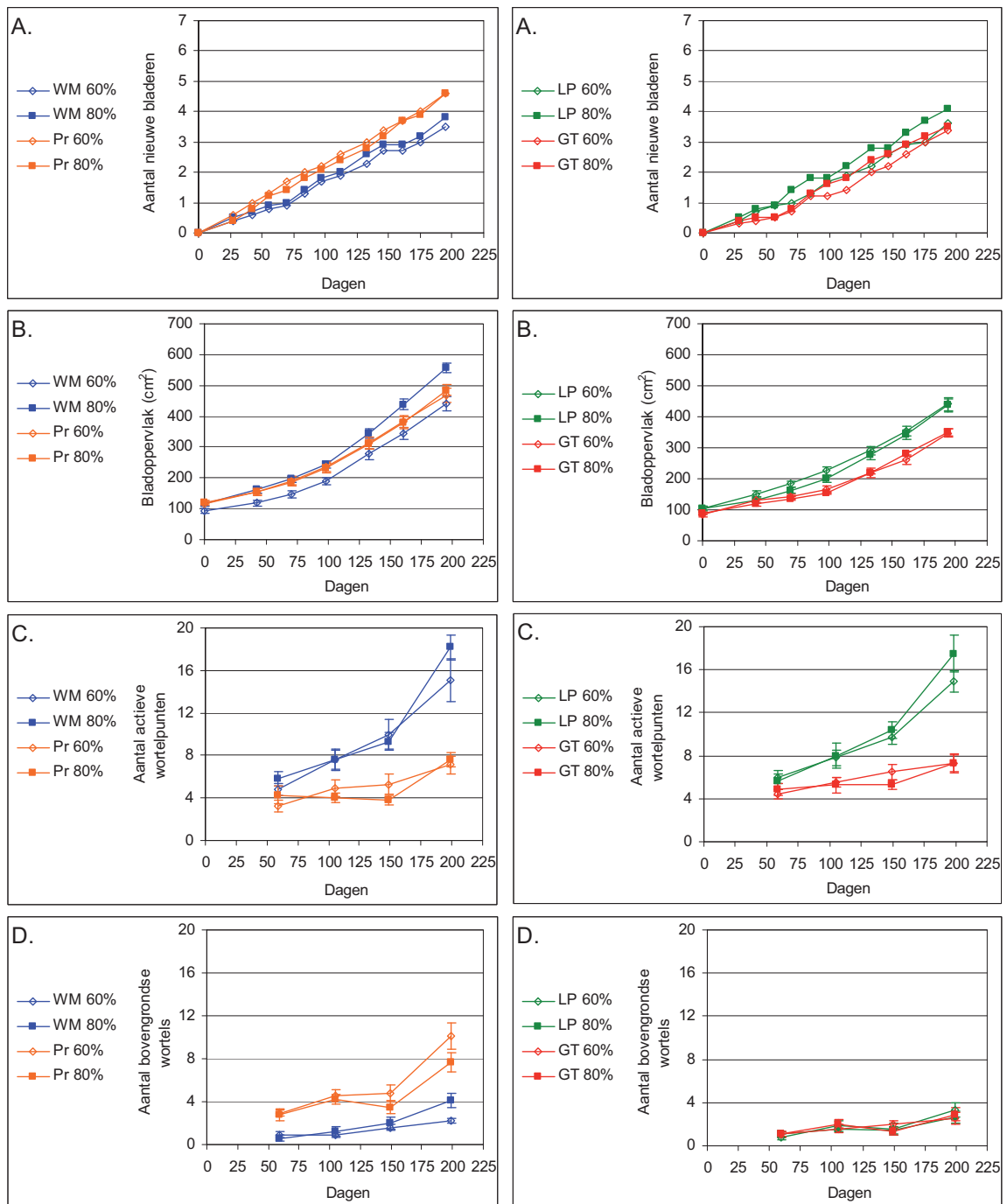


Figuur 3. Effect van een verhoogde temperatuur setpoint op de microklimaat: op de temperatuur (A en B) en op de RV (C en D) tussen het gewas op 20 oktober 2009. De donker lijn geeft de temperatuur en RV bij de meetbox weer, en de overige lijnen het microklimaat tussen de 4 cultivars. De cijfers geven gemiddeld etmaal temperatuur en RV aan voor de hele maand.

Verschillen per cultivar voor wat betreft de gerealiseerde RV lijken klein te zijn in Figuur 3 (C en D), maar de etmaal gemiddelden per cultivar over de hele maand oktober varieerden van 80,3% tot 88,3% bij 28°C en van 86,7 tot 92,2% RV bij een temperatuur van 31°C. De temperatuur in het gewas (microklimaat) als gevolg van een hoge temperatuursetpoint (31°C) varieert meer tussen cultivars bij een lichtsom van 5 mol dag⁻¹ (Figuur 3) dan bij een lichtsom van 4 mol dag⁻¹ (Bijlage V).

3.2 Groei en ontwikkeling opkweek

3.2.1 Effect van de luchtvochtigheid op groei



Figuur 4. Effect van 60% en 80% RV bij 3 mol lichtsom en 28°C op de bladafplitsing (A), bladoppervlakt (B), en het aantal actieve wortels (C) en bovengrondse wortels (D) van de cultivars White Moon en Promise (links) en Las Palmas en Golden Treasure (rechts) tijdens het experiment.

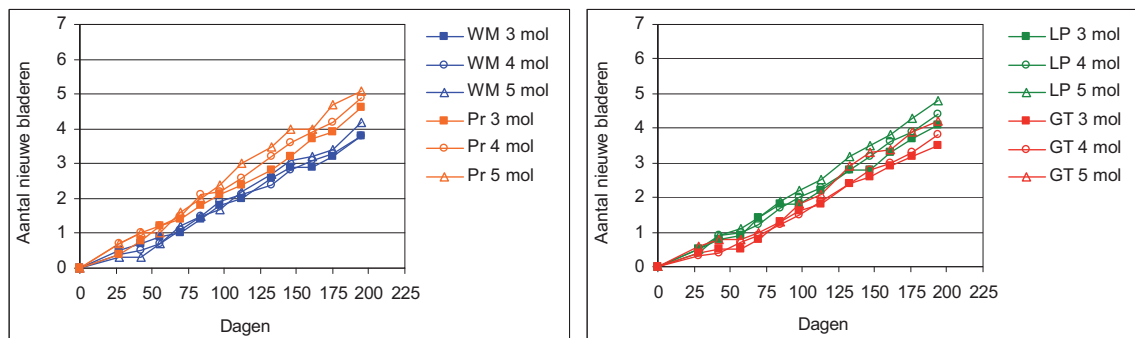
Het effect van een verhoging van de RV in de kaslucht op de groei van Phalaenopsis is in Figuur 4 weergegeven. Het effect van een lage RV (60%) zoals in de praktijk het geval is, is niet groot, zowel bij Golden Treasure en White Moon waarin het minste aantal nieuwe bladeren werden gevormd in de opkweek, als bij Promise met de meeste nieuwe

bladeren. Bij Las Palmas werd er wel een effect van de RV op de bladafplitsing waargenomen; bij 80% en bij 60% RV werd er resp. 4,1 en 3,5 nieuwe bladeren gevormd tijdens het experiment. Een hoge luchtvochtigheid in de kas had alleen een effect bij White Moon, waarbij de bladoppervlak werd verhoogd met ruim 20% t.o.v. die bij een lagere RV zoals in de praktijk.

Door de hogere RV werd het aantal actieve wortelpuntjes bij White Moon en Las Palmas verhoogd, terwijl het geen effect had op Promise en Golden Treasure. Er was geen effect van de RV op het aantal wortels dat buiten de pot uitgroeide bij de trager groeiende cultivars, terwijl bij White Moon, en in mindere mate ook bij Promise, leken er meer wortels buiten de pot te groeien. Dit suggereert dat Promise baat heeft bij een hogere RV in de kaslucht.

3.2.2 Effecten van licht op groei en ontwikkeling

Figuur 5 en Tabel 5 vertonen enige overlap voor wat de bladafplitsing betreft. Bij een toename in lichtsom van 3 naar 5 mol dag⁻¹ maakte Las Palmas en Golden Treasure gemiddeld 0,7 blad meer aan tijdens de opkweek; dit was iets meer dan de overige cultivars die 0,5 (Promise) en 0,4 (White Moon) meer blad aanmaakten. In het algemeen wordt uitgegaan van een aanmaak van ongeveer 1 blad per 6 weken, en dat betekent dat er een teeltversnelling van 3 tot 4 weken werd gerealiseerd bij deze cultivars.



Figuur 5. Effect van een toenemende lichtsom op de bladafplitsing (aantal) van de 4 cultivars tijdens de opkweek.

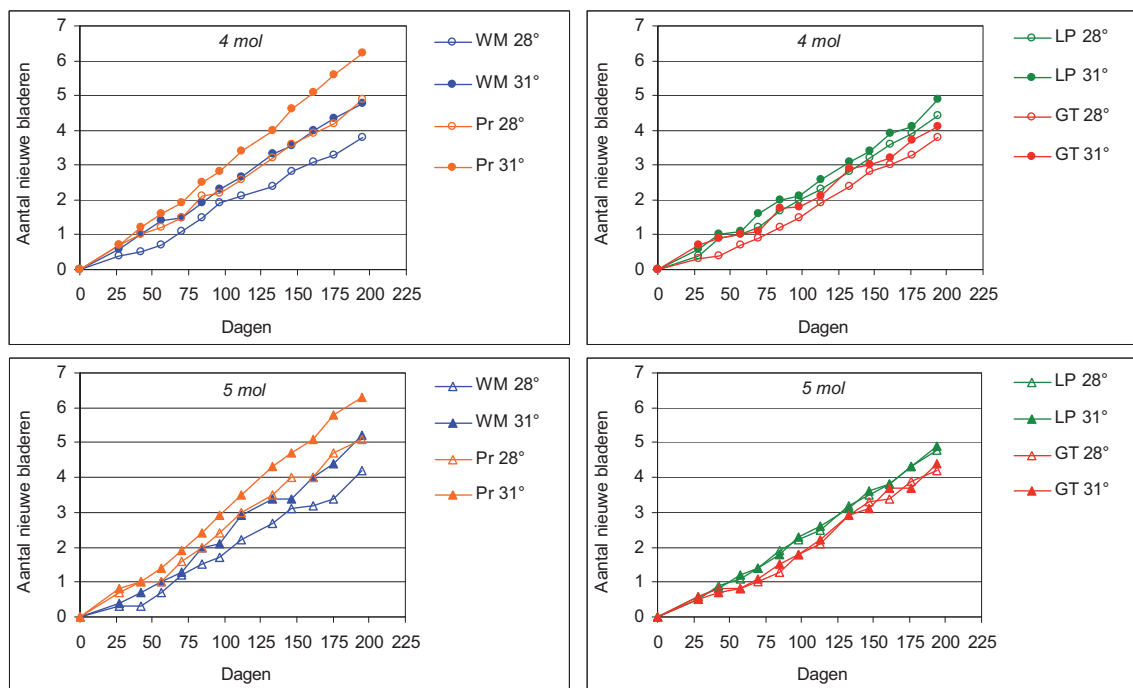
Op het eind van de opkweek vertoonden alle cultivars op White Moon na, een tendens naar een groter bladoppervlak met een toenemende lichtsom. Voor Golden Treasure en Las Palmas lijkt er een optimum op te treden voor wat betreft het bladoppervlak; bij 4 mol lichtsom werd het grootste bladoppervlak geproduceerd. Voor wat betreft de ontwikkeling van de wortels, was er geen tendens te zien.

Tabel 5. Effect van toenemende lichtsom op het bladoppervlak (cm^2), het aantal actieve wortelpunten en het aantal bovengrondse wortelpuntjes (gemiddelde \pm SE) van de 4 cultivars tijdens de opkweek.

Parameter	Lichtsom (mol d^{-1})	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure
Bladafsplitsing	3	3,8	4,6	4,1	3,5
	4	3,8	4,9	4,4	3,8
	5	4,2	5,1	4,8	4,2
Bladoppervlak (cm^2)	3	557 \pm 15	484 \pm 17	437 \pm 20	351 \pm 12
	4	530 \pm 27	526 \pm 20	482 \pm 22	373 \pm 17
	5	597 \pm 15	558 \pm 21	452 \pm 21	331 \pm 22
Actieve wortelpuntjes	3	18,2 \pm 1,2	7,6 \pm 0,7	17,5 \pm 1,7	7,3 \pm 0,9
	4	13,2 \pm 1,0	6,2 \pm 0,6	14,2 \pm 1,4	7,3 \pm 0,7
	5	17,6 \pm 1,4	10,0 \pm 1,0	16,8 \pm 1,8	8,5 \pm 1,4
Bovengrondse wortels	3	4,1 \pm 0,7	7,7 \pm 0,9	2,7 \pm 0,6	2,9 \pm 0,6
	4	4,1 \pm 0,4	12,8 \pm 1,9	4,3 \pm 0,8	2,3 \pm 0,5
	5	6,8 \pm 1,3	9,6 \pm 0,8	5,9 \pm 0,6	2,6 \pm 0,7

3.2.3 Effecten van temperatuur op groei en ontwikkeling

Het effect van een hogere temperatuur op de bladafsplitsing wordt weergegeven in Figuur 6 en Bijlage VI. Bij de snellere groeiende soorten White Moon en Promise wordt 1 blad meer gevormd tijdens de opkweek bij een setpoint van 31°C, en al heeft een verhoogde temperatuur een positief effect bij de langzamer groeiender cultivars, is het veel minder duidelijk. Wanneer uitgegaan wordt van een aanmaak van ongeveer 1 blad per 6 weken betekent dat deze hogere temperatuur tot een teeltversnelling van 6 weken kan leiden. Mogelijk wordt het kleine temperatuur effect op de groei bij deze cultivars gemaskeerd door een andere (onbekende) factor. In het algemeen wordt meer bladoppervlak gevormd onder hogere temperaturen (Kajihara *et al.*, 1992), een effect dat tot uiting komt in bladlengte.



Figuur 6. Effect van verhoogd temperatuur (31°C) bij een lichtsom van 4 en 5 mol dag⁻¹ op de bladafplitsing (aantal) van de 4 cultivars tijdens de opkweek.



Gekrulde bladrand geeft snelle groei aan.



Non-destructieve metingen.

3.2.4 SPAD-metingen

De SPAD-metingen zijn maar één keer uitgevoerd, bij een relatief jong gewas. SPAD-metingen zijn gebaseerd op lichttransmissie door het blad, en mogelijk werden de bladeren van Phalaenopsis later in de teelt té dik om voldoende licht door het blad door te laten dringen voor een betrouwbare meting. Wat er zien valt in Tabel 5 is dat de bladkleur niet erg veel verschilt tussen cultivars. In alle gevallen, behalve in White Moon, heeft de hoogste lichtsom een duidelijk lagere SPAD waarde, wat wil zeggen dat bij 5 mol licht dag⁻¹ de bladeren van Promise, Las Palmas en van Golden Treasure lichter van kleur waren, met een mogelijk wat lager stikstof gehalte.

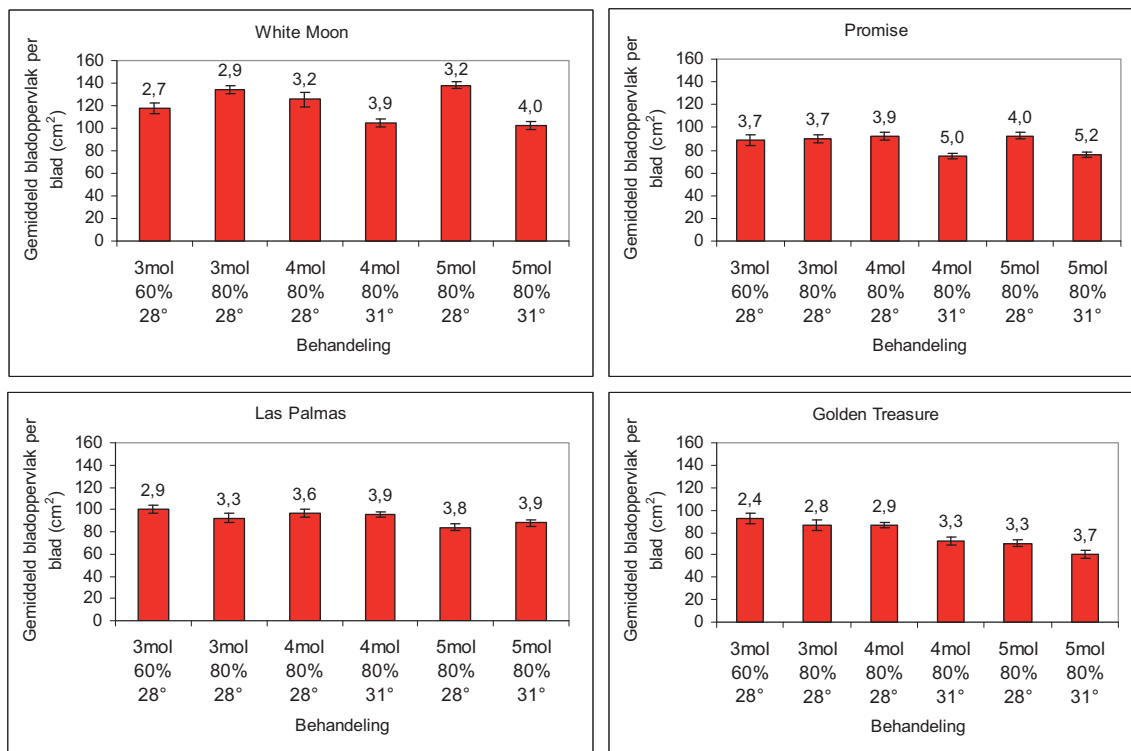
Tabel 6. SPAD metingen van 4 cultivars van *Phalaenopsis* in oktober 2009.

Behandeling	Gemiddelde SPAD waarde				Gemid. per behandeling
	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure	
1 3mol/60%/28°	54,4	57,3	58,0	56,7	56,6
2 3mol/80%/28°	55,9	60,3	57,4	54,7	57,1
3 4mol/80%/28°	50,6	65,0	58,2	53,1	56,7
4 4mol/80%/31°	53,3	54,2	60,1	57,2	56,2
5 5mol/80%/31°	54,4	48,9	54,2	48,1	49,8
6 5mol/80%/28°	48,3	52,8	52,9	47,8	50,5
Gemiddelde per cultivar	51,8	56,4	56,8	52,9	54,5

3.2.5 Bladgroei

Het gemiddelde bladoppervlak per blad (Figuur 7, rode balk), het aantal bladeren (Figuur 7, cijfer boven de balk) alsook het gemiddelde bladoppervlak per plant (Figuur 8) dat tijdens de opkweek werd gevormd geeft het effect van de verschillende behandelingen weer. Bij alle cultivars werden er meer bladeren gevormd tijdens de opkweek met een toenemende lichtsom, met de grootste winst bij de tragere groeiende cultivars Las Palmas en Golden Treasure, waar meer licht resulteerde in gemiddeld een halve blad meer (Figuur 7). In Figuur 4 lijkt de RV weinig effect te hebben op het aantal tijdens de proef gevormde bladeren bij Golden Treasure, terwijl in Figuur 7 is er gemiddeld een half blad meer. Dat komt doordat er bij 60% RV in de laatste weken nog veel nieuwe bladeren zijn bijgekomen.

Ook bij deze twee traag groeiende cultivars werden er meer bladeren gevormd wanneer de RV werd verhoogd van 60% naar 80%, ook bijna een halve blad meer. Kubota *et al.* (1992) daarentegen, beweerde dat er weliswaar met meer licht een grotere bladoppervlak gerealiseerd kon worden, maar dat het geen invloed zou hebben op de bladafplitsing. In Figuur 7 echter, is duidelijk te zien dat bij alle cultivars, er meer bladeren zijn gevormd bij een hogere lichtsom tijdens het experiment, en dat in ieder geval voor de snelgroeiende cultivars White Moon en Promise, het gemiddelde bladoppervlak ook groter werd (Figuur 8).



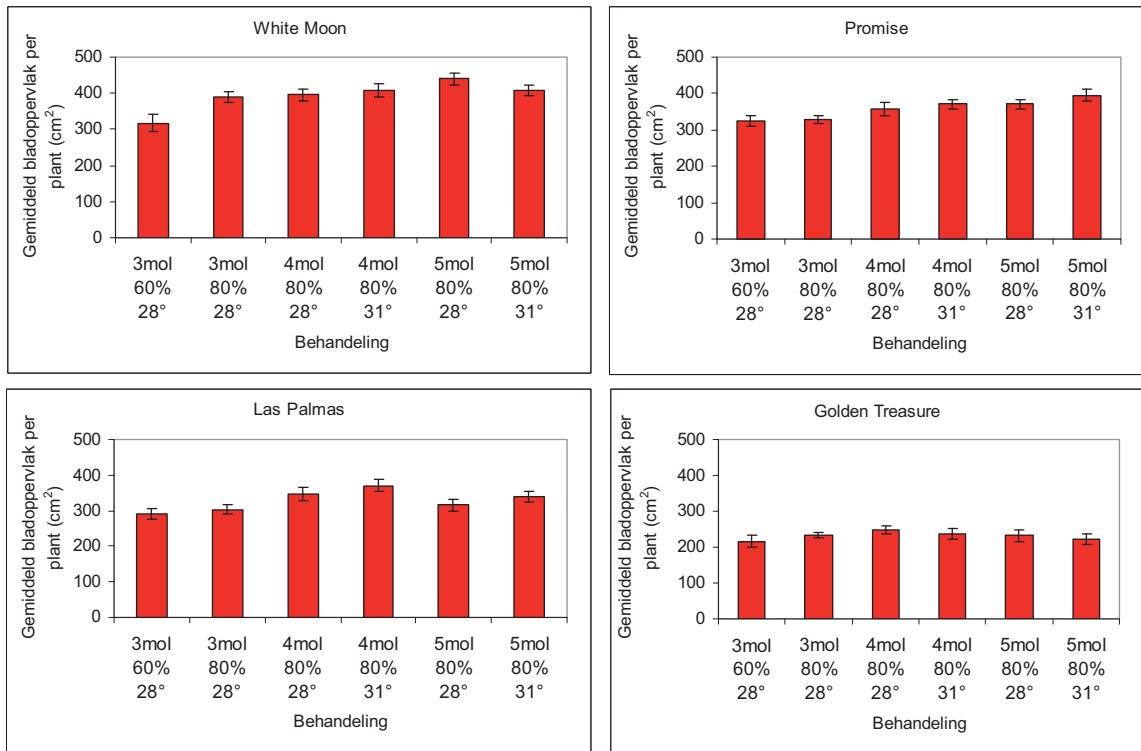
Figuur 7. Effect van alle behandelingen op het gemiddelde bladoppervlak (cm²) per blad (rode balk), en het aantal tijdens het experiment nieuw gevormde bladeren (cijfer) van de 4 cultivars tijdens de opkweek. n=10.

De variantie analyse over alle cultivars laat zien dat het aantal bladeren significant toeneemt ($P < 0,001$) o.i.v. een hogere temperatuur, zowel bij een lichtsom van 4 als bij 5 mol dag⁻¹. Onder invloed van een toenemende lichtsom nam het aantal bladeren (bladafsplitsing) toe ($P < 0,05$).

Bij de snelgroeïende cultivars White Moon en Promise werden er meer, maar kleinere bladeren gevormd bij 31°C, zonder negatieve gevolgen voor het totale bladoppervlak (Figuur 8). Dit zou een positieve gevolg kunnen hebben voor de teelt omdat er zonder een vermindering van het totale bladoppervlak, er meer bladeren, en dus meer mogelijkheden (bladoksels) zijn voor het aanleg van bloemtakken. Op een aantal momenten tijdens de teelt leken de ontwikkelende bladeren nog niet uitgegroeïd te zijn terwijl er al een nieuwe blad werd gevormd.

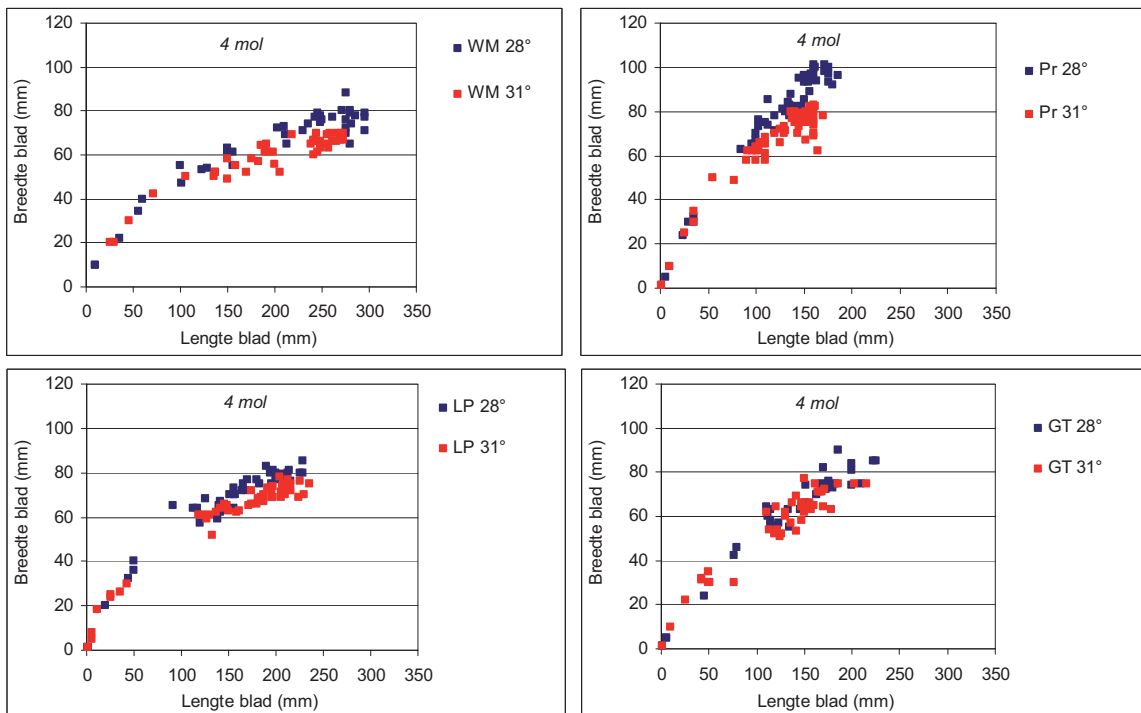
Bij Las Palmas lijken de behandelingen met een lichtsom van 4 mol dag⁻¹ het beste te zijn, omdat er de hoogste bladafsplitsing en bladoppervlak werd gerealiseerd. Een lichtsom van 5 mol dag⁻¹ resulteerde ook in een hoge bladafsplitsing, maar in minder bladoppervlak, waardoor deze lichtsom minder voordeel lijkt te bieden. Voor Golden Treasure, de ander traaggroeïende cultivar, nam het gemiddelde bladoppervlak af met toenemende licht, terwijl de bladafsplitsing toenam, wat uiteindelijk resulteerde in een min of meer gelijk totaal bladoppervlak.

De beide snelgroeïende soorten White Moon en Promise hebben duidelijk een voordeel bij meer licht, al dan niet in combinatie met een hogere kaslucht temperatuur op zowel bladafsplitsing als bladoppervlak.



Figuur 8. Effect van alle behandelingen op het totale bladoppervlak (cm²) per plant (gemiddelde ± SE) van de bladeren die gevormd werden door de 4 cultivars tijdens de opkweek. n=10.

3.2.6 Sturing van bladvorm door de behandelingen



Figuur 9. Effect van temperatuur (28° en 31°C) bij 4 mol licht dag¹ en 80% RV op de lengte en breedte van de bladeren van de 4 cultivars tijdens de opkweek. n=10.

Gedurende het experiment is door de teeltbegeleiders gesteld dat de bladvorm mogelijk gestuurd wordt door de gegeven behandelingen. Daartoe zijn de lengte/breedte metingen tegen elkaar uitgezet (Figuur 9 en Bijlage VIII). De effecten van RV en toenemende licht hebben nauwelijks effect op de lengte: breedte verhouding, maar de temperatuur heeft dat wel. In Figuur 9 wordt de lengte en breedte van alle bladeren in week 28 weergegeven (alleen bladeren die tijdens de proef zijn gevormd zijn meegenomen). Daarin is te zien dat de temperatuur op deze cultivars, met uitzondering van Golden Treasure, tot een relatief breder blad leidt, in tegenstelling tot bevindingen van Kajihara *et al.* (1992). Hiermee kan de bladmorphologie gestuurd worden.

3.2.7 Destructieve oogst

Tabel 7. Effecten van het kasklimaat op de totale bladafplitsing, bladoppervlak (berekend), vers- en drooggewicht, en het aantal actieve wortels op het einde van de opkweek.

Cultivar	Behandeling	Blad-afplitsing (aantal)	Bladoppervlak (cm ²)	Versgewicht (g)	Drooggewicht (g)	Wortels (aantal)
White Moon	1 3mol/60%/28°	3,5	441 ± 25	90,6 ± 5,7	4,8 ± 0,3	15,1 ± 2,0
	2 3mol/80%/28°	3,8	557 ± 15	114,0 ± 13,1	5,1 ± 0,7	18,2 ± 1,2
	3 4mol/80%/28°	3,8	530 ± 27	118,3 ± 9,0	5,0 ± 0,4	13,2 ± 1,0
	4 4mol/80%/31°	4,8	554 ± 28	127,8 ± 6,0	6,3 ± 0,3	13,2 ± 1,1
	5 5mol/80%/31°	5,2	578 ± 22	135,4 ± 5,7	7,1 ± 0,3	17,7 ± 0,9
	6 5mol/80%/28°	4,2	597 ± 15	144,3 ± 10,3	6,9 ± 0,6	17,6 ± 1,4
Promise	1 3mol/60%/28°	4,6	469 ± 23	94,0 ± 5,8	4,6 ± 0,3	7,1 ± 0,9
	2 3mol/80%/28°	4,6	484 ± 17	93,5 ± 6,3	4,0 ± 0,3	7,6 ± 0,7
	3 4mol/80%/28°	4,9	526 ± 20	114,9 ± 5,8	5,1 ± 0,3	6,2 ± 0,6
	4 4mol/80%/31°	6,2	565 ± 17	111,8 ± 2,8	5,2 ± 0,1	5,6 ± 0,9
	5 5mol/80%/31°	6,3	597 ± 21	120,4 ± 3,8	6,0 ± 0,2	7,4 ± 0,8
	6 5mol/80%/28°	5,1	558 ± 21	122,9 ± 4,9	5,7 ± 0,3	10,0 ± 1,0
Las Palmas	1 3mol/60%/28°	3,6	441 ± 21	90,6 ± 5,2	5,0 ± 0,3	14,9 ± 1,0
	2 3mol/80%/28°	4,1	437 ± 20	82,4 ± 8,4	3,9 ± 0,5	17,5 ± 1,7
	3 4mol/80%/28°	4,4	482 ± 22	96,8 ± 8,9	4,5 ± 0,5	14,2 ± 1,4
	4 4mol/80%/31°	4,9	522 ± 17	113,6 ± 4,8	5,9 ± 0,2	14,8 ± 1,7
	5 5mol/80%/31°	4,9	471 ± 16	101,5 ± 3,9	5,5 ± 0,2	15,6 ± 1,0
	6 5mol/80%/28°	4,8	452 ± 21	91,7 ± 5,7	4,9 ± 0,3	16,8 ± 1,8
Golden Treasure	1 3mol/60%/28°	3,4	348 ± 15	55,5 ± 2,6	3,8 ± 0,2	7,3 ± 0,7
	2 3mol/80%/28°	3,5	351 ± 12	56,0 ± 4,5	3,5 ± 0,3	7,3 ± 0,9
	3 4mol/80%/28°	3,8	373 ± 17	64,4 ± 3,5	4,2 ± 0,3	7,3 ± 0,7
	4 4mol/80%/31°	4,1	359 ± 22	58,6 ± 3,8	4,1 ± 0,3	8,1 ± 1,0
	5 5mol/80%/31°	4,4	328 ± 23	56,8 ± 4,6	4,2 ± 0,3	7,8 ± 1,0
	6 5mol/80%/28°	4,2	331 ± 22	64,2 ± 2,0	4,4 ± 0,1	8,5 ± 1,4

Op het eind van de opkweek zijn aan 10 planten per cultivar per behandeling destructieve metingen uitgevoerd. Een hogere RV heeft in het algemeen een positief effect vooral op bladafplitsing van Las Palmas (Tabel 7), en voor wat betreft het oppervlak, alleen een positief effect bij White Moon.

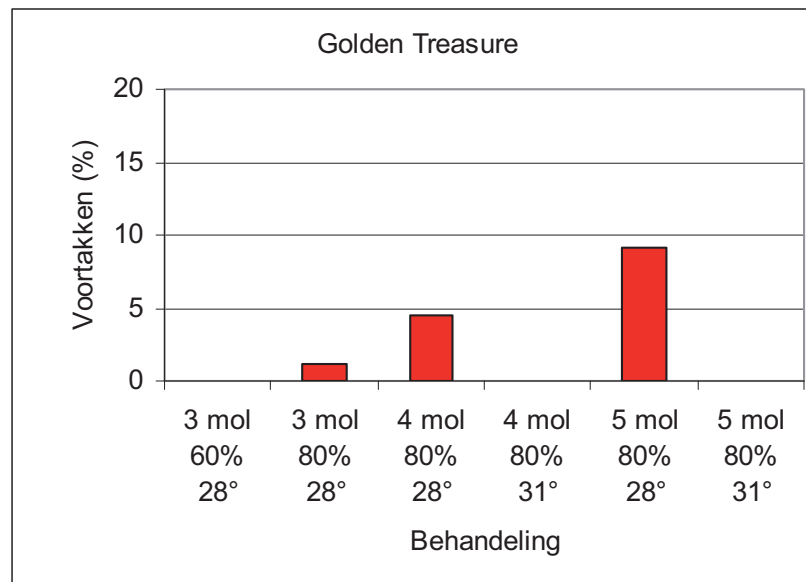
Meer licht heeft een significant effect op de biomassa, zowel het versgewicht ($P < 0,05$) als de droge stof productie ($P < 0,01$), met een toename van 1,8 g per plant tussen 3 en 5 mol dag⁻¹ bij de snelgroeiende cultivars White Moon

en Promise. Bij deze cultivars was de toename in biomassa een gevolg van zowel een hogere bladafplitsing als bladoppervlak en bladdikte.

Bij de twee langzaamgroeiende cultivars Las Palmas en Golden Treasure was de toename van de biomassa iets minder, 1 g per plant met toenemende licht, en hier werd de meest geproduceerd bij een lichtsom van 4 mol dag⁻¹. De meer productie aan biomassa bij deze cultivars blijkt een gevolg te zijn van het maken van meer en mogelijk dikkere bladeren. Het beeld van de droge stof productie bij de destructief metingen op het eind van de opkweek werd bevestigd door de toename alleen al tijdens de opkweek (Figuren 7 en 8).

3.2.8 Voortakken

Alleen bij Golden Treasure zijn voortakken gevormd tijdens de opkweek. Voortakken kwamen niet veel voor, alleen in toenemende mate met toenemende licht, bij 28°C en een RV van 80%. In de behandelingen met 31°C, en in de referentie werden geen voortakken gevormd. In het algemeen komen voortakken minder, of niet voor bij hogere temperaturen, en hierin lijkt Golden Treasure het meest temperatuur-gevoelige cultivar te zijn.



Figuur 10. Het voorkomen van voortakken (%) bij de cultivar Golden Treasure bij alle behandelingen.

Beoordeling cultivars door de Nederlandse tuinders

Op 12 februari, 2 weken voor het eind van de opkweek, is het experiment bezocht door de Nederlandse Phalaenopsis tuinders. Dit gebeurde in het kader van een middag georganiseerd door de Landelijke Potorchideen commissie, die het experiment aan haar leden wilde laten presenteren.

Daarbij hebben de onderzoekers de 4 cultivars blind laten beoordelen. Zes planten per cultivar per behandeling zijn op karren in willekeurig volgorde in de corridor gezet. De tuinders zijn gevraagd een volgorde aan te brengen in de groei en kwaliteit van elke cultivar en pas daarnaar zijn de behandelingen waaruit de planten kwamen bekend gemaakt.

In onderstaande tabel zijn de beoordelingen van de tuinders weergegeven, waarbij de hoogste getal (in rood) geeft het beste groep of behandeling aan.

Partij	Behandeling	Score			
		Golden Treasure	Las Palmas	White Moon	Promise
1	5 mol/ 31°C /80%	1,7	2,0	2,8	2,1
2	3 mol/28°C/80%	2,3	2,1	1,6	2,3
3	5 mol/28°C/80%	2,2	2,4	2,1	2,7
4	4 mol/28°C/80%	2,1	1,9	1,5	2,3
5	3 mol/28°C/ 60%	1,9	2,1	1,2	1,6
6	4 mol/ 31°C /80%	1,4	2,1	1,9	1,7

Hieruit blijkt dat de tuinders 3 van de 4 cultivars het beste vonden groeien bij een lichtsom beginnend bij 5 mol dag⁻¹ en een RV van 80%. Daarvan vonden ze White Moon het beste doen bij 31°C. Golden Treasure was het beste volgens de tuinders bij 3 mol dag⁻¹. De snelgroeivende cultivars White Moon en Promise waren veruit het minst bij de behandeling zoals in de praktijk, 3 mol dag⁻¹ licht, 28°C en een RV van 60%.



Beoordeling van de cultivars.

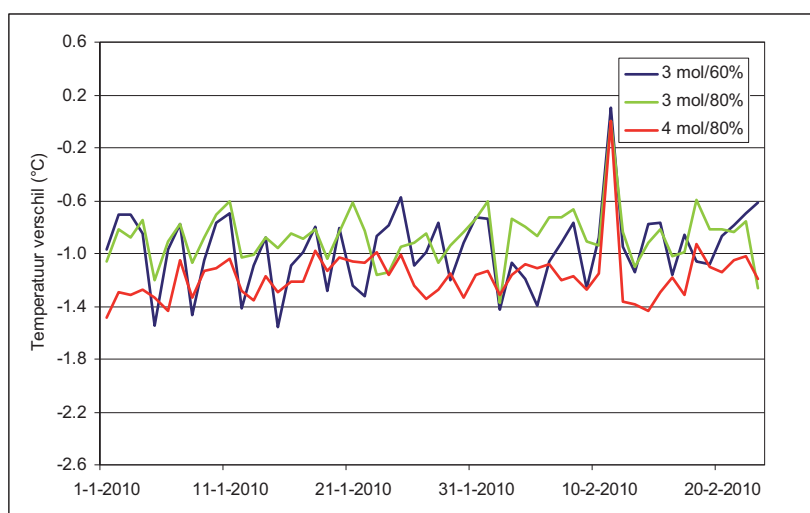
3.3 Bladtemperatuur opkweek

Metingen van de bladtemperatuur zijn op twee manieren uitgevoerd, momentane metingen met een 'handheld' meter, en continue metingen met een vaste IR camera. Op 1 december zijn de momentane metingen uitgevoerd (Tabel 7). De bladtemperatuur van de twee snelgroeiende cultivars waren in bijna alle behandelingen hoger t.o.v. de kasluchttemperatuur dan die van beide langzaam groeiende cultivars. De kasluchttemperatuur was zeer constant en bedroeg gemiddeld 27,9-28,0°C, waarbij de bladtemperatuur van White Moon en Promise in die behandelingen 0,8 tot 1,8°C lager was dan de kasluchttemperatuur, en bij Las Palmas en Golden Treasure 1,5 tot 2,1°C lager.

Uitzonderingen hierop waren de planten in de behandelingen met de hoogste lichtsom, 5 mol dag⁻¹. Daarbij was er relatief weinig verschil te zien in bladtemperatuur tussen de snel- en langzaamgroeiende cultivars. Opmerkelijk was het verschil in bladtemperatuur bij Las Palmas en Golden Treasure tussen de behandelingen bij 4 en 5 mol licht dag⁻¹ bij 31°C en 80% RV. Door de hogere lichtsom werd het verschil tussen kas- en bladtemperatuur gehalveerd van 1,1 en 1,4°C tot 0,6°C (behandelingen 4 en 5). Waarom dit alleen bij de langzaam groeiende cultivars waar is genomen is onduidelijk.

Tabel 8. De bladtemperatuur (°C) en het verschil met de ruimtelijke temperatuur van alle 4 cultivars in alle behandelingen, gemeten op 1 december 2009. n=10.

Behandeling		Blad temperatuur (°C)				Kasluchttemperatuur (°C)
		White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure	
1	3mol/60%/28°	27,1 (-0,8)	26,9 (-1,0)	26,4 (-1,5)	26,1 (-1,8)	27,9
2	3mol/80%/28°	26,6 (-1,4)	26,5 (-1,5)	26,3 (-1,7)	26,3 (-1,7)	28,0
3	4mol/80%/28°	26,2 (-1,7)	26,1 (-1,8)	25,8 (-2,1)	25,9 (-2,0)	27,9
4	4mol/80%/31°	30,4 (-0,5)	30,5 (-0,4)	29,5 (-1,4)	29,8 (-1,1)	30,9
5	5mol/80%/31°	30,4 (-0,5)	30,3 (-0,6)	30,3 (-0,6)	30,3 (-0,6)	30,9
6	5mol/80%/28°	26,5 (-1,5)	26,5 (-1,5)	27,0 (-1,0)	27,1 (-0,9)	28,0



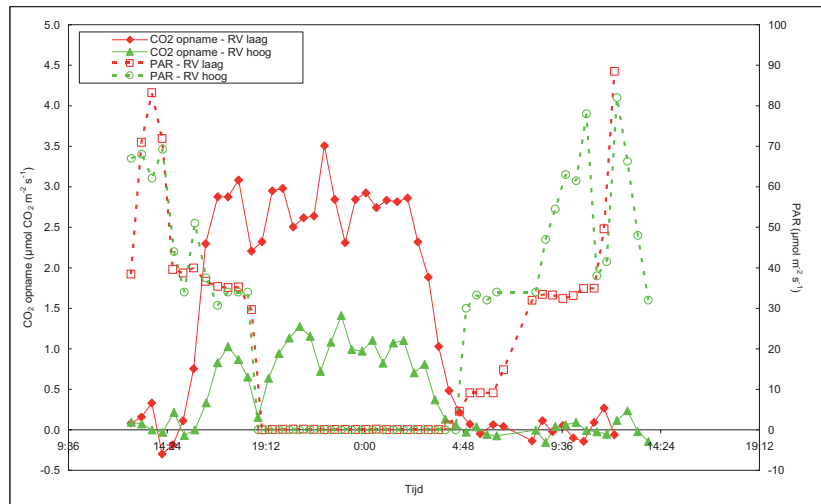
Figuur 11. Bladtemperatuur metingen (°C) van Las Palmas gedurende de maanden januari en februari.

Vervolgens zijn in 3 behandelingen, de referentie (3 mol licht dag⁻¹, 28°C en 60% RV), bij 3 en bij 4 mol licht dag⁻¹ (28°C en 80% RV) infrarood camera's ingezet bij Las Palmas die continue metingen (5 min waardes) uitvoerden tussen 1 januari en 24 februari. Terwijl de kasluchttemperatuur zeer constant was (28 ± 0,15°C), werd een

gemiddelde bladtemperatuur van 27,2 tot 27,4°C bij Las Palmas gemeten, 0,6 tot 0,8°C lager dan de kasluchttemperatuur (Figuur 11). Daarbij was de bladtemperatuur van Las Palmas bij 3 mol dag⁻¹ lichtsom en 80% RV gemiddeld 0,2°C hoger dan beide andere behandelingen.

3.4 CO₂-opname profielen opkweek

3.4.1 Invloed van relatieve luchtvochtigheid



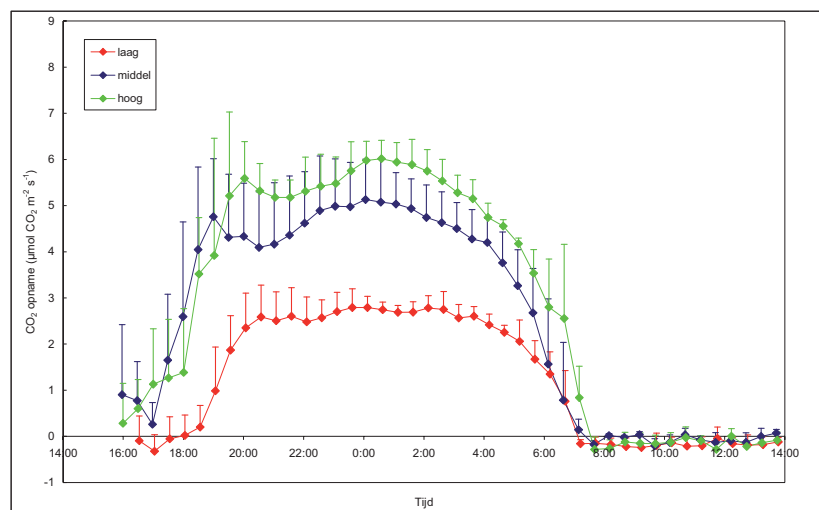
Figuur 12. CO₂-opname profiel (getrokken lijnen) en lichtintensiteit (gestippelde lijnen) van White Moon bij een lage (60%) RV (rode lijn) en hoge (80%) RV (groene lijn). n=3.

Eind januari zijn CO₂-opname profielen gemaakt van White Moon bij een lage en bij een hoge relatieve luchtvochtigheid (Figuur 12). Alle metingen zijn uitgevoerd aan volgroeide bladeren van White Moon, bladeren die helemaal of facultatief CAM zouden moeten zijn (Dueck & Meinen, 2008). Het licht in beide behandelingen is uitgegaan om 19 uur en ging weer aan om 4 uur zoals weergegeven met de gestippelde lijnen. De lichtintensiteit daalde van ongeveer 85 tot 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ rond 16 uur, een tijdstip dat de gewenste lichtsom kennelijk was bereikt. Tegelijkertijd is de CO₂-opname begonnen en steeg sterk naar 2,5 tot 3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Op het moment dat het donker werd, was het maximale CO₂-opname niveau al bereikt. Dat niveau werd gehandhaafd tot 2 uur 's nachts, waarna het begon sterk te dalen. Bij dezelfde lichtsom en temperatuur werd er bijna 3 keer zoveel CO₂ opgenomen bij een RV van 60% dan bij 80%. Dit lijkt niet logisch omdat bij een lagere RV, de huidmondjes eerder gesloten worden en langer dicht blijven, waardoor de opname van CO₂ sterk geremd wordt. In het onderzoek door Ota *et al.* (1991) werd ook minder CO₂ opgenomen bij een tekort aan watergift, wat ook leidt tot het sluiten van de huidmondjes. Ook Ischihashi *et al.* (2008), in een studie naar het gedrag van huidmondjes in Phalaenopsis, vond dat de RV een zeer belangrijke factor was voor de opname van CO₂ en dat bij een hogere RV de CO₂-opname toenam.

3.4.2 Invloed van de lichtsom

De hoeveelheid CO₂ die werd opgenomen door volgroeide bladeren van White Moon werd sterk beïnvloedt door de gegeven lichtsom (Figuur 13). Bij de laagste lichtsom, beginnend bij 3 mol dag⁻¹ werd gedurende de nacht ca. 2,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ opgenomen, en bij 4 en 5 mol dag⁻¹ behandelingen werd veel meer CO₂ opgenomen, resp. 5 en 6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Om 's nachts meer CO₂ op te kunnen nemen is een grotere pyruvaat pool in het blad nodig, en blijktbaar wordt dat aangemaakt bij een hogere lichtsom. Het is al langer bekend dat er meer CO₂ 's nachts wordt opgenomen wanneer de plant meer licht overdag ontvangt (Kluge & Ting, 1978; Kano *et al.*, 1992). Volgens Lin & Hsu (2004) is de fotosynthetisch capaciteit genetisch bepaald, maar kan de fotosynthese wel degelijk verhoogd worden met meer

licht, waardoor de groei ook toeneemt. Met meer licht wordt de fotosynthese, zetmeel gehalte en het aantal bloemen per plant verhoogd (Lin & Hsu, 2004).



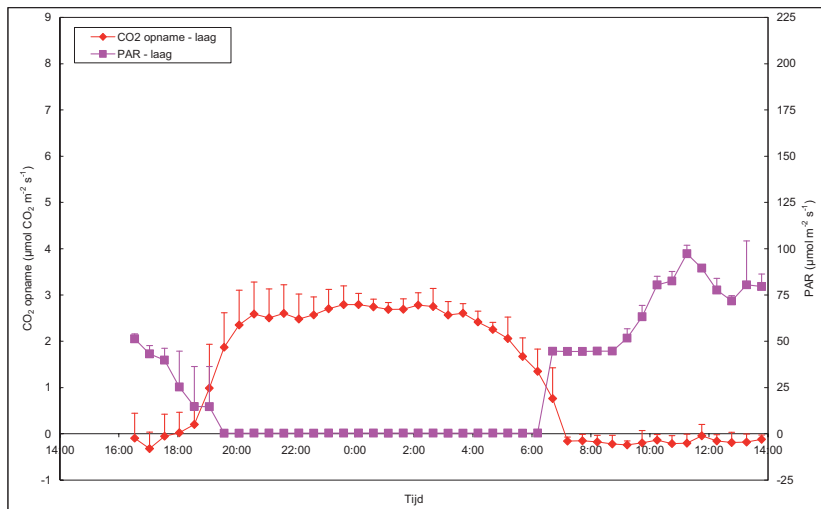
Figuur 13. CO_2 -opname profiel van White Moon bij een lichtsom van 3, 4 en 5 mol dag⁻¹. Error bars geven de standaard deviatie aan. $n=3$.

Er wordt dus meer CO_2 opgenomen als de planten meer licht krijgen, waarbij de volgroeide bladeren meer CO_2 opnemen in de nacht en jonge bladeren meer CO_2 opnemen overdag (Ota *et al.*, 1991; Guo & Lee, 2006). Volgens deze auteurs, nemen jonge en oudere bladeren evenveel CO_2 op, en de totale opname is afhankelijk van het bladoppervlak. De fotosynthetische efficiëntie in kleinere planten (met kleinere bladeren) blijkt meer gevoelig te zijn voor lichtintensiteit (Guo & Lee, 2006), wat suggereert dat aan het begin van de opkweek met een lagere lichtintensiteit begonnen kan worden, maar dat na een aantal weken de lichtintensiteit sneller opgevoerd kan worden.

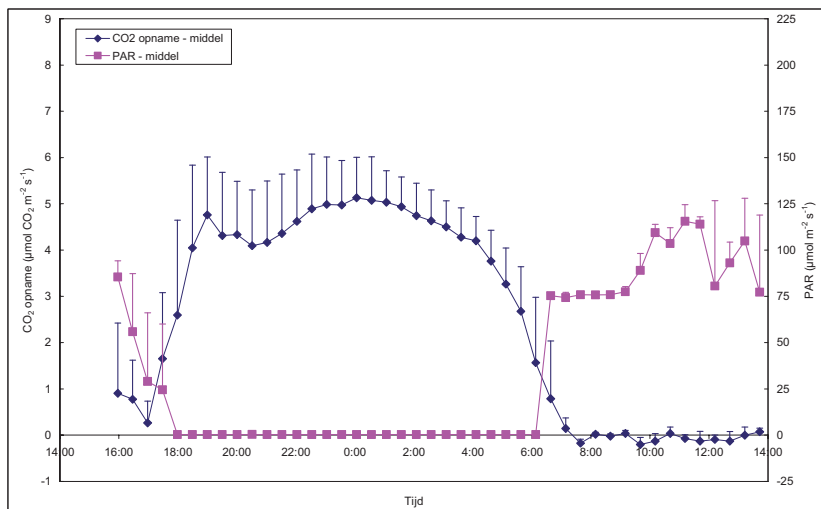
Een grotere mate van CO_2 -opname heeft geresulteerd in een grotere bladoppervlak (Figuur 7) en meer droge stof bij toenemende licht, met veruit de grootste toename bij 5 mol dag⁻¹. Bij deze behandeling met de hoogste lichtsom werden de bladeren groter, maar vooral veel dikker t.o.v. de behandeling van 4 mol licht per dag. Meer CO_2 moet leiden tot meer (vegetatieve) groei. Dat kwam niet helemaal tot uiting bij de 4 mol behandeling, maar mogelijk zal het leiden tot een verbeterde bloei en kwaliteit.

3.4.3 Opname patronen bij verschillende lichtintensiteiten

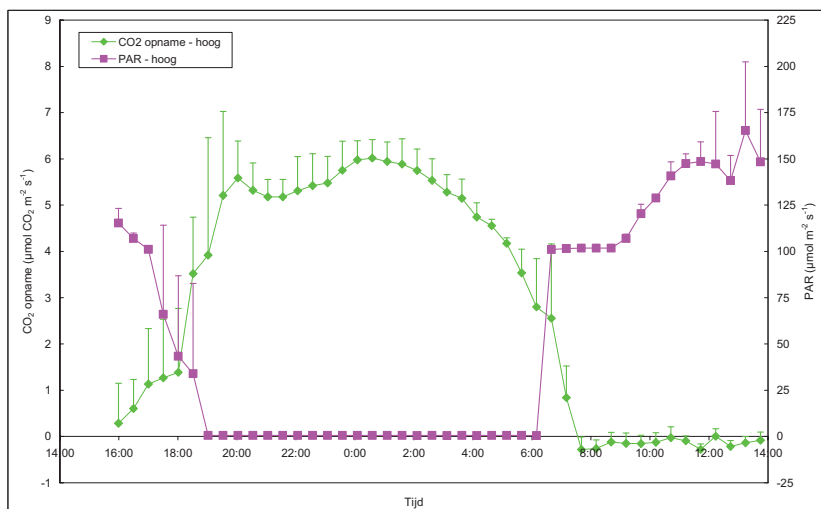
A. 3 mol licht



B. 4 mol licht



C. 5 mol licht



Figuur 14. CO_2 -opname profiel van White Moon tijdens een etmaal bij toenemende licht (A: 3 mol dag⁻¹; B: 4 mol dag⁻¹; C: 5 mol dag⁻¹). De paarse lijn geeft de lichtintensiteit ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) weer en de overige kleuren de opname van CO_2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). $n=3$.

Dezelfde CO₂-opname profielen uit Figuur 13 worden afzonderlijk weergegeven in Figuur 14, nu met de bijbehorende lichtintensiteit (dit geeft de dag en nacht weer). Bij de laagste lichtsom (Figuur 14A) begint de opname van CO₂ al toe te nemen om ca. 18 uur, vóór het eind van de dag bij een lichtintensiteit van 25 μmol m⁻² s⁻¹. De maximale opname vindt blijkbaar plaats als het blad 1-2 uur in het donker is, iets eerder dan Guo & Lee (2006), die een maximale opname vonden na 3-4 uur in het donker.

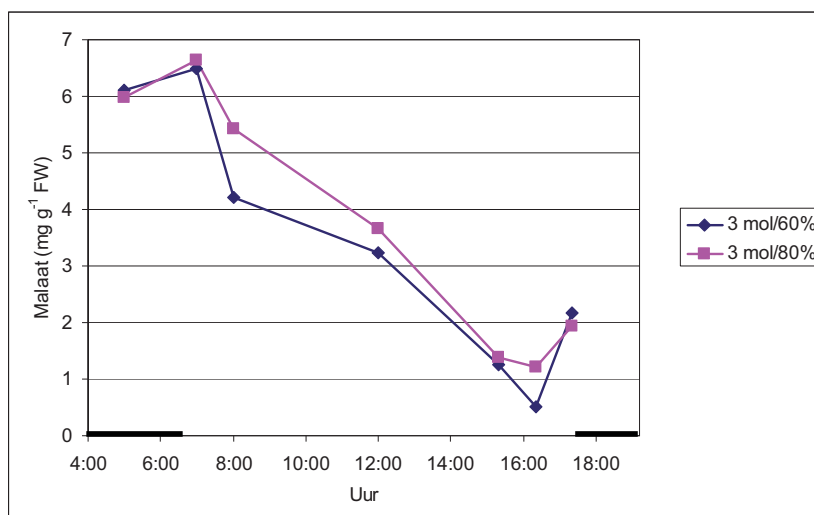
Nog voordat de lampen aangaan in de morgen (6 uur) is de opname van CO₂ aan het dalen vanaf ca. 4 uur en stopt het pas om 7 uur bij een lichtintensiteit van 50 μmol m⁻² s⁻¹. Het feit dat de opname van CO₂ al afneemt in het donker kan betekenen dat de pyruvaat pool verzadigd en te klein is meer CO₂ op te kunnen nemen.

Bij de hogere lichtsommen, 4 en 5 mol dag⁻¹ begint de CO₂-opname al eerder af te nemen voordat het licht aangaat (6 uur). Ongeveer 2-3 uur voordat de lampen aangaan daalt de CO₂-opname totdat het helemaal stopt bijna 2 uur na licht aan (Figuur 14B en C). Dat betekent dat ook bij de hogere lichtsommen CO₂ in het licht wordt opgenomen, en vermoedelijk gebonden aan rubisco voor de C3 vastlegging van CO₂.

Een verschil in het begin van het opname profiel tussen de behandelingen 4 en 5 mol dag⁻¹ lichtsommen werd geconstateerd. De opname van CO₂ bij 4 mol dag⁻¹ begon al bij dalende lichtintensiteit aan het eind van de dag net zoals bij de laagste lichtsom (Figuur 14A). Bij een lichtsom van 5 mol dag⁻¹ (Figuur 14C), begon de CO₂-opname 3 uur voor de nacht, bij een lichtintensiteit van ongeveer 100 μmol m⁻² s⁻¹. Ook hier wordt veel CO₂ opgenomen in het licht, een indicatie dat deze bladeren een facultatief CAM fysiologie hebben, en het CO₂ deels via de C3 route assimileren.

3.5 Malaat opkweek

In januari 2010 zijn bladponsjes genomen van White Moon, om de malaatgehalten te bepalen. De ponsjes zijn genomen in de laatste fase van de opkweek, waarbij de lichtintensiteiten maximaal waren, t.w. 4, 5 en 6 mol dag⁻¹. De belichting op de dag van monsternamen ging aan om 6.30 uur en uit om 17.30 uur. Monsternamen begon één uur voor licht aan en eindigt nadat de belichting uitging.

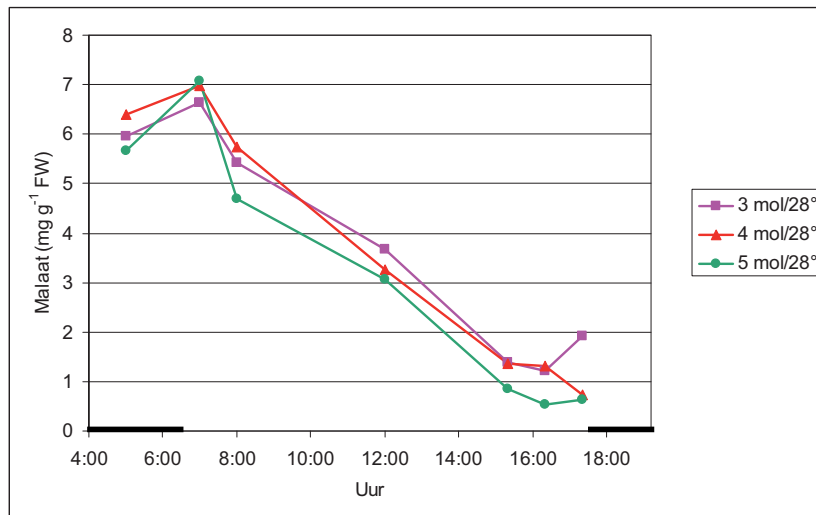


Figuur 15. Invloed van de RV (60% en 80%) bij een lichtsom van 3 mol dag⁻¹ op de vorming en afbraak van malaat in White Moon. De zwarte balk geeft de donker uren aan. n=3.

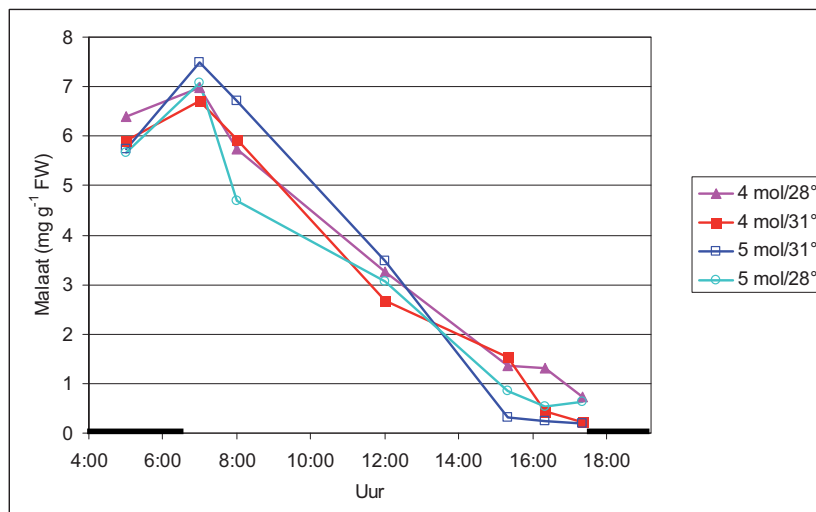
Het malaatgehalte in White Moon verschilde weinig tussen planten gekweekt bij een RV van 60% en 80% (Figuur 15). Het gehalte nam nog toe tot ongeveer 7 uur 's morgens en daalde dan sterk met de assimilatie van CO₂ in het fotosynthese proces. Al voordat het licht uitging om 17.30 uur, zijn de malaatgehalten weer toegenomen, vanaf

ongeveer 16.30 uur. Het feit dat er weinig verschil was tussen deze behandelingen impliceert een min of meer gelijke CO₂-opname, dus vermoedelijk weinig verschil in huidmondjes opening ondanks het verschil in RV.

In Figuur 16 wordt het effect van een toenemende lichtsom op de malaatgehalte weergegeven. In tegenstelling tot Kluge & Ting (1978) en Konow & Wang (2001), die een significante verhoging van de malaatgehalte vonden met toenemende licht, lijkt er weinig verschil te zijn in de malaatgehalte tussen de behandelingen in dit experiment; er is evenveel malaat gevormd tijdens de nacht bij alle lichtsommen. Het lijkt alsof de malaatgehalte het snelst afneemt in de hoogste lichtbehandeling. Dit duidt op een snellere ontbinding van malaat en assimilatie van CO₂ gedurende de dag.



Figuur 16. Invloed van een toenemende lichtsom van 3, 4 en 5 mol dag⁻¹ op de vorming en afbraak van malaat in White Moon. De zwarte balk geeft de donker uren aan. n=3.



Figuur 17. Invloed van een hogere temperatuur (31°C) bij een lichtsom van 4 en 5 mol dag⁻¹ op de vorming en afbraak van malaat in White Moon. De zwarte balk geeft de donker uren aan. n=3.

Ook bij het vergelijken van de malaatgehalte bij 28°C en 31°C is er weinig verschil te zien (Figuur 17). Figuur 17 suggereert dat er iets meer malaat wordt gemaakt en benut door Phalaenopsis bij de hoogste temperatuur, omdat er meer malaat blijkt te zijn eind van de nacht, en er minder malaat overblijft eind van de dag.

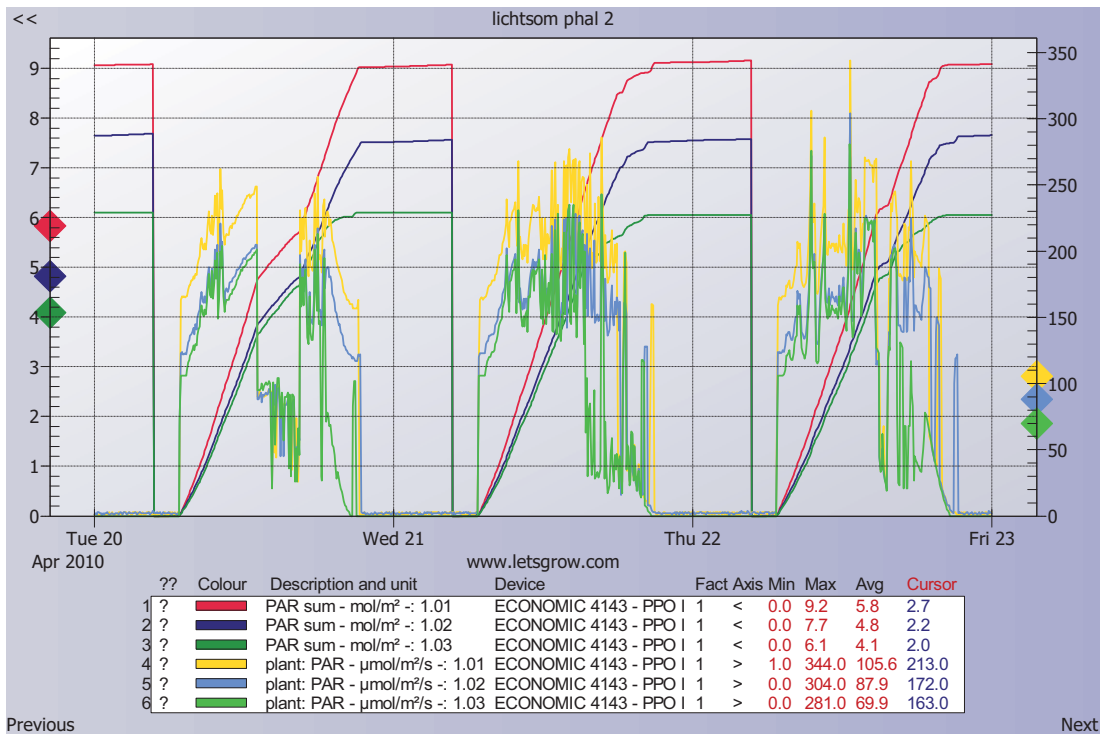
3.6 Kasklimaat afkweek

De planten zijn in de koeling gezet bij een temperatuur van 18°C 's nachts en 20°C overdag. In de afkweek was de ingestelde temperatuur 18°C nacht en 22°C dag en dat heeft geleid tot de gerealiseerde waarden in onderstaande tabel.

Tabel 9. Gerealiseerde lichtsom ($\text{mol m}^{-2} \text{dag}^{-1}$), gemiddelde etmaal temperatuur ($^{\circ}\text{C}$), vochtdeficiet (g m^{-3}) en RV (%) gedurende de afkweek van *Phalaenopsis*.

Behandeling (kas nr.)	Instellingen			Periode (week na start)	Realisatie		
	Lichtsom ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	VPD (gr m^{-3})		Lichtsom ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	Etmaal Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	VPD (RV) (gr m^{-3}) (%)
Koeling							
1 (1.01)	6	20/18	6	30-38	6,0	19,2	4,9 (70,2)
2 (1.02)	7,5	20/18	6	30-38	7,4	19,2	5,4 (67,4)
3 (1.03)	9	20/18	6	30-38	9,0	19,2	5,0 (69,4)
Afkweek							
1 (1.01)	6	22/18	6	38-50	6.1	20,5	4,3 (75,8)
2 (1.02)	7,5	22/18	6	38-50	7.5	20,4	4,8 (72,6)
3 (1.03)	9	22/18	6	38-50	9.1	20,5	4,6 (74,5)

Uit deze tabel blijkt dat de setpoint temperaturen en lichtsommen zijn gehaald. De gewenste lichtsom werd gerealiseerd door gebruik te maken van een combinatie van natuurlijk daglicht en belichting met SON-T lampen. Er werd geschermd wanneer het natuurlijk lichtniveau op een bepaald moment tijdens de dag té hoog werd. Om hoger lichtsommen te realiseren, werd er later geschermd en bij té weinig licht werd er bijbelicht met SON-T lampen. In Figuur 18 is te zien hoe de lichtsom tijdens de dag oploopt totdat het gewenste niveau werd bereikt. Op dat moment werden de lampen uitgeschakeld en liep de lichtsom niet verder op. Beoogd werd de gewenste lichtsom te realiseren binnen maximaal 14 uur verschillen in daglengte zo klein mogelijk te houden. In de figuur is te zien dat vooral gestuurd is tussen de 50 en de 250 μmol met af en toe een korte piek intensiteit. De bijbehorende vochtniveau's aan de lage kant zijn geweest ten opzicht van de ingestelde waarden, een duidelijke verklaring hiervoor is niet gevonden.



Figuur 18. Weergave van het verloop van het lichtniveau en de lichtsom over 3 dagen tijdens de afkweekfase in het experiment.

3.7 Groei en ontwikkeling afkweek

Aan de einde van de opkweek zijn destructieve metingen gedaan aan de verschillende cultivars uit de 3 opkweek behandelingen, onder meer aan het aantal bladeren, de bladoppervlakte, vers-en drooggewicht van bladeren en wortels.

3.7.1 Aantal bladeren

Tabel 10. Het aantal bladeren per cultivar en per opkweekbehandeling, gemeten aan het eind van de afkweekfase. n=6.

Lichtniveau	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure
3 mol m ² dag	6,4 a*	8,1 a	6,6 a	6,4 a
4 mol m ² dag	6,6 a	8,6 b	6,8 a	6,5 a
5 mol m ² dag	7,0 b	8,7 b	6,9 a	7,1 b

* verschil in letter geeft het verschil tussen behandelingen aan, P=0.05.

Uit Tabel 10 blijkt dat het aantal bladeren gevormd tijdens de hele teelt beïnvloed wordt door het lichtniveau in de opkweekfase. Bij White Moon en Golden Treasure is er significant meer blad gevormd bij 5 mol licht dan bij 3 en 4 mol. Bij Promise werd er significant meer blad gevormd bij 4 en 5 mol licht, terwijl er bij Las Palmas geen verschil in het aantal bladeren was tussen de behandelingen. Het aantal bladeren getoetst over alle cultivars is door de

condities in de koeling en afkweekfase niet significant beïnvloed, met gemiddelde aantallen van 7,1, 7,1 en 7,2 bladeren gevormd bij achtereenvolgens 6, 7,5 en 9 mol licht. Het aantal nieuwe bladeren gevormd na de opkweek was ook niet significant verschillend tussen behandelingen.

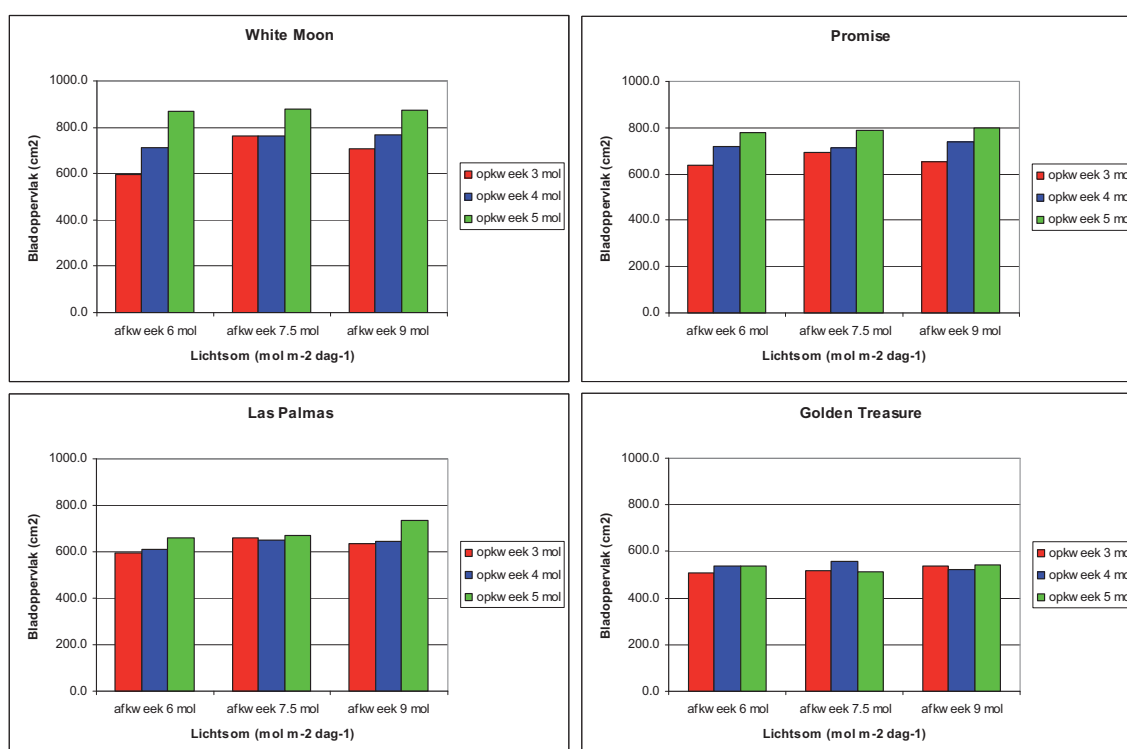
3.7.2 Bladoppervlak

Tabel 11. Totale bladoppervlak per cultivar en per opkweekbehandeling na het einde van de teelt. $n=10$.

Lichtniveau	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure
3 mol m ² dag	685 a*	662 a	631 a	522 a
4 mol m ² dag	747 b	723 b	634 a	531 a
5 mol m ² dag	872 c	789 c	689 b	539 a

* Verschil in letter geeft het verschil tussen behandelingen aan, $P=0.05$.

De relatieve verschillen in bladoppervlakte waren groter dan het aantal bladeren tussen de opkweekbehandelingen, maar de resultaten waren vergelijkbaar, namelijk er was een cultivar-specifiek effect van meer licht op het bladoppervlak in de opkweekfase. Bij zowel White Moon als Promise nam het bladoppervlak significant toe met de hoeveelheid licht in de opkweek. Bij Las Palmas was er alleen een significant effect van meer licht bij 5 mol dag⁻¹ in de opkweek. Bij Golden Treasure was er geen effect op bladoppervlak waar te nemen. In Figuur 19 staan de resultaten per cultivar weergegeven voor de op- en afkweekbehandeling. Daarin is ook te zien dat er weinig tot geen invloed van toenemende licht in de afkweekfase op het bladoppervlak is.



Figuur 19. Het gemiddeld bladoppervlak per cultivar voor alle combinaties van lichtsommen in de op- en afkweekfase. $n=10$.

3.7.3 Versgewicht en drooggewicht blad

De verschillen in aantal bladeren en bladoppervlak hebben zich ook vertaald in het vers- en drooggewicht van de bladeren.

Tabel 12. Vers- en drooggewicht (g) van de bladeren per cultivar en per opkweekbehandeling op het einde van de afkweekfase. $n=10$.

	Lichtniveau	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure
Versgewicht	3 mol m ² dag	142 a*	131 a	130 a	89 a
	4 mol m ² dag	154 b	148 b	132 a	93 a
	5 mol m ² dag	192 c	164 c	148 b	94 a
Drooggewicht	3 mol m ² dag	7,4 a*	6,6 a	6,9 a	6,8 a
	4 mol m ² dag	8,1 b	7,6 b	7,0 a	6,9 a
	5 mol m ² dag	10,1 c	8,1 b	7,7 b	7,0 a

* verschil in letter geeft het verschil tussen behandelingen aan, $P = 0.05$.

Het vers- en drooggewicht van de bladeren is significant positief beïnvloed door toenemende licht in de opkweek (Tabel 12). De afkweekbehandelingen hadden geen invloed hierop. Bij White Moon en Promise nam het vers- en drooggewicht toe met toenemende licht in de opkweek; bij Las Palmas was alleen het verschil tussen 3 mol en 4 of 5 mol significant, en bij Golden Treasure waren er geen significant verschillen.

3.7.4 Versgewicht en drooggewicht wortels

Tabel 13. Vers- en drooggewicht (g) wortels per cultivar en per opkweekbehandeling.

	Lichtniveau	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure
Versgewicht	3 mol m ² dag	102 a*	109 a	108 a	82 a
	4 mol m ² dag	107 a	128 b	113 ab	87 a
	5 mol m ² dag	128 b	139 b	125 b	96 a
Drooggewicht	3 mol m ² dag	7,1 a*	8,0 a	8,2 a	8,0 a
	4 mol m ² dag	7,8 a	9,7 b	9,0 a	8,3 a
	5 mol m ² dag	9,7 b	10,8 c	10,2 b	8,0 a

* verschil in letter geeft het verschil tussen behandelingen aan, $P = 0.05$.

In overeenkomst met de resultaten van de bovengrondse biomassa, is ook de ondergrondse biomassa beïnvloed door meer licht in de opkweek. Het vers- en drooggewicht van de wortels was significant positief beïnvloed door meer licht in de opkweek. De afkweekbehandelingen (meer licht) hadden geen invloed op de wortelgroei. Bij White Moon nam het wortelgewicht (vers) toe met meer licht in de opkweek; bij een lichtsom van 5 mol was de wortelbiomassa significant hoger dan dat bij de behandelingen van 3 en 4 mol. Het wortelgewicht bij Promise was

hoger bij 4 en 5 mol dan bij 3 mol. Bij Las Palmas was het wortelgewicht alleen bij 3 en 5 mol verschillend van elkaar en bij Golden Treasure was er geen effect op de wortelgroei.

Op basis van drooggewicht was er significant meer worteldrooggewicht bij White Moon en Las Palmas bij 5 mol t.o.v. dat bij 3 en 4 mol. Bij Promise nam het drooggewicht toe met elke verhoging van het lichtniveau en bij Golden Treasure waren er geen verschillen .

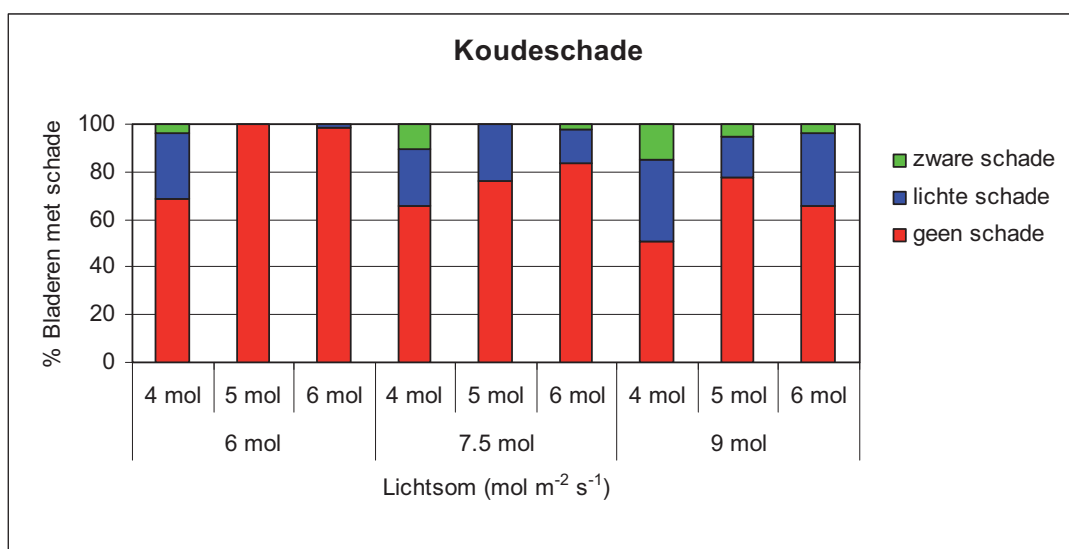
3.7.5 Samenvattend groei

De verschillen tussen cultivars m.b.t. alle parameters was groot te noemen. Met betrekking tot de groei heeft toenemende licht in de opkweek een significant positief effect gehad op alle cultivars, behalve bij Golden Treasure.

Bij White Moon en Promise, de snelle groeiers, nam de groei in het algemeen toe met de toename van het lichtniveau in de opkweek. Bij Las Palmas waren de verschillen significant tussen enerzijds 5 mol en anderzijds 3 en 4 mol. Bij Golden Treasure was er alleen een effect op het aantal bladeren licht; er was geen effect waarneembaar op de andere gemeten groei parameters. In Bijlage XI staan twee plaatjes van de planttemperatuur in koeling en afkweek, waarbij de planten met het hoogste lichtniveau ook een hogere planttemperatuur hadden, maar dit heeft niet geleid tot een snellere bloei dan bij het op één na hoogste lichtniveau.

3.7.6 'Koudeschade'

In het onderzoek zijn diverse cultivars opgenomen waarvan bekend was dat de cultivar Promise gevoelig is voor zgn. 'koudeschade'. Dit uit zich door een bepaalde mate van bladvergelting of -vlekken bij de overgang van opkweek naar koeling (mogelijk door temperatuurverlaging al dan niet in combinatie met een lichtverhoging). In het onderzoek zijn de planten niet afgedekt met een vliesdoek, wat in de praktijk soms wel gedaan wordt om de koudeschade te beperken. Enkele dagen na het instellen van de lichtverhoging en temperatuurverlaging trad er koudeschade op in alle afdelingen, maar het niveau verschillende per op- en afkweekbehandeling. Aan het einde van de afkweekperiode (2 juli 2010) is per behandeling de mate van schade gescoord (Figuur 20) voor de cultivar Promise. De overige cultivars vertoonden geen koudeschade in de koeling. De gekozen schadeklassen waren geen schade: 0%; lichte schade: >0-40%; zware schade: 41-100%. Half april is een screening gemaakt van de koudeschade, en die resultaten wezen in dezelfde richting als van deze uitgebreidere telling.



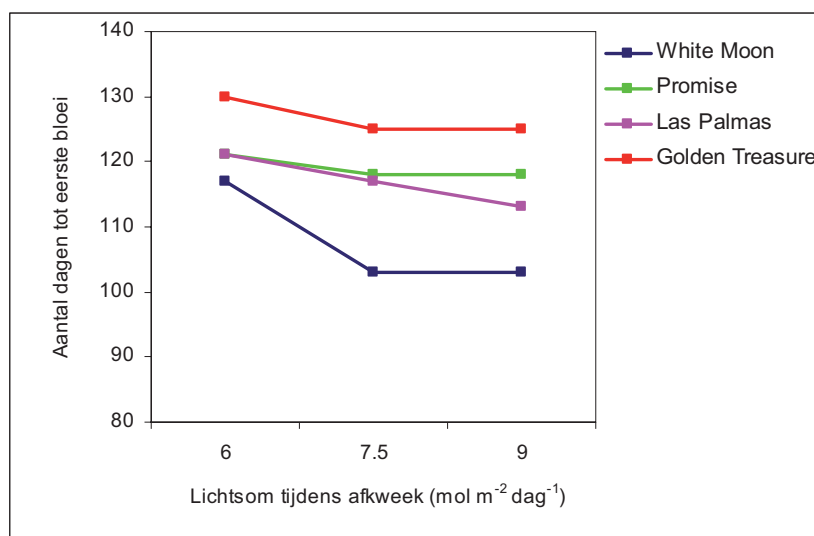
Figuur 20. Mate van koudeschade per lichtniveau in op- en afkweek bij de cultivar Promise (n=6).

In deze figuur is te zien dat bij een afkweek van 6 mol licht het minste koudeschade optrad; alleen de planten die opgekweekt zijn bij 4 mol licht hebben bladschade opgelopen. Bij de planten die werden afgekweekt bij 7,5 en 9 mol licht was er schade in alle opkweekbehandelingen en die schade nam toe, naarmate de lichtsom lager was in de opkweek.

3.8 Bloei

Voor analyse van de bloei zijn de volgende parameters vastgelegd: bloeisnelheid, aantal takken en vertakkingen, snelheid takaanleg, aantal bloem(knoppen), vers- en drooggewicht van de bloemtakken, taklengte, 'kamlengte' en aantal internodia aan de bloemtak.

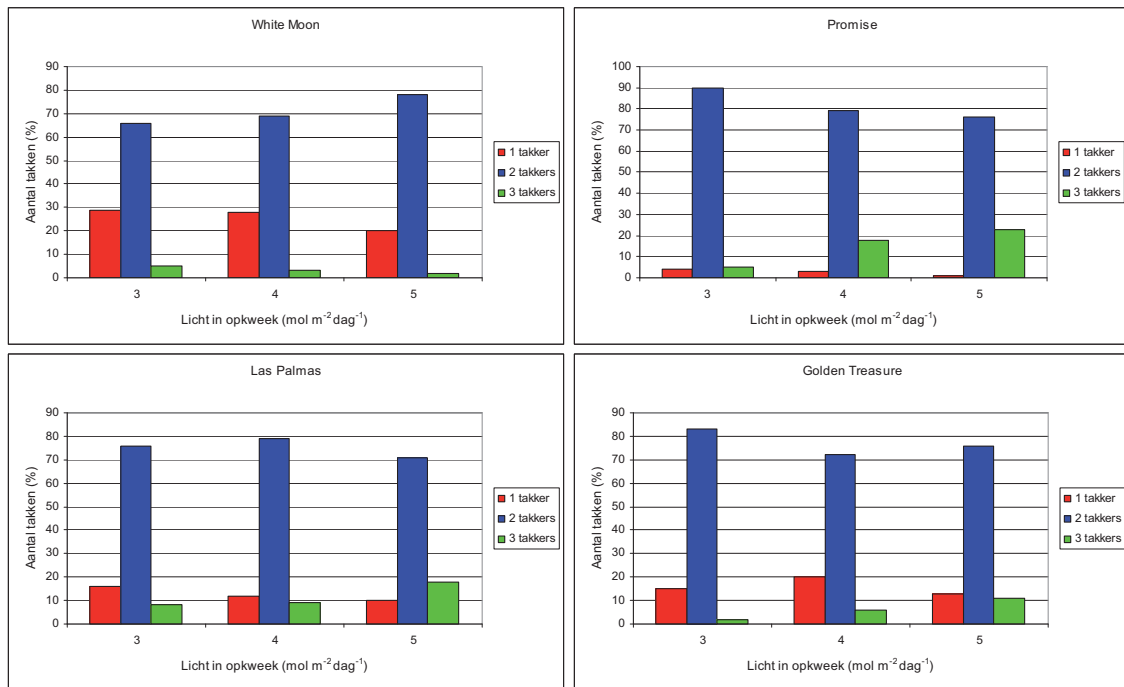
3.8.1 Bloeisnelheid



Figuur 21. Weergave van het aantal dagen van start koeling tot eerste bloei (bloem open) per cultivar onder invloed van de lichtsom in de afkweek. $n=36$.

In Figuur 21 is te zien dat de planten met een lichtsom van 7,5 en 9 mol m⁻² dag⁻¹ sneller in bloei kwamen dan bij de lichtsom van 6 mol m⁻² dag⁻¹. De mate van bloeisnelheid is in grote mate afhankelijk van de cultivar, waarbij White Moon het snelste tot bloei kwam, gevolgd door Las Palmas en Promise en daarna Golden Treasure. Het effect van meer licht in de afkweek was het grootst bij White Moon, die bloeide 14 dagen eerder bij meer licht. Las Palmas gaf een duidelijke aflopende lijn te zien met de bloei na 121, 117 en 113 dagen bij resp. 6, 7,5 en 9 mol licht. Bij Golden Treasure was er een verschil van 5 dagen tussen laag en gemiddeld/hog licht, en de verschillen bij Promise waren het kleinste, 3 dagen verschil tussen laag en gemiddeld/hog licht.

3.8.2 Aantal takken



Figuur 22. Het relatief aantal 1, 2 en 3 takkers (%) per cultivar aan het einde van de afweek.

In Figuur 22 is te zien dat, bij drie van de vier cultivars, vooral het aantal drietakkers toenam bij een hoger lichtniveau in de opweek en dat bij White Moon het aantal 1-takkers duidelijk afnam. Het aantal planten met vertakkingen werd veel sterker (significant) beïnvloed door de lichtsom in de opweekfase (39% bij 3 mol tot 68% bij 5 mol) dan door de lichtsom in de afweekfase (44% bij 6 mol tot 59% bij 9 mol). In Figuur 22 is het vooral bij White Moon en Promise, de snelgroeiende cultivars duidelijk dat de lichtsom in de opweek een grote invloed op de bloeiqualiteit heeft, gevolgd door de het aantal takken bij Las Palmas. Bij Golden Treasure is het effect van lichtsom in de opweekfase onduidelijk.

Tabel 14. Het aantal takken, kleine takken en vertakkingen in relatie met opweek- en afweekbehandelingen. $n=36$.

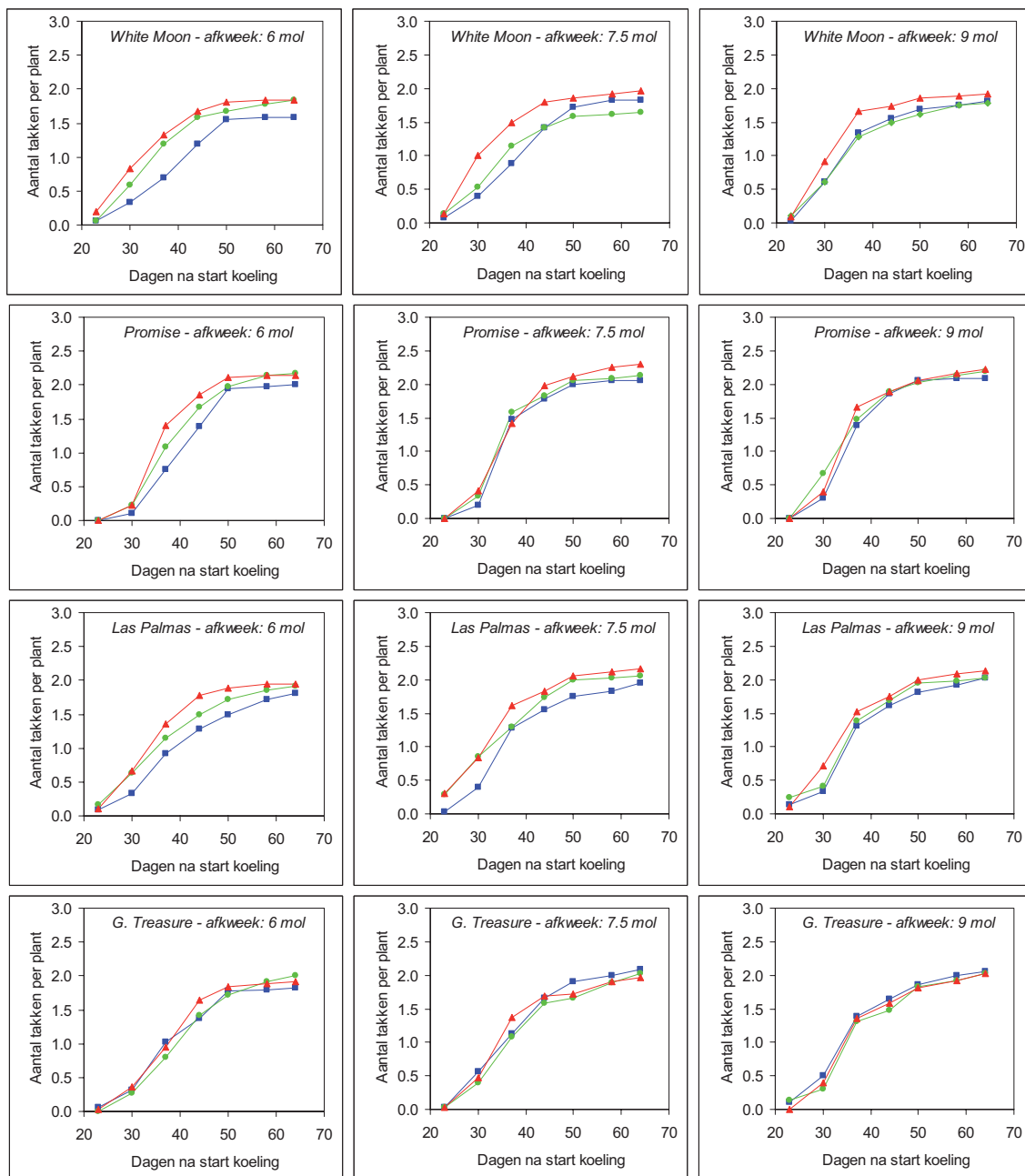
Opweek				AfwEEK			
Lichtsom in opweek	Aantal takken	Aantal kleine takken	Aantal planten met vertakkingen (%)	Lichtsom in opweek	Aantal takken	Aantal kleine takken	Aantal planten met vertakkingen (%)
3 mol	1,88 a	0,09 b	39 a	6 mol	1,89 a	0,05 a	44 a
4 mol	1,92 a	0,11 b	43 a	7,5 mol	1,96 a	0,09 a	47 a
5 mol	2,03 b	0,05 a	68 b	9 mol	1,97 a	0,10 a	59 a

De opweekbehandelingen hadden een significant effect op het aantal takken dat geproduceerd werd, en was significant hoger bij de lichtsom in de opweek van 5 mol, dan bij 3 en 4 mol (Tabel 13). Ook het aantal té kleine takken (korter dan de 1^e bloem aan een goede tak) was significant minder bij een lichtsom van 5 mol in de opweek

dan 3 en 4 mol. Uit de tabel is ook af te lezen dat de afkweekbehandelingen geen significant invloed hebben gehad op het aantal takken en het aantal vertakkingen, dus is de lichtsom in de opkweekfase nog belangrijker dan al werd gedacht.

3.8.3 Snelheid takaanleg

In onderstaande figuur staat de snelheid waarmee de takken zich ontwikkelden, gemeten in het aantal dagen na start koeling. Deze metingen zijn wekelijks uitgevoerd bij alle cultivars aan 36 planten per veld. Per cultivar staan er steeds drie figuren. De drie figuren behandelen elk een lichtniveau in de afkweek, met daarin uitgezet de lichtniveaus in de opkweek.



Figuur 23. Het invloed van de lichtsom in de op- en afkweekfases op de snelheid van takaanleg per cultivar. n=36 Lichtsom bij de opkweek: blauw = 3 mol; groen = 4 mol; rood = 5 mol.

Uit Figuur 23 is af te leiden dat het ontstaan van de takken het snelste ging wanneer opgekweekt bij een lichtsom van 5 mol m⁻² dag⁻¹. Dit gold voor alle cultivars behalve Golden Treasure. Bij White Moon begon de takaanleg tegelijkertijd en verliep het snelst, gevolgd door Promise, Las Palmas, en uiteindelijk door Golden Treasure.

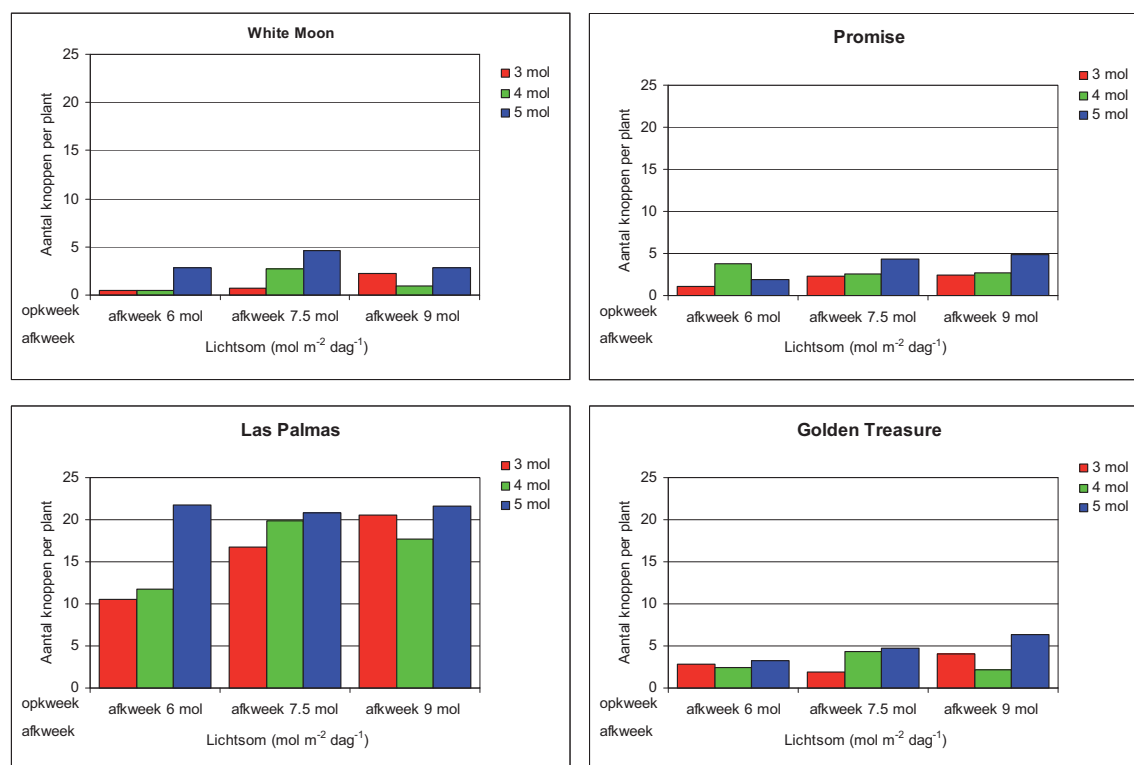
3.8.4 Aantal bloem(knoppen)

In de tellingen van het aantal bloem(knoppen) is onderscheid gemaakt in bloemen en knoppen op de hoofdtak en aan de zijtak.

Tabel 15. Aantal bloemen en knoppen aan de hoofdtak en zijtakken bij de lichtsommen in de op- en afkweekbehandelingen. n=36.

Opkweek			Afkweek				
Lichtsom opkweek	Bloemen op hoofdtak	Bloemen op zijtakken	Totaal	Lichtsom afkweek	Bloemen op hoofdtak	Bloemen op zijtakken	Totaal
3 mol	17,1 a	3,1 a	20,2 a	6 mol	16,3 a	3,3 a	19,6 a
4 mol	16,8 a	3,8 a	20,6 a	7,5 mol	17,5 a	4,6 a	22,1 a
5 mol	17,6 a	5,9 b	23,5 b	9 mol	17,6 a	4,7 a	22,3 a

Uit de analyse van bloemen en bloemknoppen bleek dat het invloed van de lichtsom in de afkweek op het aantal bloemen op de hoofdtak niet significant was (Tabel 15 en Figuur 24). De lichtsommen in de opkweek hadden ook geen invloed op het aantal bloemen op de hoofdtak, maar wel op de zijtakken, waarbij bij 5 mol licht er een significante toename waargenomen werd.



Figuur 24. Gemiddeld aantal knoppen aan de zijtakken per plant per behandeling.

De taklengte, lengte tot 1^e bloem en kamlengte (1^e bloem tot laatste bloem) werden significant beïnvloed door de behandelingen in de opkweek, maar de verschillen zijn niet groot en waren niet significant beïnvloed door de behandelingen in de afkweek.

3.8.5 Vers- en drooggewicht van de bloemtakken

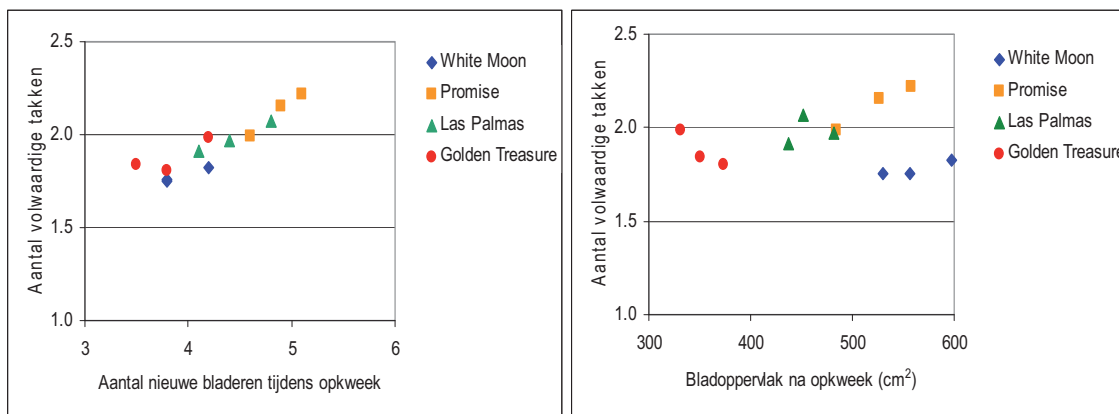
Tabel 16. *Vers- en drooggewicht per bloemtak van planten uit de opkweekbehandelingen. n=10.*

Cultivar	Versgewicht bloemtak			Drooggewicht bloemtak		
	3 mol	4 mol	5 mol	3 mol	4 mol	5 mol
White Moon	62,9	62,1	78,3*	6,1	6,1	7,6*
Promise	66,0	75,8 *	78,6*	5,5	6,4*	6,6*
Las Palmas	78,5	79,7	85,5*	6,8	6,9	7,4
Golden Treasure	48,1	48,2	45,8	5,0	5,1	4,8

* geeft een significant verschil aan tussen de behandelingen, binnen elke cultivar. $P=0.05$.

Het vers- en drooggewicht van de bloemtakken was significant verschillend tussen de cultivars en tussen de lichtsommen in de opkweek (Tabel 16), behalve bij Golden Treasure. Er was geen effect van meer licht in de afkweek op de vers- en drooggewichten van de bloemtakken.

3.9 Invloed van bladafsplittingsen en bladoppervlak op het aantal bloemtakken



Figuur 25. *Verband tussen het gemiddelde aantal nieuwe bladeren tijdens de opkweek is gevormd (n=10) en het aantal bloemtakken in de afkweek (n=36) (links) en de bladoppervlak na de opkweek (n=10) en het aantal bloemtakken (n=36) (rechts), per cultivar.*

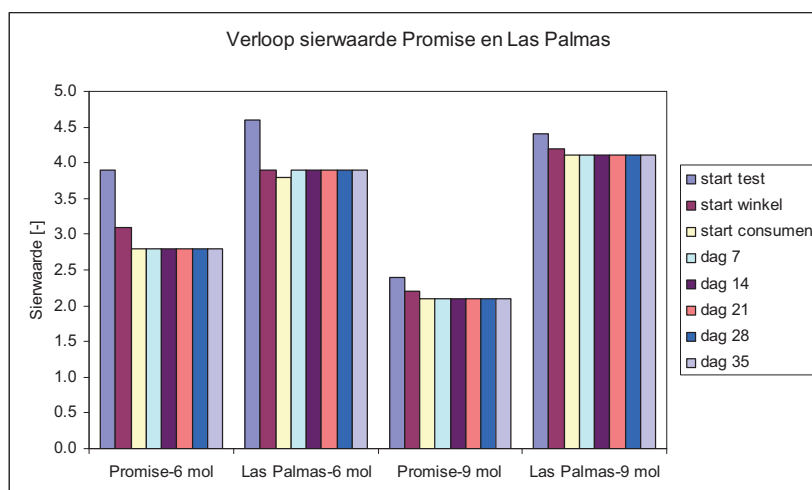
Het aantal volwaardige takken van de vier cultivars in alle behandelingen is in Figuur 25 uitgezet tegen het aantal bladeren die tijdens de opkweek werd gevormd. Uit deze figuur is een relatie zichtbaar waaruit blijkt dat het aantal volwaardige bloemtakken toeneemt met een toenemende bladafsplitsing in de opkweek. Verrassenderwijs is de relatie tussen bladoppervlak en het aantal takken niet zo sterk aanwezig als meestal wordt verondersteld.

3.10 Houdbaarheid

Aan het einde van de teelt is door FloraHolland een houdbaarheidsonderzoek uitgevoerd met planten uit enkele voor- en afkweekbehandelingen om de mogelijke verschillen in prestatie (bloei, knopval, sierwaarde, houdbaarheid) bij Phalaenopsis vast te stellen. De planten waren bij 4/5 mol licht opgekweekt, en bij 6 en 9 mol afgekweekt zoals in Tabel 17 is aangegeven.

Tabel 17. Gegevens van planten in de houdbaarheidsonderzoek van FloraHolland.

Test nr	Cultivar	Kleur	Potmaat	Hoogte	Lichtsom opkweek (mol m ² dag ⁻¹)	Lichtsom afkweek (mol m ² dag ⁻¹)	Aantal planten
1	Promise	wit	13 cm	65 cm	4/5	6	10
2	Promise	wit	13 cm	65 cm	4/5	9	10
3	Las Palmas vertakt	paars	13 cm	65 cm	4/5	6	10
4	Las Palmas vertakt	paars	13 cm	65 cm	4/5	9	10



Figuur 26. Verloop van de sierwaarde voor de cultivars Promise en Las Palmas.

Het verloop van de sierwaarde bij Promise en Las Palmas bij 6 en 9 mol licht m² dag⁻¹ in de afkweek is gegeven in Figuur 26. Daaruit blijkt dat, nadat de planten het punt 'start consument' is gepasseerd, de bladkwaliteit nauwelijks veranderde. De bladkwaliteit bleef op hetzelfde (matige) niveau (cijfers niet getoond). De gemiddelde sierwaarde van Promise was onvoldoende door met vlekken beschadigde blad. Afkweek bij 9 mol licht geeft zowel bij Promise als bij Las Palmas gemiddeld de meeste bloemen tijdens de testperiode (5 weken) (cijfers niet getoond). De afkweek bij 6 mol licht laat bij Las Palmas veel knopval zien na de 4^e en 5^e week bij de consument (cijfers niet getoond). De behandeling met 9 mol licht is de beste behandeling gezien de betere sierwaarde voor de consument (Figuur 26).

4 Conclusies

1. Meer licht in combinatie met een hoge RV bevordert de groei van Phalaenopsis

Alle cultivars in dit experiment hadden duidelijk voordeel bij meer licht, al dan niet in combinatie met een hogere kaslucht temperatuur. Bij alle cultivars werd meer biomassa (droge stof) geproduceerd bij een hogere lichtsom, waarbij de snelgroeïende cultivars het beste groeiden onder een lichtsom van 5 in het begin en 6 mol dag⁻¹ aan het einde van de opkweek. De droge stof productie bij deze cultivars kwam tot uiting in een snellere bladafsplitsing en grotere bladoppervlak. Bij de traag groeiende cultivars Golden Treasure en Las Palmas, leek er een optimum bij 4 mol per dag te zijn, waarbij een snellere bladafsplitsing, maar minder bladoppervlak werd gerealiseerd.

Het microklimaat tussen de bladeren bij de verschillende cultivars was veel gelijkmatiger bij een constante RV van 80%. Bij een lage RV (60%) zoals in de praktijk het geval is, was de groei en ontwikkeling minder dan bij de hoge RV. Het effect van een hoge RV in de kas werkte positief op de groei van Phalaenopsis, vooral op de bladafsplitsing van Las Palmas. Door de hogere RV werd ook het aantal actieve wortelpuntjes bij White Moon en Las Palmas verhoogd.

2. Klimaat optimalisatie leidt tot teeltversnelling in Phalaenopsis van 3 tot 6 weken

Een toename in lichtsom van 3 naar 5 mol dag⁻¹ resulteerde in gemiddeld 0,7 meer blad tijdens de opkweek bij de traag groeiende cultivars Las Palmas en Golden Treasure, De snel groeiende cultivars White Moon en Promise maakte iets minder bladeren, resp. 0,4 en 0,5 bladeren meer. Wanneer uitgegaan wordt van een aanmaak van ongeveer 1 nieuw blad per 6 weken, betekent dat een teeltversnelling van 3 tot 4 weken bij deze vier cultivars.

Bij Las Palmas lijken de behandelingen met een lichtsom van 4 mol dag⁻¹ het beste te zijn, omdat daar de hoogste bladafsplitsing en bladoppervlak tijdens de opkweek werd gerealiseerd. Voor Golden Treasure, de andere traaggroeïende cultivar, nam het gemiddelde bladoppervlak af met toenemende licht, terwijl de bladafsplitsing toenam, wat uiteindelijk resulteerde in een min of meer gelijk totaal bladoppervlak.

Bij een hogere temperatuur werd 1 blad meer gevormd bij de snellere groeiende cultivars White Moon en Promise tijdens de opkweek, wat betekent een teeltversnelling van 6 weken. Het effect van een hogere temperatuur op de bladafsplitsing van de langzaam groeiende cultivars was ook positief, maar minder, ca. 0,2 tot 0,5 blad meer. Bij de snelgroeïende cultivars White Moon en Promise werden er dus meer, maar kleinere bladeren gevormd bij 31°C, zonder negatieve gevolgen voor het totale bladoppervlak, wat betekent meer mogelijkheden voor het aanleg van bloemtakken.

3. Snelgroeïende cultivars hebben een hogere bladtemperatuur dan de traag groeiende cultivars

De bladtemperatuur van de twee snelgroeïende cultivars was in bijna alle behandelingen hoger t.o.v. de kasluchttemperatuur dan die van beide langzaam groeiende cultivars. De kasluchttemperatuur was zeer constant gedurende de opkweek en de bladtemperatuur van White Moon en Promise was 0,8 tot 1,8°C lager dan de kasluchttemperatuur, en 1,5 tot 2,1°C lager bij Las Palmas en Golden Treasure. Dit suggereert dat de huidmondjes bij de traag groeiende cultivars meer open waren overdag waardoor ze meer konden verdampen en afkoelen.

4. Bij een hogere lichtsom wordt meer CO₂ opgenomen door Phalaenopsis

De hoeveelheid CO₂ die werd opgenomen door volgroeïde bladeren van White Moon werd sterk beïnvloedt door de lichtsom: bij 3 mol dag⁻¹ werd ca. 2,5 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ opgenomen gedurende de nacht, en bij 4 en 5 mol dag⁻¹ werden resp. 5 en 6 μmol m⁻² s⁻¹ opgenomen. Er wordt dus meer CO₂ opgenomen als de planten meer licht krijgen, waarbij de volgroeïde bladeren meer CO₂ opnemen in de nacht en jonge bladeren meer CO₂ opnemen overdag. Om 's nachts meer CO₂ op te kunnen nemen is een grotere pyruvaat pool in het blad nodig, en blijkbaar wordt dat aangemaakt bij een hogere lichtsom. Dit suggereert dat de fotosynthese wel degelijk gestimuleerd kan worden door meer licht toe te laten, waardoor de groei ook toeneemt. Gesuggereerd wordt dat aan het begin van de opkweek met een lagere lichtintensiteit begonnen kan worden, maar dat na een aantal weken de lichtintensiteit sneller opgevoerd kan worden.

5. Start de opweek met een lagere lichtintensiteit, en voer het daarna pas op

Er wordt meer CO₂ opgenomen als de planten meer licht krijgen, maar het verloop van de groei in dit experiment suggereert dat de capaciteit ervoor onvoldoende aanwezig is bij het begin van de teelt. Daarnaast, omdat de fotosynthetische efficiëntie in kleinere planten meer gevoelig voor een hogere lichtintensiteit blijkt te zijn uit de literatuur, is het aan te bevelen dat er aan het begin van de opweek met een lagere lichtintensiteit begonnen moet worden, maar dat na een aantal weken de lichtintensiteit sneller opgevoerd kan worden.

6. Het aantal takken is afhankelijk van het aantal nieuwe bladeren gevormd in de opweekfase

In dit experiment is gebleken dat, hoe meer bladeren er worden gevormd in de opweekfase, hoe meer takken ontwikkelen en tot bloei komen in de afweekfase en dat onafhankelijk van de cultivar. Al eerder is vastgesteld dat hoe meer licht er wordt gegeven in de opweek, hoe meer nieuwe bladeren gevormd worden. De conclusie moet nu zijn dat meer licht in de opweekfase bepalend is voor het aantal takken in de afweekfase.

7. Meer licht in de opweekfase is sterk bepalend voor de kwantiteit en kwaliteit van de bloei

Uit de analyse van de opweekfase kwam naar voren dat meer licht in de opweek het aantal nieuwe bladeren en het bladoppervlak stimuleert. Dat is de basis voor de bloei-capaciteit, d.w.z. hoe meer bladeren wordt gevormd in de opweekfase, hoe hoger het aantal takken. Uit de analyse van de bloei in de afweekfase is gebleken dat meer licht in de opweekfase bepalend is voor een aantal bloei-eigenschappen. Het aantal takken en in minder mate het aantal bloemen per tak nam toe met toenemend licht in de opweek. Het aantal meertakkers bij alle cultivars neemt ook toe met toenemend licht in de opweek. Behalve bij Golden Treasure groeide de takken sneller bij meer licht in de opweekfase.

In de opweekfase is er meer licht toegevoegd tot aan 6 mol. De vraag is of dat het optimum is en of het optimale lichtniveau in koeling en afweek hoger moet zijn of juist lager? Interessant zou kunnen zijn de relatie van snelheid van wortelgroei en de mogelijkheid om het lichtniveau te verhogen in de opweek zonder groeivertraging of schade op te lopen.

8. Meer licht in de afweekfase verkort de tijd tot eerst bloem

Het enige effect van toenemend licht in de afweekfase was de tijd totdat de eerste bloem open ging. Bij White Moon was dat 14 dagen eerder, bij Las Palmas 9 dagen, bij Promise 5 dagen en bij Golden Treasure 3 dagen. Omdat meer licht in de afweekfase relatief weinig invloed heeft op de bloei(kwaliteit), zou men er mogelijk met minder licht toe kunnen in de afweekfase.

9. Meer licht is beter voor de sierwaarde

Meer licht in afweek gaf de meeste bloemen, minste knopval en een betere sierwaarde. Alleen was door 'koudeschade' het blad bij Promise van een matige kwaliteit.

5 Referenties

- Chen, C. & R.S. Lin, 2004.
Nondestructive estimation of dry weight and leaf area of *Phalaenopsis* leaves. *Appl. Engineering Agric.* 20:297-303.
- Dueck, T. & E. Meinen, 2008a.
CO₂-opname bij *Phalaenopsis*. Rapport 191. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen.
- Dueck, T., E. Meinen & A. Kromwijk, 2008b.
Nachtbelichting en CO₂-dosering bij *Phalaenopsis*. Rapport 214 Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen
- Guo, W.-J. & N. Lee, 2006.
Effect of leaf and plant age, and day/night temperature on net CO₂ uptake in *Phalaenopsis amabilis* var. *formosa*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131:320-326.
- Ichihashi, S., T. Higuchi, H. Shibayama, Y. Tesima, Y. Nishiwaki & K. Ota, 2008.
Aspects of CO₂ uptake in the Crassulacean acid metabolism orchid *Phalaenopsis*. *Acta Hort.* 766: 245-256.
- Kajihara, S., M. Aoyama & T. Yosida. 1992.
Effects of temperature and day-length on the growth of *Phalaenopsis* plants. *J. Jpn. Hort. Sci.* 61(Suppl 2): 833.
- Kajihara, S. & M. Aoyama, 1993.
Effects of temperature and day-length on the growth of *Phalaenopsis* nursery plants. *J. Jpn. Hort. Sci.* 62(Suppl 2): 56-57.
- Kano, A., M. Naitou, & K. Ookawa, 1992.
Effects of temperature and light intensity on CO₂ absorption by *Phalaenopsis*. *Abstract Jpn. Soc. High Tech. Agric.* 87-88.
- Kluge, M. & I.P. Ting, 1978.
Crassulacean Acid Metabolism. Analysis of an Ecological Adaptation. Springer-Verlag, Berlin.
- Konow, E.A. & Y-T. Wang, 2001.
Irradiance levels affect in vitro and greenhouse growth, flowering and photosynthetic behaviour of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:531-536.
- Kubota, S., K. Takechi & K. Yoneda, 1991.
Effects of light intensity on growth, flowering and nutrient absorption in *Phalaenopsis* plants. *J. Jpn. Hort. Sci.* 60(Suppl 1): 526-527.
- Lin, M-J. & B-D. Hsu, 2004.
Photosynthetic plasticity of *Phalaenopsis* in response to different light environments. *J. Plant Physiol.* 161:1259-1268.
- Ota, K., K. Morioka & Y. Yamamoto, 1991.
Effects of leaf age, inflorescence, temperature, light intensity and moisture conditions on CAM photosynthesis in *Phalaenopsis*. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 60: 125-132.

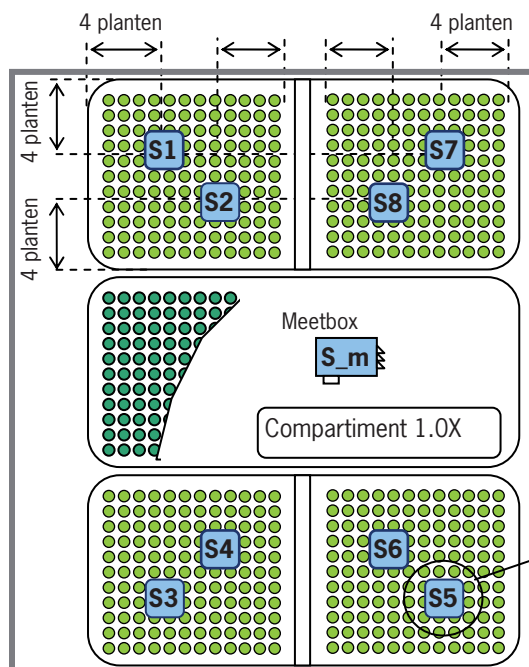
Bijlage I.

Voedingsoplossingen

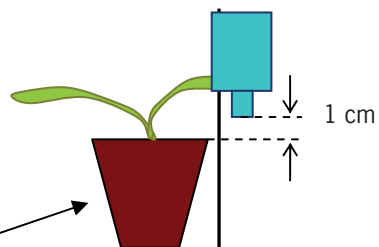
Nutriënten (mmol/l)	Opkweek		
	week 0 - 6	week 7 - 22	week 23 - 30
Macro's			
NO ₃ ⁻	5,5	5,5	5,5
SO ₄ ⁻	0,8	0,8	0,9
P ⁻	1,6	1,7	1,5
NH ₄ ⁺	1,8	1,9	0,9
K ⁺	3,0	3,2	3,8
Ca ²⁺	1,1	1,0	1,2
Mg ²⁺	0,6	0,5	0,6
Ureum (g/100ml)	26	18	18
Micro's			
Fe	22	19	21
B	18	14	16
Mn	9	8	8
Zn	4,2	1,7	3,5
Cu	4,4	1,8	3,6
Mo	2,9	1,2	2,4
EC	0,9	0,9	1,0
pH	5,5	5,5	5,5

Bijlage II.

Layout draadloze sensoren



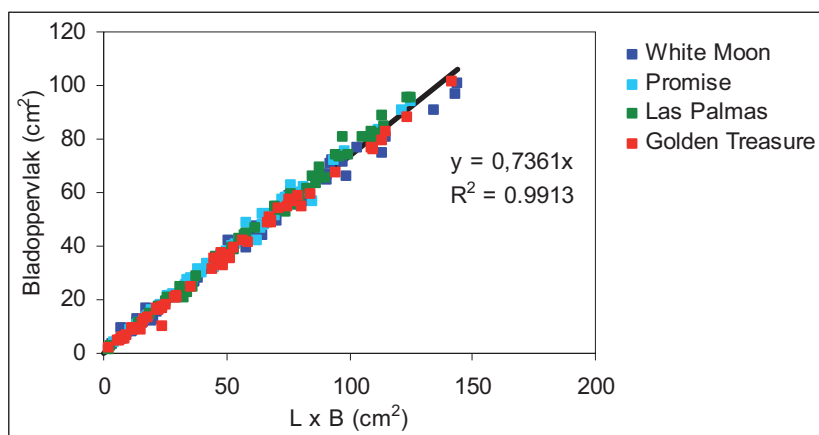
S1..Sx zijn T en RV sensoren geplaatst op teeltbedden op de gegeven afstanden. S_m is een T en RV sensor geplaatst bij de meetbox.
Compartment 1.01 tot en met 1.06 zijn op dezelfde wijze uitgerust met sensoren.



De sensoren zijn 1 cm boven de rand van de pot aan een haak opgehangen.

Bijlage III.

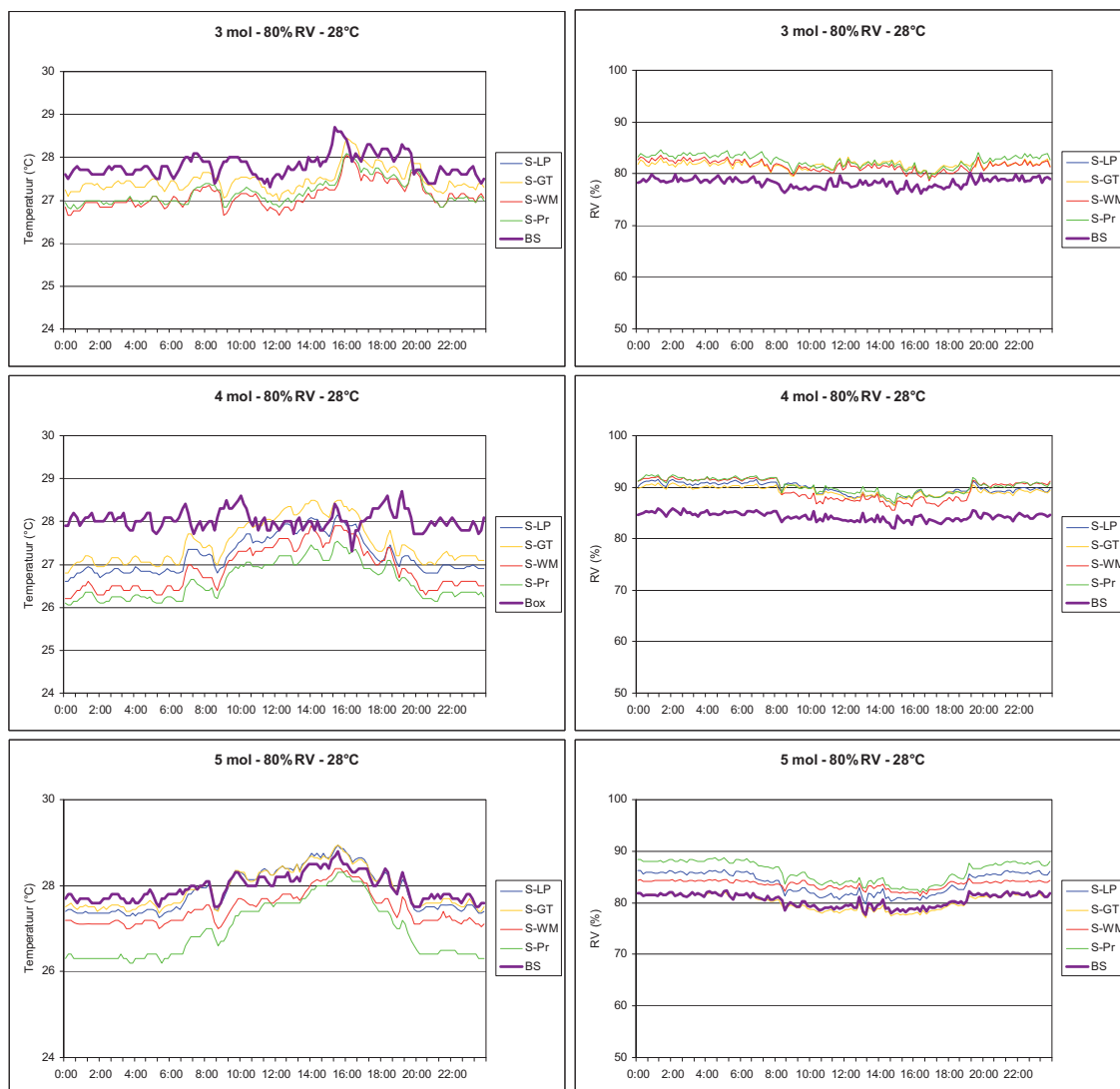
Relatie tussen nondestructieve metingen en gemeten bladoppervlak



Relatie tussen de lengte en breedte van de bladeren (nondestructief) van 4 Phalaenopsis cultivars en het gemeten bladoppervlak (destructief).

Bijlage IV.

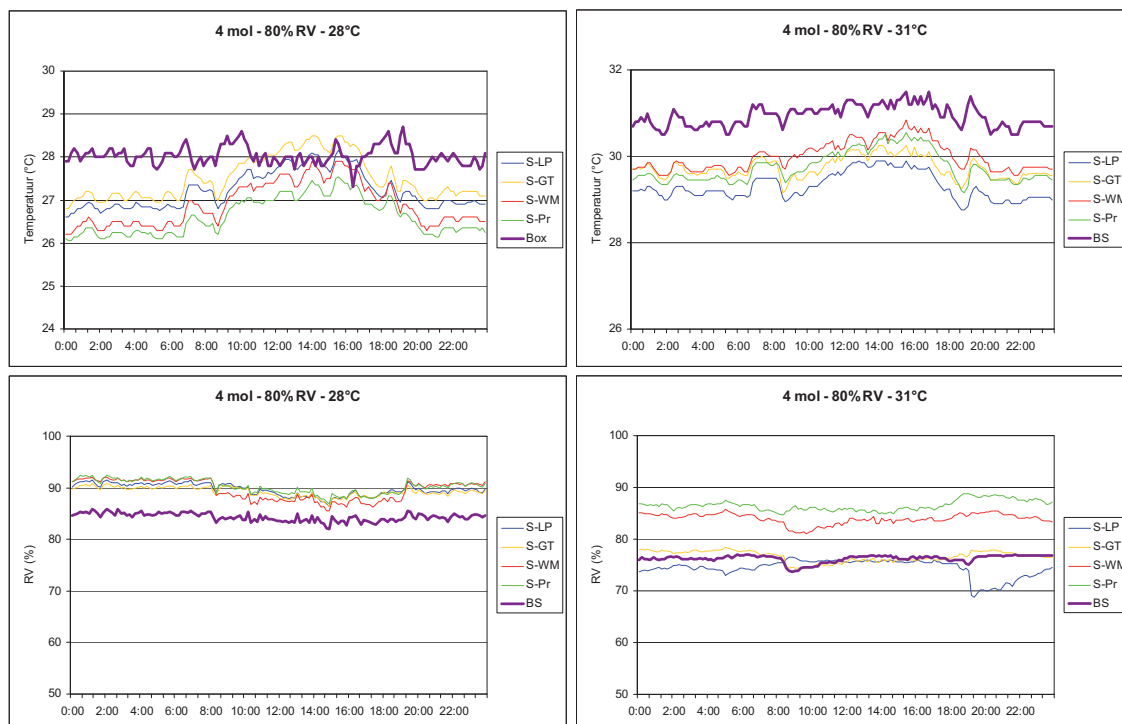
Effect van licht op microklimaat: temperatuur en RV



Invloed van toenemende licht op de kasttemperatuur en microklimaat (temp en RV) op 20 oktober, 2009.

Bijlage V.

Effect van temperatuur op microklimaat: temperatuur en RV tussen het gewas



Invloed van een hogere temperatuur op de kasttemperatuur en microklimaat (temp en RV) bij 4 mol licht op 20 oktober, 2009.

Bijlage VI.

Effect van temperatuur op groei en ontwikkeling

Effect van temperatuur op bladoppervlak (cm²), het aantal actieve wortelpunten als het aantal bovengrondse wortelpuntjes.

Parameter	Temp (°C)	Lichtsom (mol d ⁻¹)	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure
Bladafsplitting	28	4	3,8	4,9	4,4	3,8
	31	4	4,8	6,2	4,9	4,1
	28	5	4,2	5,1	4,8	4,2
	31	5	5,2	6,3	4,9	4,4
Bladoppervlak (cm ²)	28	4	530 ± 27	526 ± 20	482 ± 22	373 ± 17
	31	4	554 ± 28	565 ± 17	522 ± 17	359 ± 22
	28	5	597 ± 15	558 ± 21	452 ± 21	331 ± 22
	31	5	578 ± 22	597 ± 21	471 ± 16	328 ± 23
Actieve wortelpuntjes	28	4	13,2 ± 1,0	6,2 ± 0,6	14,2 ± 1,4	7,3 ± 0,7
	31	4	13,2 ± 1,1	5,6 ± 0,9	14,8 ± 1,7	8,1 ± 1,0
	28	5	17,6 ± 1,4	10,0 ± 1,0	16,8 ± 1,8	8,5 ± 1,4
	31	5	17,7 ± 0,9	7,4 ± 0,8	15,6 ± 1,0	7,8 ± 1,0
Bovengrondse wortels	28	4	4,1 ± 0,4	12,8 ± 1,9	4,3 ± 0,8	2,3 ± 0,5
	31	4	5,9 ± 0,6	9,1 ± 1,0	3,9 ± 0,5	3,0 ± 0,6
	28	5	6,8 ± 1,3	9,6 ± 0,8	5,9 ± 0,6	2,6 ± 0,7
	31	5	7,2 ± 0,7	13,4 ± 1,2	2,9 ± 0,6	3,7 ± 0,8

Bijlage VII.

Bladtemperatuur op 16 februari 2010

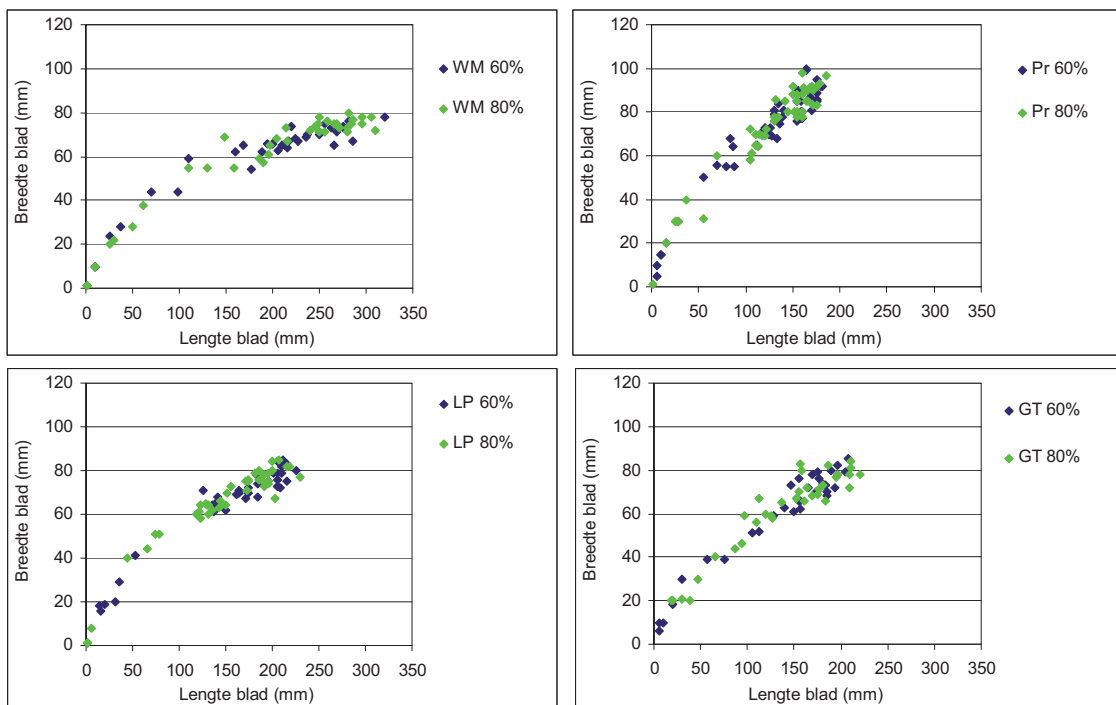
Bladtemperatuur i.r.t. de kasluchttemperatuur (gemeten bij de meetbox).

Behandeling	Blad temperatuur (°C)				Kaslucht-temperatuur (°C)
	White Moon	Promise	Las Palmas	Golden Treasure	
1 3mol/60%/28°	27,1 (-0,7)	26,8 (-1,0)	26,1 (-1,7)	25,8 (-2,0)	27,8
2 3mol/80%/28°	26,6 (-1,3)	26,5 (-1,4)	26,5 (-1,4)	26,6 (-1,3)	27,9
3 4mol/80%/28°	25,7 (-1,9)	25,7 (-1,9)	25,5 (-2,1)	25,7 (-1,9)	27,6
4 4mol/80%/31°	29,9 (-0,7)	29,7 (-0,9)	29,1 (-1,5)	29,0 (-1,6)	30,6
5 5mol/80%/31°	31,6 (+0,9)	31,3 (+0,6)	31,3 (+0,6)	31,2 (+0,5)	30,7
6 5mol/80%/28°	26,9 (-0,6)	26,7 (-0,8)	27,2 (-0,3)	26,9 (-0,6)	27,5

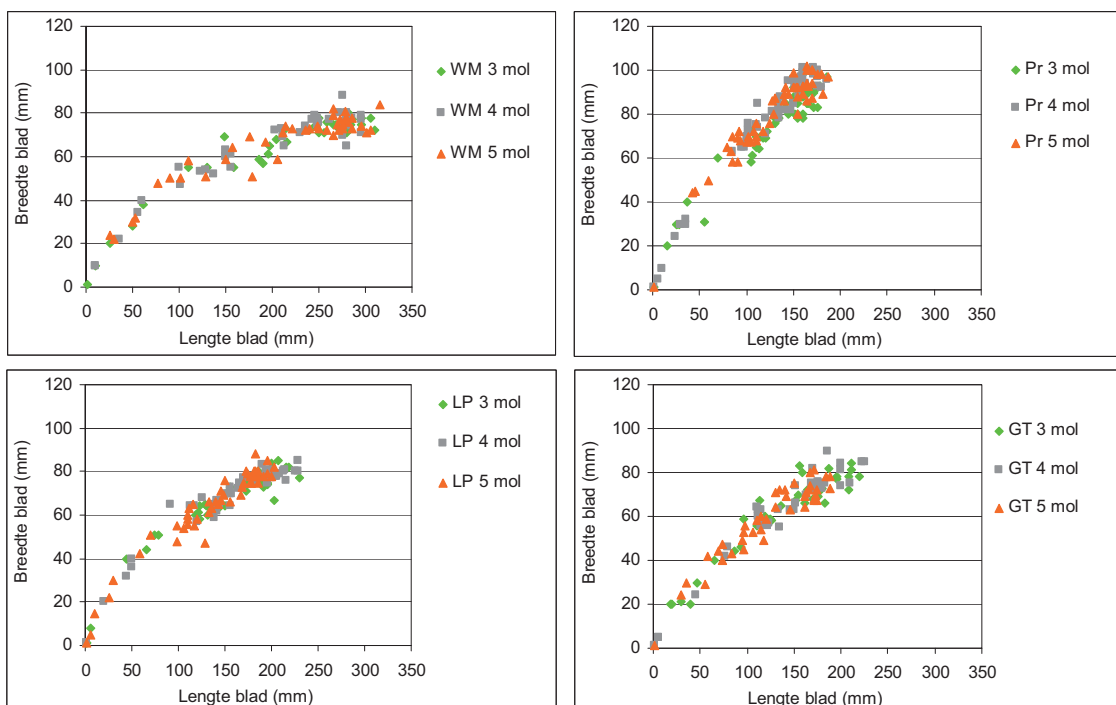
Bijlage VIII.

Effect van RV en licht op bladvorm

Effect van RV op bladvorm



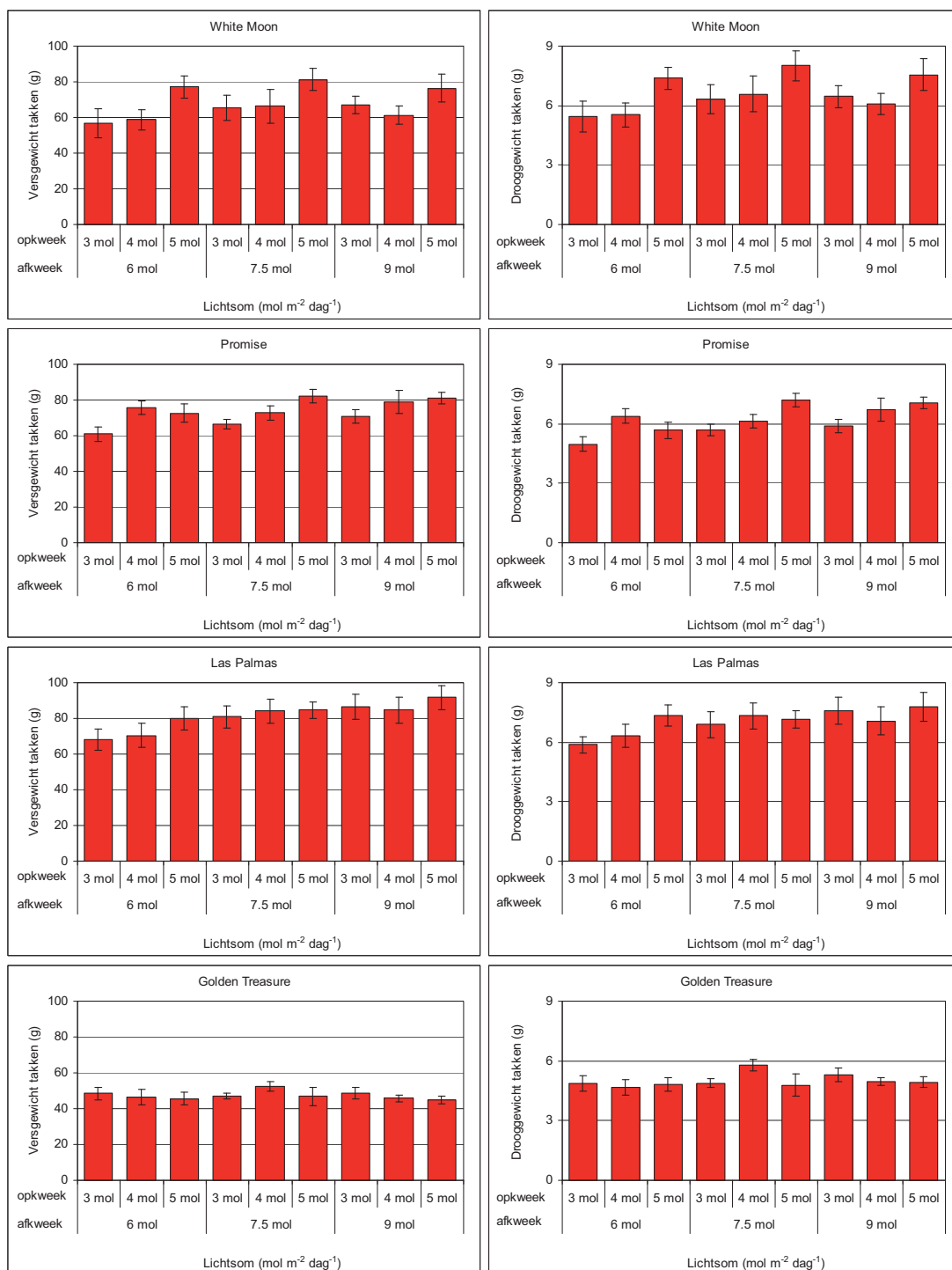
Effect van licht op bladvorm



Bijlage IX.

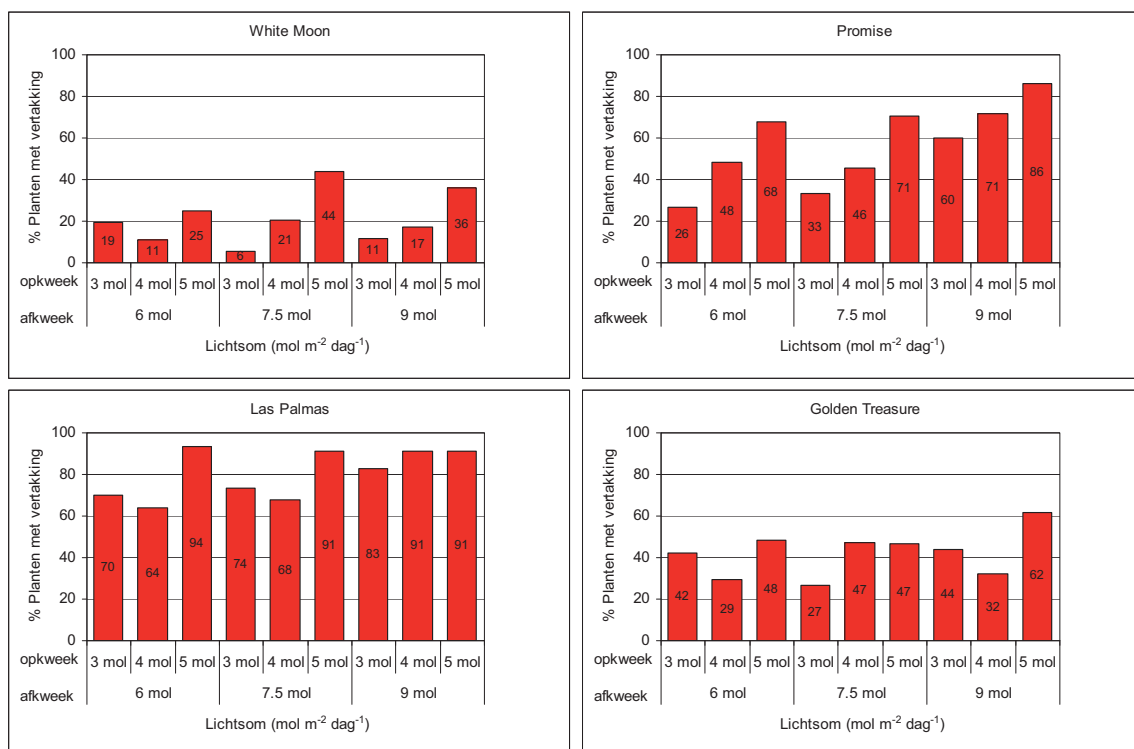
Vers en drooggewicht van de bloemtakken per cultivar en per behandeling

In onderstaande figuren staan de verschillen in vers- en drooggewicht per behandeling en per cultivar.



Bijlage X.

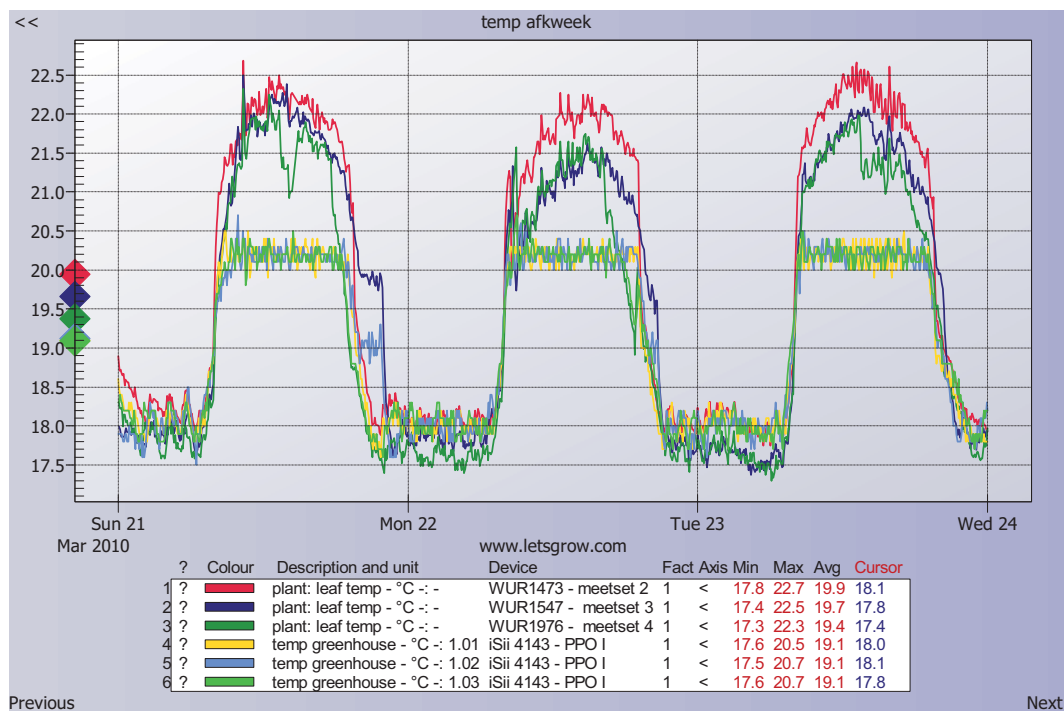
Aantal vertakkingen op de bloemtak per behandeling en per cultivar



Bijlage XI.

Planttemperatuur tijdens koeling en afkweek

Gedurende een groot deel van het onderzoek is per afdeling de gewastemperatuur van de cultivar Las Palmas gemeten met infrarood camera's (infrarood pyrometer, model CT11, Heitronics). In de figuren zijn voorbeelden te zien van enkele dagen in de koeling en enkele dagen in de afkweek.



Voorbeeld van planttemperatuur en kasttemperatuur van drie dagen in maart (koeling).



Voorbeeld van planttemperatuur en kasttemperatuur van drie dagen in juni (afkweek).

