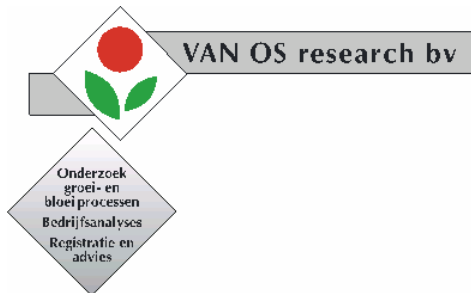


Daglengte en lichtintensiteit bij Phalaenopsis

Arca Kromwijk, Nico van Mourik en Hans Schüttler (PPO-Glastuinbouw)



Peter van Os en Remco Wertwijn (VAN OS research bv)



Ad Schapendonk (Plant Dynamics)



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business Unit Glastuinbouw
februari 2005
PPO nrs. 41717008 en 41717016

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is gefinancierd door:

Productschap Tuinbouw
Louis Pasteurlaan 6
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer



Projectnummer: 41717016 en 41717008
PT-nummers: 11532 en 11647

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. : 0297 - 35 25 25
Fax : 0297 - 35 22 70
E-mail : infoglastuinbouw.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

VAN OS research bv

Adres : Windmolen 12
Tel. : 0297 – 28 71 18
Fax : 0297 – 28 71 18
E-mail : vanos.research@feka.nl

Plant Dynamics BV¹

Adres : Englaan 8
Tel. : 0317 - 47 83 00
Fax : 0317 - 47 83 01
E-mail : mail@plant-dynamics.nl
Internet : www.plant-dynamics.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODE DAGLENGTE EN LICHTINTENSITEIT	8
2.1 Proefopzet	8
2.2 Teeltomstandigheden.....	9
2.2.1 Teeltomstandigheden tijdens de vegetatieve opkweek	9
2.2.2 Teeltomstandigheden tijdens koeling en afkweek.....	9
2.3 Waarnemingen.....	9
2.3.1 Klimaat	9
2.3.2 Gewasmetingen vegetatieve fase	10
2.3.3 Gewasmetingen na-effecten vegetatieve opkweek op bloei	11
2.3.4 Analyse gewasmetingen	11
3 GEREALISEERD KLIMAAT	12
3.1 Lichtniveau en lichtsom	12
3.2 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid	12
4 RESULTATEN GEWASGROEI	14
4.1 Lichtschade week 48	14
4.2 Bladafsplitsingssnelheid	14
4.3 Bladgrootte	16
4.3.1 Bladlengte.....	16
4.3.2 Bladbreedte	17
4.3.3 Bladoppervlakte.....	19
4.4 Actieve wortelpunten en lengte langste wortel.....	20
4.5 Vers- en drooggewicht	22
4.6 Na-effecten op bloei	25
5 CONCLUSIES EN DISCUSSIE GEWASGROEI	27
5.1 Effect van daglengte op bovengrondse groei	27
5.2 Effect van daglengte op wortelgroei.....	27
5.3 Effect van lichtniveau	28
6 REGULERING VAN DE FOTOSYNTHESE BIJ PHALAENOPSIS	29
6.1 Inleiding	29
6.2 Materiaal en methoden fotosynthemetingen	30
6.2.1 Haalbaarheidstudie of fotosynthese in een CAM plant te meten is	30
6.2.2 Effect van daglengte en lichtintensiteit op fotosynthese en fluorescentie	30
6.3 Resultaten fotosynthesemetingen.....	32
6.3.1 Haalbaarheidstudie of fotosynthese in een CAM plant te meten is	32
6.3.2 Effect van daglengte en lichtintensiteit op fotosynthese en fluorescentie	34
6.4 Conclusies regulering fotosynthese bij Phalaenopsis.....	37
6.5 Belangrijke vragen voor vervolg onderzoek.....	37
LITERATUUR.....	38
BIJLAGE 1 PLATTEGROND KASSCHEMA.....	39

BIJLAGE 2 LICHTSOM (PAR) PER ETMAAL	40
BIJLAGE 3 ETMAALGEMIDDELDEN KASTEMPERATUUR.....	41
BIJLAGE 4 ETMAALGEMIDDELDEN POTTEMPERATUUR.....	42
BIJLAGE 5 ETMAALGEMIDDELDEN RELATIEVE LUCHTVOCHTIGHEID	43
BIJLAGE 6: PLANTMONITOR	44
BIJLAGE 7 GEMIDDELDE MEETWAARDEN PER BEHANDELING.....	45
BIJLAGE 8 FIGUREN TUSSENWAARNEMINGEN AANTAL BLADEREN	48
BIJLAGE 9 FOTO'S EINDE VEGETATIEVE OPK WEEK	49

Samenvatting

Bij de assimilatiebelichting bij *Phalaenopsis* wordt in de praktijk een nacht van minimaal 8 tot 12 uur aangehouden omdat nog niet bekend is hoe lang de nacht minimaal moet zijn om te voorkomen dat de nachtelijke CO₂-opname in de knel komt. *Phalaenopsis* is een CAM-plant en houdt zijn huidmondjes overdag gesloten om de verdamping te beperken (Warmenhoven et al, 2003). Tijdens de donkerperiode zijn de huidmondjes geopend en neemt de plant CO₂ op. Dit wordt gebonden aan pyruvaat en als appelzuur (=malaat) opgeslagen in de vacuolen. Overdag wordt het appelzuur weer uit de vacuole gehaald en gesplitst in koolzuur en pyruvaat. Het koolzuur is dan binnen de cel beschikbaar voor de fotosynthese. Op verzoek van de gewascommissie *Phalaenopsis* van LTO-GroeiService is onderzocht in hoeverre een langere daglengte bij de assimilatiebelichting van *Phalaenopsis* de groei zou kunnen bevorderen en welke gevolgen dit heeft voor de nachtelijke CO₂-opname. Dit onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

In een vegetatieve opkweek van *Phalaenopsis* is een daglengte van 12, 15, 18 en 21 uur gerealiseerd met bijbelichting van 59 en 82 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ PAR (=4900 en 6900 lux). In week 42 – 2003 is gestart met vier partijen halfwas plantmateriaal (opgepot week 32) en vier partijen jong plantmateriaal (opgepot week 38) en in week 6 – 2004 zijn de eindwaarnemingen uitgevoerd. De halfwasplanten zijn in week 7 bij een teler in de koeling gezet om de bloei te induceren. Net voor de bloei in juni 2004 is nagegaan of de daglengte en lichtintensiteit tijdens de vegetatieve opkweek nog na-effecten op de bloemtakvorming hadden gegeven.

Naarmate langer werd belicht nam het aantal afgesplitste bladeren toe en bij het hoge lichtniveau werden meer bladeren afgesplitst dan bij het lage lichtniveau. Dit betekent dat met een langere dag en/of hogere lichtintensiteit in dezelfde tijd een grotere plant gekweekt kan worden of een zelfde plantgrootte in kortere tijd geteeld kan worden (teeltduurverkorting). Naarmate de daglengte toenam, nam wel de lengte, breedte en oppervlakte van de bladeren af en bij het hoge lichtniveau waren de bladeren kleiner dan bij het lage lichtniveau. Bij 21 uur daglengte werd dit effect als negatief voor de plantkwaliteit gezien. Het kleinere blad in combinatie met de toename in het aantal bladeren bij een grotere daglengte en een hoger lichtniveau gaf weinig verschil in de totale bladoppervlakte per plant en in het vers- en drooggewicht van de bovengrondse plantendelen.

Een grotere daglengte en een hoger lichtniveau gaven beide een positief effect op de wortelgroei. Er waren meer actieve wortelpunten en het vers- en drooggewicht aan wortels was groter. Naarmate de daglengte toenam nam het percentage droge stof in zowel de bovengrondse plantendelen als in de wortels toe en bij het hoge lichtniveau was het percentage droge stof hoger dan bij het lage lichtniveau.

Een grotere daglengte tijdens de vegetatieve opkweek had een positief effect op de bloei. Naarmate de daglengte in de vegetatieve fase groter was, werden meer bloemtakken en meer vertakkingen aan de bloemtakken gevormd. Wel is opgemerkt dat de planten geteeld bij 18 en 21 uur meer blauwe bladpunten hadden dan de planten geteeld bij 12 en 15 uur en dat dit op het moment van afleveren nog steeds zichtbaar was. Dit kan gezien worden als een negatief effect van een grotere daglengte.

Begin week 48 werden bij de cultivar 'Cool Breeze' verbrandingsvlekken zichtbaar. Dit trad vooral op bij de jonge planten bij een daglengte van 21 uur in combinatie met een hoog lichtniveau. De oorzaak van de verbranding is onduidelijk, maar mogelijk heeft de hoge kasttemperatuur in het weekend voor week 48 een rol gespeeld.

Omdat de fotosynthese bij *Phalaenopsis* erg laag is en omdat de energievastlegging en de CO₂-opname gescheiden zijn over dag en nacht is de fotosynthese bij *Phalaenopsis* moeilijk te meten. Daarom is er in mei 2003 een korte voorstudie uitgevoerd. Daaruit bleek dat er 's nachts meer CO₂ wordt opgenomen als het lichtniveau in de voorafgaande lichtperiode hoger is geweest en bij een hogere CO₂-concentratie in de kaslucht werd aan het begin van de donkerperiode meer CO₂ opgenomen dan bij een lagere CO₂-concentratie. Bij een temperatuur van 18°C lag het lichtverzadigingsniveau rond de 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ en bij

een temperatuur van 27°C lag dit veel hoger: rond de 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$.

In een vervolgstudie is de CO_2 -opname en fotosynthese gemeten bij een daglengte van 12, 15, 18 en 21 uur, een lichtniveau van 100 en 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ PAR en een CO_2 -concentratie van 400 en 800 ppm. Bij een daglengte van 12 uur begon de CO_2 -opname al vóór de start van de eigenlijke donkerperiode. Aan het einde van de donkerperiode gingen de huidmondjes vrij snel dicht en stopte de CO_2 -opname. Bij een daglengte van 15 uur nam de CO_2 -opname aan het begin van de donkerperiode sneller toe en bereikte een hogere opnamesnelheid. Bij een daglengte van 18 uur werd dit effect nog sterker. Bij een korte nacht gaat de plant dus sneller CO_2 opnemen zodra het donker wordt en wordt de opnamesnelheid van CO_2 tijdens de nacht hoger. Daarnaast gaat de plant meer CO_2 opnemen vóór de start van de donkerperiode. Bij een daglengte van 21 uur zakte de opnamesnelheid in de donkerperiode echter duidelijk terug en begon de CO_2 -opname ruim voordat de donkerperiode begon en ging nog lang door nadat de donkerperiode was opgehouden. Nadat een plant van een korte nacht was overgezet naar een lange nacht was de CO_2 -opname binnen enkele dagen aangepast aan de nieuwe nachtlengte. Met behulp van een fluorescentiemeter is de energie-opslag tijdens de lichtperiode gemeten wat als maat gezien kan worden voor de fotosynthese. Uit deze metingen bleek dat de lichtgevoeligheid van *Phalaenopsis* in de eerste drie uur van de lichtperiode snel toenam en daarna in de loop van de dag terug zakte. CO_2 doseren (tot 800 ppm) lijkt alleen zinvol aan het einde van de donkerperiode en tijdens de overgang van licht naar donker. De lichtintensiteit is optimaal tussen de 100 en 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ (=8200 tot 12000 lux).

De daglengte bij assimilatiebelichting van *Phalaenopsis* bleek minder kritisch dan verwacht. *Phalaenopsis* kan zich aanpassen aan langere daglengtes door in kortere nachten sneller CO_2 te nemen en door meer CO_2 op te nemen in het laatste deel van de lichtperiode. Positieve effecten van een langere daglengte en een hoger lichtniveau zijn een toename van de bladafsplittingsnelheid, meer actieve wortelpunten, een hoger percentage droge stof en meer bloemtakken en vertakkingen bij de bloei. Negatieve effecten kunnen liggen in een te sterke afname van de bladgrootte, meer blauwe bladpunten en mogelijk meer risico op verbranding als de teeltomstandigheden niet optimaal zijn. Bij een daglengte tot maximaal 18 uur kan de nachtelijke CO_2 -opname zich aanpassen aan de kortere nacht door sneller CO_2 op te nemen en meer CO_2 in de lichtperiode op te nemen. Bij 21 uur daglengte zakt de CO_2 -opname 's nachts echter duidelijk in.

1 Inleiding

De laatste jaren worden in de Phalaenopsisteelt veel assimilatielampen geïnstalleerd om de groei in de winter te bevorderen. In de praktijk houden de meeste telers een nachtlengte van minimaal 10 uur aan. Een enkele teler houdt 8 uur donker aan en een aantal telers houdt een nacht van minimaal 12 uur donker aan. Om meer rendement uit de geïnstalleerde lampen te behalen zouden de telers meer uren per dag willen belichten. Dit wordt niet toegepast omdat niet bekend is hoelang de dag mag worden verlengd met assimilatiebelichting zonder dat de nachtelijke CO₂-opname in de knel komt. Phalaenopsis is namelijk een CAM-plant. CAM-planten nemen 's nachts CO₂ op en gebruiken deze overdag voor de fotosynthese. Voor een optimale benutting van de assimilatielampen zou onderzocht moeten worden wat de optimale daglengte is bij assimilatiebelichting voor een optimale groei van Phalaenopsis.

Er is nog veel onbekend over het CAM-mechanisme bij Phalaenopsis. Blijven de huidmondjes altijd gesloten in het licht of kan de plant onder bepaalde omstandigheden ook in het licht CO₂ opnemen zoals bij andere CAM-planten soms wel waargenomen is (Warmenhoven et al, 2003). Ook is onbekend in hoeverre het mogelijk is op een goede wijze de fotosynthese te meten bij Phalaenopsis. De fotosynthese zal bij dit gewas namelijk erg laag zijn en vindt gescheiden van de CO₂-opname plaats.

Daarom zijn in 2003 inventariserende metingen uitgevoerd aan de CO₂-opname en de fotosynthese om na te gaan hoe de CO₂-opname en fotosynthese bij Phalaenopsis gemeten kan worden en om meer kennis op te doen over de werking van het CAM-mechanisme bij Phalaenopsis. Deze inventariserende fotosynthesemetingen zijn uitgevoerd in project 417 – 17016 door het in fotosynthesemetingen gespecialiseerde bedrijf Plant Dynamics.

Als vervolg is in project 417 – 17008 het effect van de daglengte en de lichtintensiteit onderzocht bij assimilatiebelichting tijdens de vegetatieve opkweek van Phalaenopsis. De proefopzet van deze kasproef staat in hoofdstuk 2 van dit rapport. Het gerealiseerde klimaat bij de proef staat in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 staan de resultaten van de tussentijdse gewasmetingen, de eindmetingen na 15 weken vegetatieve opkweek en metingen met betrekking tot mogelijke na-effecten van de vegetatieve opkweek op de inductie en bloei. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies en discussie van de effecten op de uiterlijke gewaskenmerken weer. Plant Dynamics heeft binnen deze proef onderzocht welke effecten daglengte en lichtniveau geven op de CO₂-opname en fotosynthese bij Phalaenopsis. De resultaten en conclusies van deze metingen staan samen met de resultaten van de inventariserende metingen van project 417 – 17016 in hoofdstuk 6 van dit rapport.

Beide onderzoeksprojecten zijn uitgevoerd op verzoek van de gewascommissie Phalaenopsis van LTO-Groeiservice en gefinancierd door het Productschap Tuinbouw. De kasproef van project 417 -17008 en de waarnemingen aan het gewas zijn gezamenlijk uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) Sector Glastuinbouw en VAN OS research bv.. Plant Dynamics heeft de metingen aan CO₂-opname en fotosynthese uitgevoerd en de verslaglegging daarvan in hoofdstuk 6 verzorgd (project 417 – 17016 en 417 -17008).

2 Materiaal en methode daglengte en lichtintensiteit

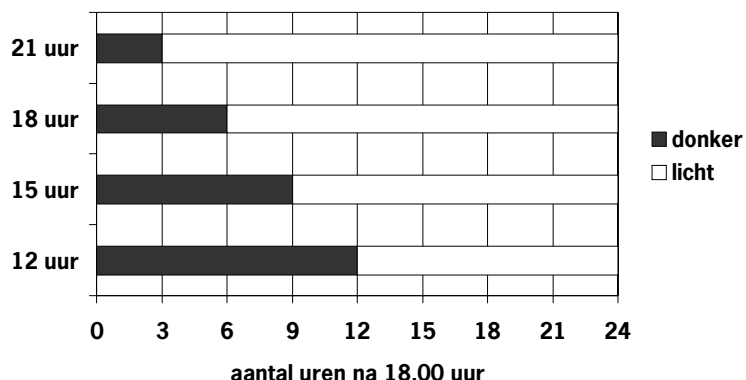
2.1 Proefopzet

De proef is uitgevoerd in vier potplantenkassen met assimilatiebelichting en in elke kas is één daglengte-behandeling uitgevoerd (tabel 1). Bij alle daglengtes startte de donkerperiode om 18.00 uur 's avonds. Bij de daglengtes van 21, 18, 15 en 12 uur gingen de lampen om 21.00 uur, 24.00 uur, 3.00 uur en 6.00 uur weer aan (figuur 1). Overdag gingen de lampen uit bij een instraling van 100 W/m².

Elke kas is in twee helften verdeeld: één helft met een laag lichtniveau en één helft met een hoog lichtniveau belichting (bijlage 1). In elke kashelft zijn acht partijen plantmateriaal uit de praktijk neergezet: vier partijen opgepot in week 32 (halfwas) en vier partijen opgepot in week 38 (jong). Het plantmateriaal voor de proef is in bruikleen beschikbaar gesteld door kwekerij Sion. Van de cultivars 'Cool Breeze' en 'Dimension' was zowel een partij halfwas als een partij jong plantmateriaal beschikbaar. Van andere cultivars waren geen grote partijen plantmateriaal van beide plantleeftijden beschikbaar. Daarom zijn bij het halfwas plantmateriaal de cultivars 'Passion' en 'Snow Apple' en bij het jonge plantmateriaal de cultivars 'Paulette' en 'Mission' in de proef opgenomen. In totaal waren er 64 proefvelden.

Tabel 1 – Uitgevoerde behandelingen in het onderzoek naar het effect van daglengte en lichtniveau bij de assimilatiebelichting in de vegetatieve fase van Phalaenopsis.

Proeffactor	Behandelingen
4 daglengtes:	12 uur
	15 uur
	18 uur
	21 uur
2 lichtniveaus van bijbelichting:	59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ PAR (=4900 lux)
	82 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ PAR (=6900 lux)
8 partijen plantmateriaal:	4 partijen halfwas (=opgepot week 32): 'Cool Breeze' (=34168) 'Dimension' 'Passion' 'Snow Apple' (=34362)
	4 partijen jong (=opgepot week 38): 'Cool Breeze' (=34168) 'Dimension' 'Paulette' 'Mission'



Figuur 1:
De instelling van de vier daglengtebehandelingen in het belichtingsonderzoek bij Phalaenopsis.

In week 42 – 2003 zijn de planten in de proefkassen gezet en zijn de proefbehandelingen gestart. In week 43 zijn in elk proefveld tien uniforme meetplanten geselecteerd en is de startmeting uitgevoerd. Elke vier weken is een tussenmeting uitgevoerd en in week 6 – 2004 is een eindmeting uitgevoerd. In week 7 zijn de planten teruggedaan naar de teler die de planten in bruikleen beschikbaar had gesteld. De halfwasplanten zijn daar direct de koeling in gegaan en bij deze planten is nagegaan of de behandelingen tijdens de vegetatieve fase nog na-effecten gaven op de inductie en bloei bij de teler.

2.2 Teeltomstandigheden

2.2.1 Teeltomstandigheden tijdens de vegetatieve opkweek

In overleg met een begeleidingscommissie met enkele telers zijn de teeltomstandigheden vastgesteld, tussentijds geëvalueerd en tijdens de proef bijgesteld. Er is gestreefd naar een kas- en potttemperatuur van 27,5 à 28,0°C en een RV tussen de 50 en 60%. Bij een vochtdeficit > 10 (dit komt bij een kastemperatuur van 27°C overeen met een RV < 55%) is kort een fijne waternevel in de kas gegeven om ervoor te zorgen dat de RV in de kas niet te laag werd. De nevel was zodanig fijn en kort dat de planten niet nat werden. Er is naar behoefte bovendoor met de hand water gegeven met een standaard voedingsoplossing voor Phalaenopsis met een EC van 1,1 en pH van 5,5. De planten stonden in doorzichtige potten op rekjes los van de tafelbodem, zodat een teveel aan water goed weg draineerde. In alle kassen is gedurende het hele etmaal CO₂ gedoseerd tot 700 ppm.

De belichting ging overdag uit bij een buitenstraling boven de 100 W/m². Bij een buitenstraling van 250 W/m² werd het bovenscherm gesloten (XLS-16 wat 38% licht doorlaat). Bij een buitenstraling beneden de 50 W/m² werden de schermen langs de zijgevels gesloten om uitstraling naar naastgelegen kassen te voorkomen. Om te voorkomen dat de planten bij de korte daglengtes beïnvloed zouden worden door strooielicht van de langere daglengtes zijn van zonsondergang tot en met zonsopgang de verduisteringsschermen gesloten.

2.2.2 Teeltomstandigheden tijdens koeling en afkweek

Na beëindiging van de vegetatieve opkweek zijn de planten teruggedaan naar de teler die het plantmateriaal in bruikleen had gegeven. De jonge planten zijn daar terug gegaan naar de vegetatieve opkweek omdat deze planten nog niet groot genoeg waren voor de koeling. De halfwas planten waren wel groot genoeg voor de koeling en deze planten zijn van week 7 tot en met 25 in 2004 geteeld bij een etmaaltemperatuur van gemiddeld 19,2°C en een lichtniveau van 10 000 tot 15 000 lux.

2.3 Waarnemingen

2.3.1 Klimaat

In elke kas is continu de gerealiseerde kastemperatuur, potttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, lichtniveau op planthoogte (PAR) en CO₂-niveau gemeten. Op verschillende tijdstippen tijdens de teelt is van tien planten per proefveld met een handmeter de bladtemperatuur gemeten. Met twee plantmonitoren is in elke behandeling gedurende enkele dagen de kastemperatuur, bladtemperatuur, potttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid gemeten.

2.3.2 Gewasmetingen vegetatieve fase



Voor de startmeting zijn in elk proefveld tien uniforme meetplanten uitgezocht met twee bijna geheel uitgegroeide bladeren en een actief hartblad van ongeveer 5 cm lang. Bij deze meetplanten zijn alle tussen- en eindmetingen van de vegetatieve teeltfase uitgevoerd.

In week 43 is de begingrootte van de proefplanten vastgelegd wat betreft:

- Aantal bladeren per plant
- Lengte hartblad (=blad 1)

Bij de tussenwaarnemingen in week 47 en 51 in 2003 en week 3 in 2004 (=4, 8 en 12 weken na de startmeting) zijn waargenomen:

- Aantal bijgemaakte bladeren (=aantal bladeren vanaf blad 1)
- Lengte van alle bladeren vanaf blad 1 (=hartblad bij start proef)
- Breedte van alle bladeren vanaf blad 1
- Bij 'Snow Apple' van de halfwas plantleeftijd en 'Dimension' van de jonge plantleeftijd is het aantal actieve wortelpunten aan de buitenkant van de potkluit waargenomen (zie foto rechts). De potkluit is niet uit de pot gehaald om de groei zo min mogelijk te verstoren.



Na 16 weken vegetatieve opkweek (=15 weken na de startmeting) is op 4 en 5 februari 2004 de eindmeting uitgevoerd en zijn gemeten:

- Aantal bladeren (=aantal bladeren vanaf blad 1)
- Lengte van alle bladeren vanaf blad 1 (=hartblad bij start van de proef)
- Breedte van alle bladeren vanaf blad 1
- Aantal actieve wortelpunten aan de buitenkant van de pot bij 'Snow Apple' van de halfwas plantleeftijd en bij 'Dimension' van de jonge plantleeftijd
- Lengte langste wortel van uitgeschudde wortelkluit
- Versgewicht bovengrondse delen (plant bij wortelhals afgeknijpt)
- Versgewicht wortels
- Bladoppervlakte m.b.v. een bladoppervlaktemeter:
 - Bladoppervlakte blad 1 (=hartblad bij start van de proef)
 - Bladoppervlakte blad 2 (=eerste blad boven hartblad)
 - Bladoppervlakte blad 3 (=tweede blad boven hartblad)
 - Bladoppervlakte blad 4 (=derde blad boven het hartblad)
 - Bladoppervlakte van de twee bladeren onder het hartblad (bij start van de proef al vrijwel volledig uitgegroeid)
 - Bladoppervlakte van alle bladeren onder de twee uitgegroeide bladeren
- Totale bladoppervlakte van alle bladeren per plant
- Drooggewicht bovengrondse delen (=gewicht na drogen in droogstoof zodat al het water eruit is)
- Drooggewicht wortels



De eerste drie eindwaarnemingen (=genoemd onder eerste drie punten) zijn waargenomen bij alle acht partijen plantmateriaal. De andere waarnemingen zijn uitgevoerd bij zes partijen plantmateriaal: drie partijen halfwas planten en drie partijen jonge planten. Uit het vers- en drooggewicht is het percentage droge stof berekend.

De dag vóór de eindmeting is bij alle behandelingen water geven om ervoor te zorgen dat er zo weinig mogelijk verschillen zouden zijn in vochtgehalte tussen de behandelingen op moment van eindmeting.

2.3.3 Gewasmetingen na-effecten vegetatieve opkweek op bloei

Bij de halfwas planten die in week 7 in de praktijk in de koeling zijn gegaan, is net voor de bloei op 7 juni 2004 een eindmeting uitgevoerd om na te gaan of de daglengte en het lichtniveau tijdens de vegetatieve fase nog na-effecten gaven in de koeling en afkweek. Daarbij is aan 50 planten per proefveld waargenomen:

- Aantal planten per kwaliteitsklasse:
 - 1-tak onvertakt (=1 bloemsteel zonder vertakkingen)
 - 2-tak onvertakt (=2 bloemstelen zonder vertakkingen)
 - 3-tak onvertakt (=3 bloemstelen zonder vertakkingen)
 - 1-tak vertakt (=1 bloemsteel met minimaal 1 vertakking)
 - 2-tak vertakt (=2 bloemstelen met minimaal één vertakte bloemsteel)
 - 3-tak vertakt (=3 bloemstelen met minimaal één vertakte bloemsteel)
- Bij de planten met onvertakte bloemstelen is het totaal aantal bloemen per plant geteld.
- Bij de planten met vertakte bloemstelen is het totaal aantal vertakkingen per plant geteld.

De onvertakte planten die te rauw waren om het aantal bloemen te kunnen tellen (1 à 2% van de planten) zijn niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde aantal bloemen per plant.

2.3.4 Analyse gewasmetingen

De gewasmetingen tijdens de vegetatieve fase en de metingen aan de na-effecten op de bloei zijn verwerkt met het statistische verwerkingspakket GenStat (GenStat, 2003), uitgebreid met procedures uit de Biometris procedurebibliotheek (Biometris, 2003). Er is onderzocht of de verschillen met vrij grote (>95%) zekerheid het gevolg waren van de toegepaste behandelingen of mogelijk ook het gevolg zouden kunnen zijn van natuurlijke variatie in het gewas (<95%). Betrouwbare verschillen waarvan met 95% zekerheid is aangetoond dat deze het gevolg waren van de behandelingen zijn in de tabellen aangegeven met verschillende letters achter de meetwaarden. De getoetste behandelingen zijn de cultivar, de plantleeftijd, de daglengte en het lichtniveau. Bovendien is nagegaan of de gemeten kenmerken een lineair of kwadratisch effect waren van de daglengte en is nagegaan of er sprake was van een interactie tussen daglengte en lichtniveau. Met dit laatste kan getoetst worden of de daglengte bij de twee lichtniveaus een gelijk of verschillend effect geeft.

3 Gerealiseerd klimaat

3.1 Lichtniveau en lichtsom

Onder de gesloten verduisteringsschermen (= zonder natuurlijk daglicht) is gemiddeld een lichtniveau gerealiseerd van 59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ (4900 lux) bij het lage lichtniveau (LL) en 82 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ (6900 lux) bij het hoge lichtniveau (HL). Bij de langere daglengtes is gemiddeld een iets hoger lichtniveau onder de gesloten verduisteringsschermen gerealiseerd dan bij de korte daglengtes (tabel 2). Dit werd veroorzaakt door de beperkte capaciteit van het elektriciteitsnet. Hoewel er voor de proef extra elektriciteitskabels aangelegd waren, bleek het lichtniveau van de lampen in de loop van de nacht iets af te nemen, naarmate er steeds meer lampen aangeschakeld werden. Gemiddeld over de gehele lichtperiode (=gemiddelde van 12, 15, 18 of 21 uur licht) is een lichtniveau gerealiseerd van 71 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ bij het lage lichtniveau en 94 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ bij het hoge lichtniveau.

Zoals verwacht nam de totale lichtsom van lamplicht én natuurlijk daglicht toe, naarmate de daglengte toenam en was de gemiddeld gerealiseerde lichtsom per etmaal bij het hoge lichtniveau hoger dan bij het lage lichtniveau (tabel 2). Door het hogere lichtniveau nam de lichtsom bij het hoge lichtniveau sneller toe bij een toenemende daglengte dan bij het lage lichtniveau. Uitgaande van een lichtniveau van 59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ onder de gesloten verduisteringsschermen zou het lichtniveau voor elk uur langer belichten toenemen met 0,2 $\text{mol}/\text{m}^2.\text{etmaal}$ bij het lage lichtniveau en met 0,3 $\text{mol}/\text{m}^2.\text{etmaal}$ bij het hoge lichtniveau. Bij 15 uur daglengte en een laag lichtniveau is een wat hogere lichtsom gerealiseerd dan op basis van de andere gerealiseerde lichtsommen te verwachten was. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door belichting overdag in de naast gelegen kas. De gerealiseerde lichtsom per etmaal bleef door het seizoen heen gelijk (bijlage 2).

Tabel 2 – Gemiddeld gerealiseerd lichtniveau (PAR) onder gesloten bovenscherm (=alleen lamplicht), gemiddeld lichtniveau tijdens de lichtperiode (=lamplicht+daglicht), percentage van de tijd dat lampen aan waren, lichtsom (PAR) per etmaal, kastemperatuur, pottemperatuur en relatieve luchtvochtigheid van week 43-2003 t/m week 6-2004 bij acht combinaties van lichtniveau en daglengte.

Behandeling (LL=laag HL=hoog lichtniveau)	Lichtniveau (PAR) onder gesloten scherm ($\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$)	Gemiddeld lichtniveau (PAR) tijdens lichtperiode ($\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$)	% van tijd lampen aan	PAR Lichtsom van lamplicht + zonlicht ($\text{mol}/\text{m}^2.\text{etm}$)	Kas- temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	Pot- temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	R.V. (%)
LL – 12 uur	56	73	39	3,13	27,7	27,7	58
LL – 15 uur	63	79	51	4,27	27,6	27,8	57
LL – 18 uur	58	66	63	4,28	27,7	27,9	62
LL – 21 uur	58	66	75	4,98	27,8	28,1	59
HL – 12 uur	71	91	39	3,94	28,5	28,1	55
HL – 15 uur	81	92	51	4,95	28,7	28,1	55
HL – 18 uur	88	96	63	6,25	28,8	27,7	57
HL – 21 uur	89	97	75	7,37	29,5	28,2	51

3.2 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Kastemperatuur

Er is gestreefd naar een kastemperatuur van 27,5 $^{\circ}\text{C}$ bij het lage lichtniveau. Met een gemiddelde gerealiseerde kastemperatuur van 27,6 tot 27,8 $^{\circ}\text{C}$ is deze streefwaarde bij het lage lichtniveau bij alle daglengtes goed gerealiseerd (tabel 2). Omdat beide lichtniveaus bij elkaar in één kas stonden, kon de

kastemperatuur van het hoge lichtniveau niet apart gestuurd worden. Door de extra warmte van het hoge lichtniveau was de gerealiseerde kasttemperatuur net boven het gewas gemiddeld 1,2°C hoger dan bij het lage lichtniveau. Bovendien nam de gerealiseerde kasttemperatuur bij het hoge lichtniveau wat toe naarmate de daglengte toenam.

Pottemperatuur

In de eerste weken van de proef is de pottemperatuur niet apart aangestuurd. Om de plant meer te activeren en de groei te stimuleren is half november de temperatuur van het ondernet ingesteld op 40°C. Omdat het ondernet aan de onderkant van de tafels tegen de aluminiumtafelbodem is bevestigd liepen de kas- en pottemperatuur echter te hoog op bij deze instelling (bijlage 3 en 4). Dit werd versterkt door de gesloten verduisteringsschermen tijdens de natuurlijke donkerperiode. Daarom is de temperatuur van het ondernet in stappen verlaagd en om de overvloedige warmte 's nachts meer af te voeren is een kier in de verduisteringsschermen ingesteld als de kasttemperatuur boven de 28°C kwam. Om te voorkomen dat de temperatuur te hoog opliep, een zo actief mogelijk klimaat in te stellen en het risico van het wegzakken van de temperatuur bij een standaard kier te voorkomen, is uiteindelijk de pottemperatuur ingesteld op 28°C en de kasttemperatuur op 27,5°C met een dode zone < 0,5°C. Op deze manier bleef het ondernet verwarmen en werd er regelmatig een kier getrokken om een actief klimaat te houden. Op deze wijze kon er vanaf begin december een vrij constant klimaat aangehouden worden (bijlage 3 en 4). De verschillen in de gemiddeld gerealiseerde waardes van de pottemperatuur over de gehele proefperiode bleef bij de verschillende behandelingen beperkt tot maximaal 0,5°C en liep uiteen van 27,7 tot 28,2°C.

Relatieve luchtvochtigheid

De gemiddelde relatieve luchtvochtigheid lag bij alle behandelingen tussen de 51 en 62%. Dit is een verschil van maximaal 11% tussen de laagste en hoogste waarde. Bij de behandeling met 21 uur daglengte en een hoog lichtniveau was de relatieve luchtvochtigheid het laagst. Net na het water geven was de relatieve luchtvochtigheid hoger en naarmate de planten meer opdroogden zakte de RV weer (bijlage 5).

Bladtemperatuur

Bij een meting aan alle proefplanten 's ochtends vroeg op het moment dat de verduisteringsschermen nog gesloten en de lampen aan waren bleek dat de bladtemperatuur bij het lage lichtniveau gemiddeld 2,0°C hoger was dan de gemeten kasttemperatuur net boven het gewas. Bij het hoge lichtniveau was de bladtemperatuur in die situatie gemiddeld 2,4°C hoger dan de gemeten kasttemperatuur in tabel 2. Bij een meting 's avonds zonder belichting tussen 19.30 en 21.30 uur (=minimaal 1,5 uur nadat de lampen uit gegaan waren) bleek de bladtemperatuur gemiddeld 1,4°C lager te zijn dan de kasttemperatuur gemeten net boven de planten.

Plantmonitor

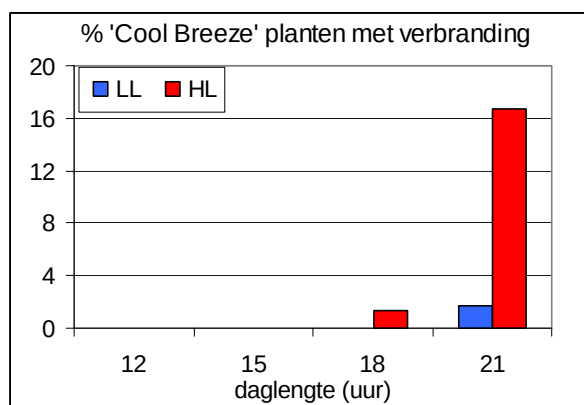
Gedurende enkele dagen is met twee plantmonitoren steeds in twee behandelingen tegelijkertijd de kasttemperatuur, bladtemperatuur, pottemperatuur en relatieve luchtvochtigheid gemeten. Bij een meting op 12 december 2003 (bijlage 6 – bovenste figuur) is te zien dat de bladtemperatuur van 21.00 uur tot 6.00 uur bij de daglengte van 21 uur (lampen aan) hoger is dan bij de daglengte van 12 uur (lampen uit). Overdag was de bladtemperatuur bij de 12 uur daglengte wat hoger, waardoor er gemiddeld over het hele etmaal maar een gering verschil was in de bladtemperatuur (0,17°C).

Op 12 december was de relatieve luchtvochtigheid 's nachts van 0.00 tot 6.00 uur bij 21 uur daglengte duidelijk lager dan bij 12 uur daglengte (bijlage 6 – onderste figuur). Dit kan verklaard kunnen worden uit de opening van de huidmondjes. In deze periode waren bij 21 uur daglengte de lampen aan, zijn de huidmondjes gesloten en kunnen de huidmondjes dus niet of weinig verdampen. Bij 12 uur daglengte waren de lampen uit, de huidmondjes geopend en kon de plant wel verdampen. Overdag was de relatieve luchtvochtigheid bij beide behandelingen vrij gelijk, maar tussen 18.00 en 21.00 uur was de relatieve luchtvochtigheid bij 21 uur daglengte hoger dan bij 12 uur daglengte. In deze periode waren bij beide behandelingen de lampen uit. Een mogelijke verklaring is dat vanwege de korte nacht bij 21 uur daglengte de huidmondjes verder geopend zijn om in de korte nachtperiode toch voldoende CO₂ op te kunnen nemen en dat daardoor meer verdamping plaats vindt.

4 Resultaten gewasgroei

4.1 Lichtschade week 48

Begin week 48 werden verbrandingsvlekken zichtbaar (foto 1) bij de cultivar 'Cool Breeze'. Bij alle andere cultivars zijn geen verbrandingsvlekken geconstateerd. Blijkbaar waren de andere cultivars niet of minder gevoelig dan 'Cool Breeze'. De verbranding trad vooral op bij een daglengte van 21 uur in combinatie met hoog lichtniveau (figuur 2). Bij de jonge planten was er meer schade (maximaal 26% planten met verbranding) dan bij de halfwas planten (maximaal 7% planten met verbranding). De oorzaak van de verbranding is onduidelijk, maar mogelijk heeft de hoge kasttemperatuur in het weekend voor week 48 een rol gespeeld. De hoge temperaturen in dit weekend waren het gevolg van gewijzigde instellingen in het ondernet (minimumbuis van 40°C) in week 47 (zie 3.2).



Figuur 2: Percentage planten van de cultivar 'Cool Breeze' met verbrandingsvlekken in week 48 – 2003 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus.



Foto 1: Gewasschade bij een hoog lichtniveau en een daglengte van 12 uur (2 planten uiterst links), 15 uur (links van het midden), 18 uur (rechts van het midden) en 21 uur (uiterst rechts).

4.2 Bladafsplittingsnelheid

Naarmate langer belicht werd gedurende een dag nam de bladafsplittingsnelheid toe. Bij de eindmeting in week 6 – 2004 werd een betrouwbaar lineair verband aangetoond tussen de daglengte en het aantal bijgemaakte bladeren (tabel 3 en figuur 3a - links). Er was een trend dat de toename in het aantal bladeren wat afnam naarmate de daglengte toenam (figuur 3a – rechts), maar dat kon in deze proef niet betrouwbaar

worden aangetoond vanwege het geringe aantal vrijheidsgraden. Indien de daglengtes in herhaling waren uitgevoerd waren de verschillen mogelijk wel betrouwbaar geweest. In 15 weken opkweek werden bij 21 uur daglengte gemiddeld ruim 0,4 bladeren meer afgesplitst dan bij een daglengte van 12 uur (tabel 3). Op basis van het lineaire verband (figuur 3a – links) kan geconcludeerd worden dat het aantal afgesplitste bladeren toeneemt met bijna 0,05 blad per uur extra belichting. Dit is een toename van 1,5 à 1,7% per uur extra belichting.

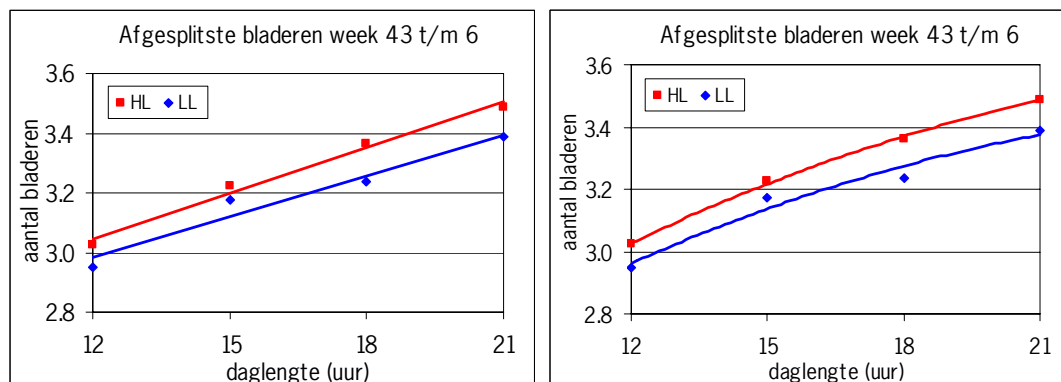
Bij het hoge lichtniveau van 82 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (6900 lux) werden in 15 weken opkweek gemiddeld 0,1 bladeren meer afgesplitst dan bij het lage lichtniveau van 59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (4900 lux). Bij de jonge planten werden gemiddeld 0,3 bladeren minder afgesplitst dan bij de halfwas planten (tabel 3). Er kon geen betrouwbare interactie tussen daglengte en lichtniveau worden aangetoond. Dit betekent dat bij beide lichtniveaus het aantal bladeren per plant in dezelfde mate toenam als gevolg van een hogere daglengte (=parallele lijnen in figuur 3a).

Tabel 3: Gemiddeld aantal bladeren per plant bij de startmeting in week 43 - 2003 en aantal bijgemaakte bladeren (=inclusief hartblad van 5 cm bij de start van de proef) bij vier daglengtes, twee lichtniveaus en twee plantleeftijden.

Behandeling	Aantal bladeren in week 43	Aantal bladeren afgesplitst vanaf week 43 (=incl. hartblad van week 43)					
		Week 47	Week 51	Week 3	Week 6		
12 uur	2.6	1.6 a ¹	2.1 a	2.6 a	3,0 a		
15 uur	2.6	1.6 a	2.1 a	2.7 a	3,2 b		
18 uur	2.6	1.7 a	2.2 b	2.7 a	3,3 c		
21 uur	2.6	1.7 a	2.3 c	2.8 a	3,4 c		
Laag licht	2.6	1.6 a	2.1 a	2.7 a	3,2 a		
Hoog licht	2.6	1.7 b	2.2 a	2.7 a	3,3 b		
Halfwas	3.0	1.9 b	2.3 b	2.9 b	3,4 b		
Jong	2.2	1.4 a	2.1 a	2.6 a	3,1 a		
Daglengte lineair	nvt	ns	*	ns	*		
„ kwadraat	nvt	ns	ns	ns	ns		
Daglengte*Licht	nvt	ns	*	ns	ns		

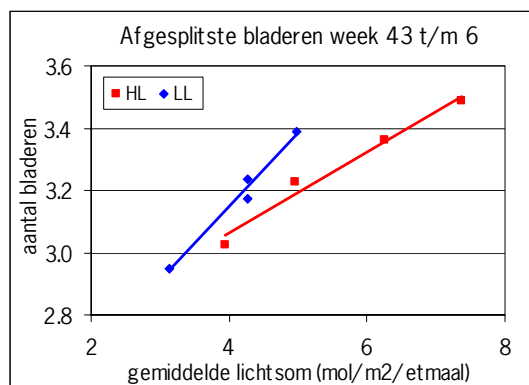
¹ Gelijke letters achter twee getallen geeft aan dat de verschillen tussen deze getallen niet betrouwbaar zijn en ook door natuurlijke variatie kunnen zijn ontstaan in plaats van door de proefbehandelingen.

*/ns * = er is een betrouwbaar lineair verband met de daglengte, met de kwadratische term van daglengte of er is een betrouwbare interactie tussen daglengte en lichtniveau. ns=geen betrouwbaar verband aangetoond.



Figuur 3a: Aantal bijgemaakte bladeren (=inclusief hartblad bij start van de proef) bij vier daglengtes en twee lichtniveaus en het betrouwbaar aangetoonde lineaire verband met de daglengte (links) en de trend van een afnemende meeropbrengst bij een toenemende daglengte (rechts).

Wanneer het aantal bijgemaakte bladeren wordt uitgezet tegen de gemiddeld gerealiseerde lichtsom (figuur 3b) kan worden afgeleid dat bij een gelijke lichtsom, een laag lichtniveau met een langere dag meer bladafsplitsing geeft dan een hoog lichtniveau met een kortere dag. Dit is bovendien economisch voordeliger omdat dit met een lager geïnstalleerd lichtniveau gerealiseerd kan worden.



Figuur 3b:

Aantal bijgemaakte bladeren (=inclusief hartblad bij start van de proef) bij vier daglengtes en twee lichtniveaus uitgezet tegen de gerealiseerde lichtsom.

4.3 Bladgrootte

4.3.1 Bladlengte

Naarmate de daglengte toenam, nam de lengte van de bladeren die in week 6 volgroeid waren af (=blad 1 en 2 in tabel 4 en figuur 4). De lengte van het eerste blad (=hartblad van 5 cm bij start van proef) was na 15 weken vegetatieve opkweek bij een daglengte van 21 uur gemiddeld 1,6 cm korter dan bij een daglengte van 12 uur. Dit is een afname van 9% in bladlengte. Bij blad 1 nam de bladlengte lineair af bij een toenemende daglengte (figuur 4). Bij blad 2 was er bij de daglengtes van 12, 15 en 18 uur maar weinig verschil in bladlengte, maar bij 21 uur dag was de bladlengte duidelijk lager (tabel 4). Bij de nog niet uitgegroeide bladeren in week 6 (=blad 3 en 4) nam de lengte toe naarmate de daglengte toenam. Dit is te verklaren uit de snellere bladafsplitsing bij een grotere daglengte (zie 4.2), waardoor blad 3 en 4 bij de grotere daglengtes eerder waren afgesplitst en in week 6 verder in ontwikkeling waren dan bij de kortere daglengtes. Bij alle bladlengtes in week 6 is geen interactie tussen lichtniveau en daglengte geconstateerd. Dit betekent dat bij beide lichtniveaus de bladlengte in dezelfde mate toe- of afneemt als gevolg van een toenemende daglengte.

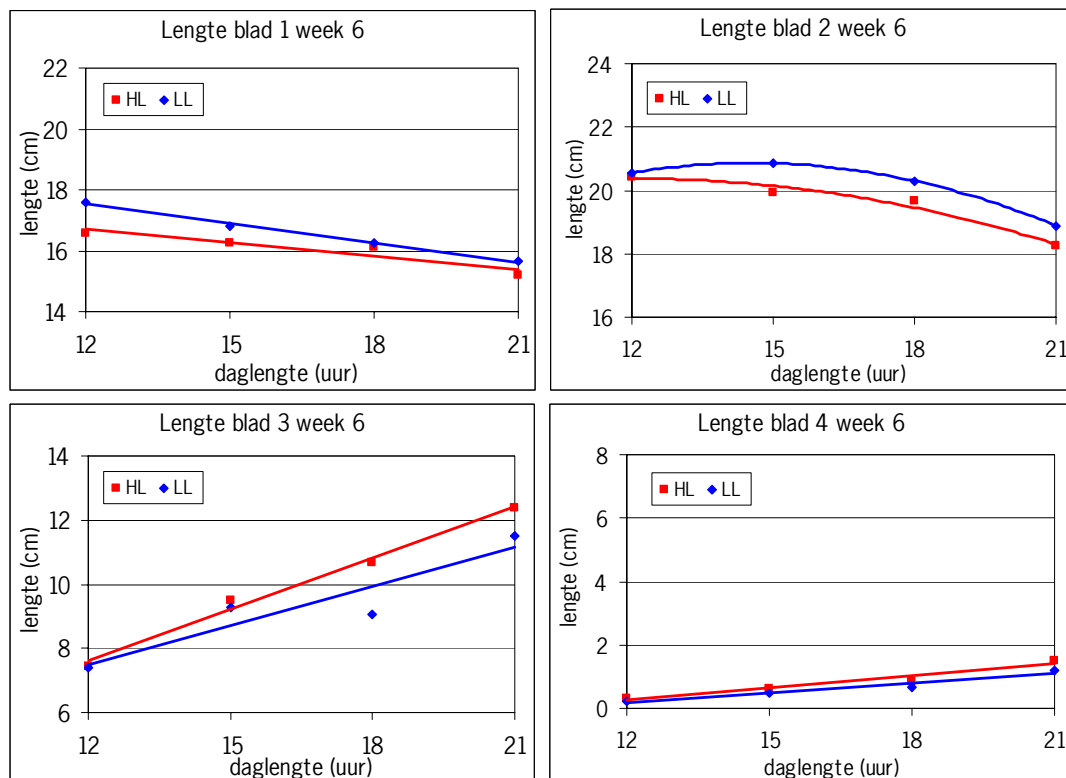
Bij de uitgegroeide bladeren (1 en 2) was de bladlengte bij het hoge lichtniveau gemiddeld 0,5 cm kleiner dan bij het lage lichtniveau. Bij blad 3 kon geen betrouwbaar verschil aangetoond worden tussen de twee lichtniveaus en bij het jongste blad (4) was de bladlengte bij het hoge lichtniveau iets groter dan bij het lage lichtniveau. Dit is waarschijnlijk ook een gevolg van de snellere bladafsplitsing bij het hoge lichtniveau (zie 4.2), waardoor bij het hoge lichtniveau al wat meer 4^e bladeren aanwezig waren en verder in ontwikkeling waren dan bij het lage lichtniveau.

Bij de jonge planten waren alle bladeren in week 6 korter dan bij de halfwas planten. Dit is waarschijnlijk (mede) het gevolg van de plantleeftijd. Bij een normale plantopbouw is het oudste blad het kleinste en worden de volgende bladeren steeds wat groter. Bij de jonge planten is blad 1 (=hartblad bij start van de proef) dus een blad meer onderin de plant dan bij de halfwas planten en daardoor onder normale omstandigheden ook meestal kleiner dan het hartblad van de halfwas planten dat een positie hoger in de plant zat. Dit komt ook naar voren in de bladbreedte en bladoppervlakte van de twee grote bladeren onder het hartblad bij de start van de proef (zie 4.3.2 en 4.3.3). Deze waren bij de jonge planten kleiner dan bij de oude planten.

Tabel 4: Gemiddelde bladlengte per blad (cm) in week 6 - 2004 bij vier daglengtes, twee lichtniveaus en twee plantleeftijden (blad 1 = hartblad bij start proef, blad 2 is volgende blad daarboven etc.).

Behandeling	Blad 1		Blad 2		Blad 3		Blad 4	
12 uur	16.5	b ¹	19.9	b	6.4	a	0.03	a ¹
15 uur	16.1	b	19.8	b	7.5	ab	0.05	a
18 uur	15.6	ab	19.3	b	8.6	ab	0.08	b
21 uur	14.9	a	18.0	a	9.9	b	0.12	b
Laag licht	16.1	b	19.6	b	7.9	a	0.07	a
Hoog licht	15.6	a	19.0	a	8.5	a	0.09	b
Halfwas	17.7	b	20.5	b	10.7	b	0.14	b
Jong	14.1	a	18.1	a	6.3	a	0.04	a
Daglengte lineair	*		ns		ns		*	
„ kwadraat	ns		*		ns		ns	
Daglengte*Licht	ns		ns		ns		ns	

¹ en */ns: zie tabel 3.



Figuur 4: Lengte van blad 1, 2, 3 en 4 in week 6 – 2004 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus. Blad 1 is het hartblad bij de start van de proef, blad 2 is het eerste blad daarboven enz.

4.3.2 Bladbreedte

Net als de lengte nam ook de breedte van de volgroeide bladeren (=blad 1 en 2 in figuur 5 en tabel 5) af bij een toenemende daglengte. Bij een daglengte van 21 uur waren blad 1 en 2 gemiddeld 0,7 en 0,5 cm smaller dan bij een daglengte van 12 uur. Dit is een afname van de bladbreedte van 9%. Bij blad 3 nam de bladbreedte toe bij een grotere daglengte. Dit is te verklaren uit de snellere bladafplitsing bij een toenemende daglengte, waardoor blad 3 bij een grotere daglengte verder in ontwikkeling was dan bij een kortere daglengte.

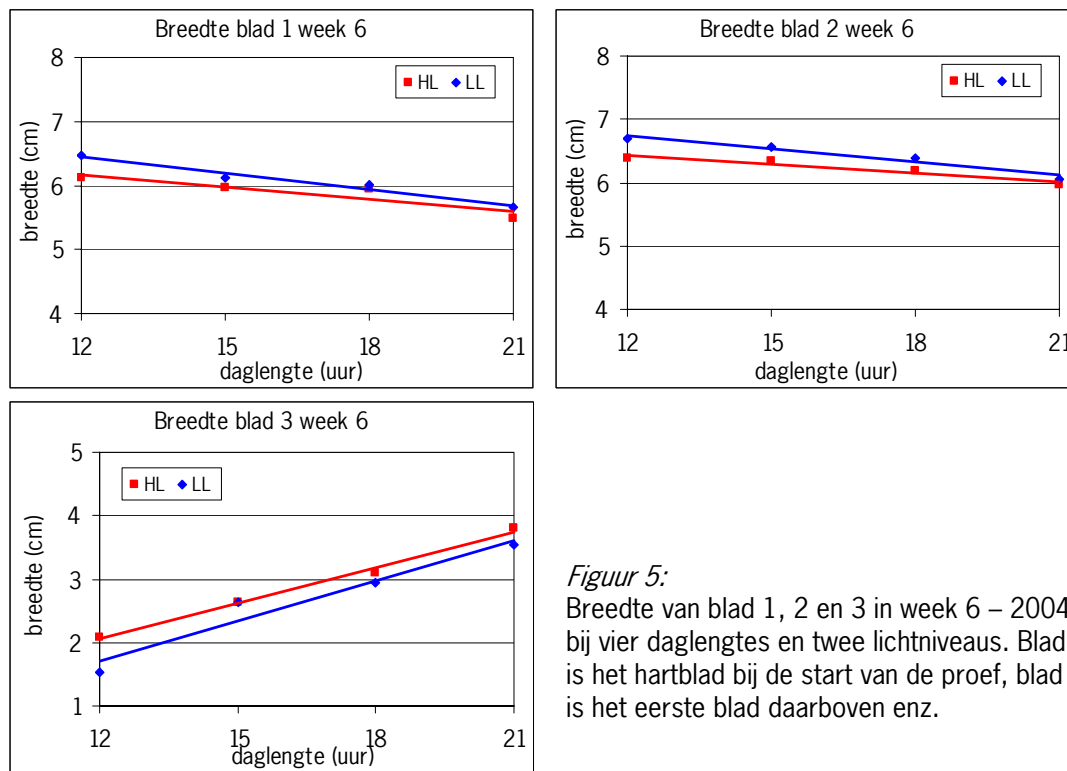
Tabel 5: Gemiddelde bladbreedte per blad (cm) in week 6 - 2004 bij vier daglengtes, twee lichtniveaus en twee plantleeftijden (blad 1 = hartblad bij start proef, blad 2 is volgende blad daarboven etc.).

Behandeling	Blad 1		Blad 2		Blad 3	
12 uur	6.2	b ¹	6.5	d	0.9	a*
15 uur	6.1	b	6.4	c	1.3	ab
18 uur	5.9	ab	6.3	b	1.6	b
21 uur	5.5	a	6.0	a	1.8	b
Laag licht	6.0	a	6.4	b	1.4	a
Hoog licht	5.8	a	6.2	a	1.5	a
Halfwas	6.4	b	6.5	b	1.9	b
Jong	5.5	a	6.1	a	1.1	a
Daglengthe lineair	ns		*		*	
„ kwadraat	ns		*		ns	
Daglengthe*Licht	ns		*		ns	

¹ en */ns: zie tabel 3.

Bij het hoge lichtniveau van 82 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (6900 lux) was de breedte van blad 2 gemiddeld 0,2 cm smaller dan bij het lage lichtniveau van 59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (4900 lux). Bij blad 1 en 3 kon geen betrouwbaar verschil worden aangetoond tussen de twee lichtniveaus. Bij blad 2 was er sprake van een interactie tussen lichtniveau en daglengthe, omdat de bladbreedte bij het lage lichtniveau sneller afnam dan bij het hoge lichtniveau. Bij blad 1 en 3 kon geen interactie worden aangetoond en gaf de daglengthe bij beide lichtniveaus een zelfde effect op de bladbreedte.

Bij de jonge planten waren de volgroeide bladeren 0,4 tot 0,9 cm smaller dan bij de halfwas planten. Dit is waarschijnlijk (mede) het gevolg van de plantleeftijd (zie 4.3.1).



Figuur 5: Breedte van blad 1, 2 en 3 in week 6 – 2004 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus. Blad 1 is het hartblad bij de start van de proef, blad 2 is het eerste blad daarboven enz.

4.3.3 Bladoppervlakte

Als gevolg van de afname in bladlengte (4.3.1) en bladbreedte (4.3.2) was er ook een tendens dat de bladoppervlakte van de volgroeide bladeren afnam bij een toenemende daglengte (blad 1 en 2 in figuur 6). Er kon echter geen betrouwbaar lineair of kwadratisch effect van de daglengte aangetoond worden. Alleen tussen de twee uiterste daglengtes van 12 en 21 uur was het verschil betrouwbaar met een verschil van 14 en 15 cm² bij blad 1 en 2 (tabel 6). Bij blad 1 was dit een afname van 20% en bij blad 2 een afname van 17%. Bij de nog niet geheel uitgegroeide bladeren 3 en 4 nam de bladoppervlakte, net als de lengte en breedte, toe bij een grotere daglengte. De daglengte gaf geen betrouwbare verschillen in de totale bladoppervlakte per plant. Het kleinere blad en het grotere aantal bladeren naarmate de daglengte toeneemt, geeft dezelfde bladoppervlakte als het grotere blad en kleinere aantal bladeren bij een korte daglengte.

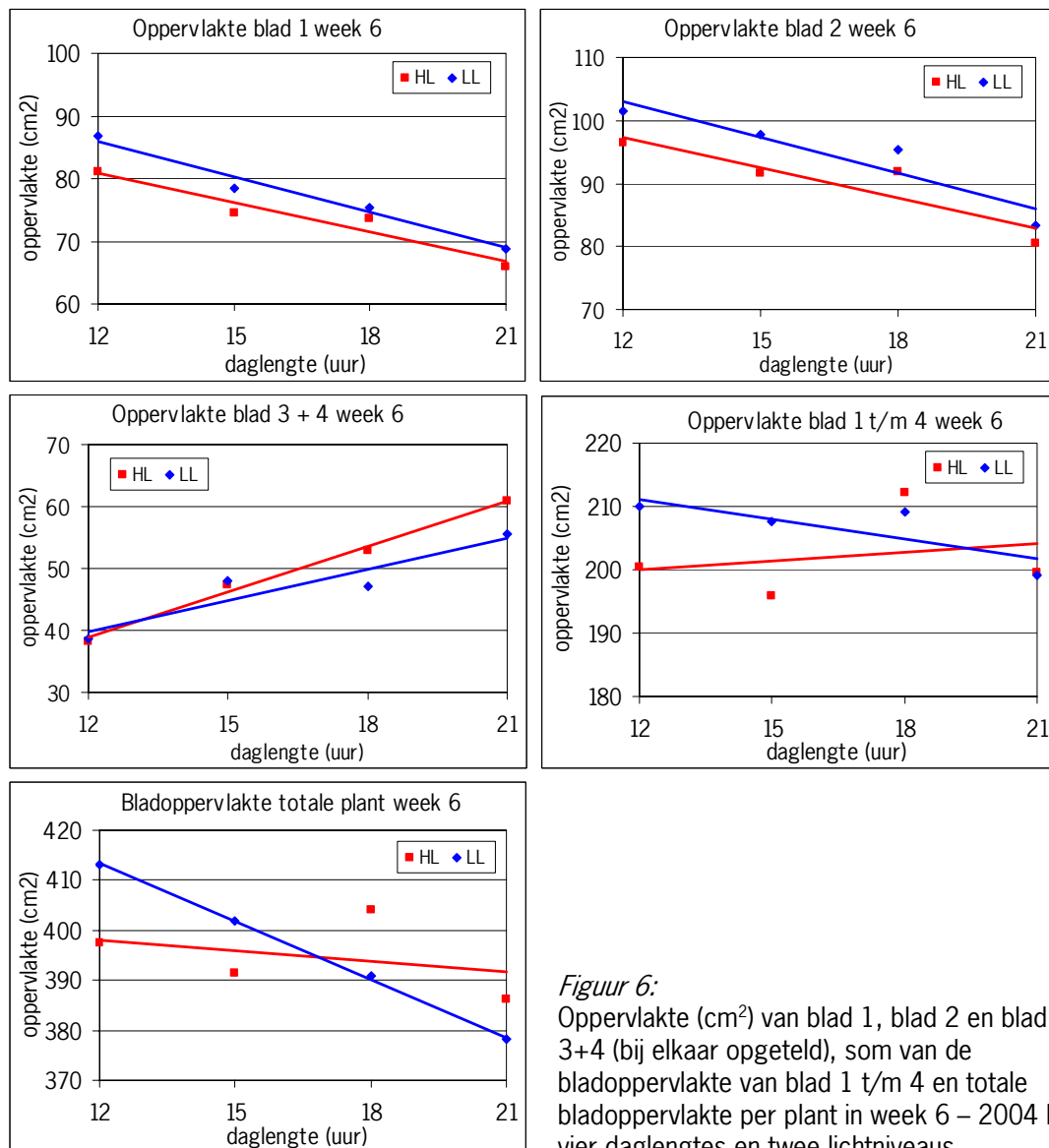
De uitgegroeide bladeren waren bij het hoge lichtniveau gemiddeld 5% kleiner dan bij het lage lichtniveau. Dit is het gevolg van de kleinere lengte en breedte van de uitgegroeide bladeren bij het hoge lichtniveau (4.3.1 en 4.3.2). Bij blad 3 dat nog in ontwikkeling was kon geen betrouwbaar verschil worden aangetoond tussen de twee lichtniveaus. Het lichtniveau gaf geen betrouwbaar verschil in de totale bladoppervlakte per plant. Het kleinere blad en het grotere aantal bladeren bij het hoge lichtniveau gaf dezelfde bladoppervlakte als het grotere blad en kleinere aantal bladeren bij het lage lichtniveau. Er zijn geen interacties tussen lichtniveau en daglengte geconstateerd bij de verschillende bladoppervlaktes.

Bij de jonge planten opgepot in week 38 waren alle bladeren kleiner dan bij de halfwas planten opgepot in week 32. Blad 1 en 2 was bij de jonge planten gemiddeld 14 cm² kleiner dan bij de halfwas planten. Dit is waarschijnlijk (mede) een gevolg van de plantleeftijd (zie 4.3.1).

Tabel 6: Som van de bladoppervlakte (cm²) van de bladeren onder de twee min of meer volgroeide bladeren bij de start, som van de bladoppervlakte van de twee volgroeide bladeren bij de start en gemiddelde bladoppervlakte van blad 1, blad 2, blad 3+4 en van de totale plant in week 6 - 2004 bij vier daglengtes, twee lichtniveaus en twee plantleeftijden.

Behandeling	Onder twee volgroeide bladeren		2 volgroeide bladeren bij start		Blad 1 (=hartblad bij start)		Blad 2		Blad 3+4		Totale plant	
12 uur	49	a ¹	126	a	79	b	94	b	38	a	400	a
15 uur	48	a	124	a	75	ab	93	b	44	ab	396	a
18 uur	47	a	123	a	70	ab	88	ab	50	ab	390	a
21 uur	44	a	124	a	65	a	79	a	55	b	379	a
Laag licht	47	a	122	a	74	b	91	b	46	a	392	a
Hoog licht	47	a	126	a	71	a	87	a	48	a	391	a
Halfwas	65	b	131	b	86	b	96	b	65	b	451	b
Jong	34	a	118	a	61	a	82	a	34	a	340	a
Daglengte lineair	ns		ns		ns		ns		ns		ns	
„ kwadraat	ns		ns		ns		ns		ns		ns	
Daglengte*Licht	ns		ns		ns		ns		ns		ns	

¹ en */ns: zie tabel 3.



Figuur 6: Oppervlakte (cm²) van blad 1, blad 2 en blad 3+4 (bij elkaar opgeteld), som van de bladoppervlakte van blad 1 t/m 4 en totale bladoppervlakte van plant in week 6 – 2004 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus.

4.4 Actieve wortelpunten en lengte langste wortel

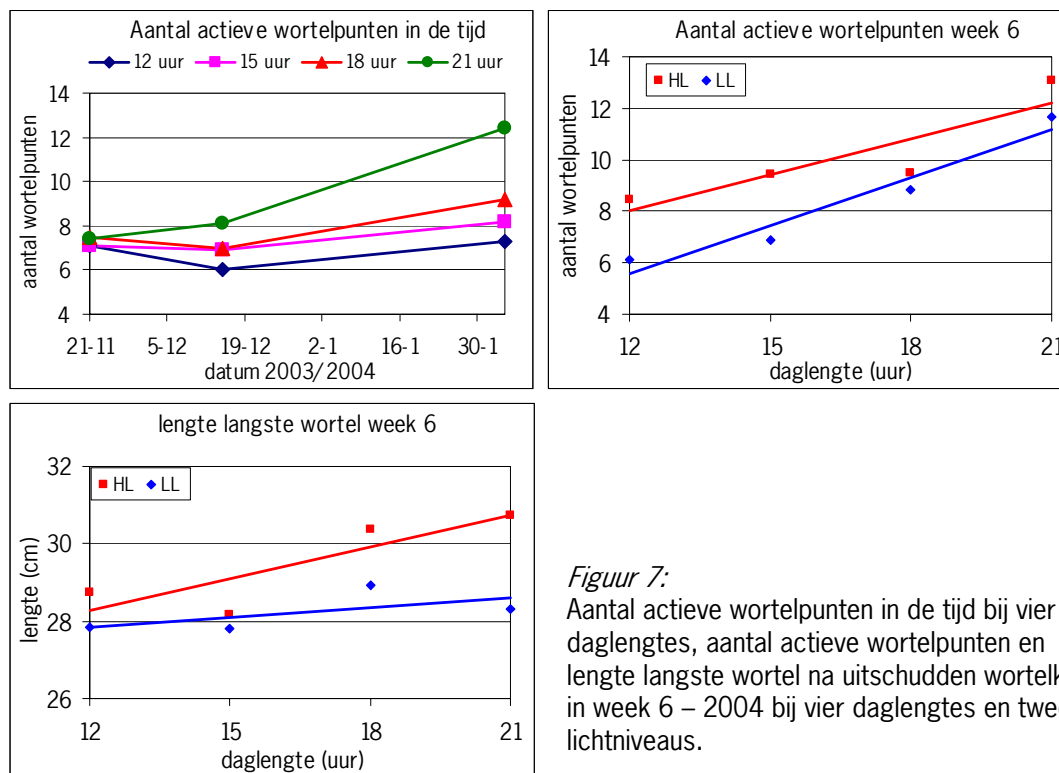
Na vier weken opweek waren er op 21 november 2003 nog geen verschillen in het aantal actieve wortelpunten die aan de buitenkant van de pot zichtbaar waren (figuur 7 – linksboven en 1^e kolom in tabel 7). Na vijftien weken opweek waren er echter meer actieve wortelpunten naarmate de daglengthte langer was (tabel 7 en figuur 7 – rechtsboven). Vooral tussen de 12 en 21 uur was er een duidelijk verschil. Bij 21 uur daglengthte waren er gemiddeld 58% meer actieve wortelpunten dan bij 12 uur daglengthte. In week 6 waren er bij het hoge lichtniveau gemiddeld twee actieve wortelpunten meer dan bij het lage lichtniveau, maar bij 12 uur daglengthte was het verschil tussen de twee lichtniveaus groter dan bij 21 uur daglengthte. Bij het lage lichtniveau nam het aantal wortelpunten sneller toe dan bij het hoge lichtniveau, maar bleef nog wel steeds onder het aantal actieve wortelpunten van het hoge lichtniveau (figuur 7-rechtsboven). Omdat van elke plantleeftijd maar één partij plantmateriaal was beoordeeld op het aantal wortelpunten en het om partijen van verschillende cultivars ging kon er geen conclusie getrokken worden over de verschillen in actieve wortelpunten tussen de twee plantleeftijden omdat dit zowel door de plantleeftijd als door de cultivar veroorzaakt zou kunnen zijn.

De lengte van de langste wortel was bij het lage lichtniveau gemiddeld ruim 1 cm korter dan bij het hoge lichtniveau (tabel 7). Het effect van de daglengte verschilde per lichtniveau. Bij het lage lichtniveau was er vrijwel geen verschil in de lengte van de langste wortel, maar bij het hoge lichtniveau nam de lengte van de langste wortel toe bij een grotere daglengte (figuur 7 - linksonder). Bij de halfwas planten was de langste wortel gemiddeld 5 cm langer dan bij de jonge planten.

Tabel 7: Gemiddeld aantal actieve wortelpunten op drie tijdstippen en lengte langste wortel in week 6 – 2004 bij vier daglengtes, twee lichtniveaus en twee plantleeftijden.

Behandeling	Actieve wortel- punten week 47	Actieve wortel- punten week 51	Actieve wortel- punten week 6	Lengte langste wortel (cm)
12 uur	8.0 a ¹	7.3 a	7.2 a	27.5 a
15 uur	8.3 a	7.8 ab	8.0 a	28.0 a
18 uur	8.5 a	8.8 ab	9.2 b	28.6 a
21 uur	8.9 a	11.5 b	12.3 c	29.0 a
Laag licht	7.9 a	8.8 a	8.4 a	27.7 a
Hoog licht	9.0 a	9.2 a	10.4 b	28.9 b
Halfwas	-	-	-	30.8 b
Jong	-	-	-	26.0 a
Daglengte lineair	ns	ns	*	ns
„ kwadraat	ns	ns	ns	ns
Daglengte*Licht	ns	*	*	*

¹ en */ns: zie tabel 3.



Figuur 7: Aantal actieve wortelpunten in de tijd bij vier daglengtes, aantal actieve wortelpunten en lengte langste wortel na uitschudden wortelkluit in week 6 – 2004 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus.

4.5 Vers- en drooggewicht

Bij het versgewicht van de bovengrondse plantendelen gaven de hoofdeffecten daglengte en licht gemiddeld geen duidelijke verschillen omdat het effect van de daglengte verschilde per lichtniveau (tabel 8 en figuur 8). Er was namelijk sprake van een betrouwbare interactie tussen daglengte en lichtniveau. Bij het lage lichtniveau nam het versgewicht in de bovengrondse plantendelen iets af naarmate de daglengte toenam, maar bij het hoge lichtniveau was er geen verschil in het versgewicht van de bovengrondse plantendelen. De daglengte en het lichtniveau gaven vrijwel geen verschil in het drooggewicht van de bovengrondse plantendelen (tabel 8 en figuur 9).

Een toenemende daglengte gaf een toenemend vers- en drooggewicht in de wortels en bij het hoge lichtniveau nam het vers- en drooggewicht in de wortels sterker toe dan bij het lage lichtniveau (tabel 8 en figuur 8 en 9). Bij een toename in de daglengte van 12 naar 21 uur nam het versgewicht van de wortels bij het lage lichtniveau toe van 46 naar 50 gram en bij het hoge lichtniveau van 43 naar 58 gram. Een zelfde toename in daglengte gaf bij het drooggewicht van de wortels een toename van 3,7 naar 4,2 gram bij het lage lichtniveau en van 3,6 naar 5,0 gram bij het hoge lichtniveau. Als gekeken wordt naar het vers- en drooggewicht van de totale plant (=bovengronds en wortels bij elkaar opgeteld) bleek dat bij het hoge lichtniveau het vers- en drooggewicht van de totale plant toeneemt als de daglengte toeneemt (figuur 8 en 9). Bij het lage lichtniveau was er echter geen betrouwbaar verschil tussen de vier daglengtes.

Naarmate de daglengte toenam, nam het percentage droge stof in de bovengrondse plantendelen, in de wortels en in de totale plant toe (tabel 9 en figuur 10). Bij een daglengte van 12 uur was er gemiddeld 5,3% droge stof in de bovengrondse plantendelen en 8,2% droge stof in de wortels. Bij een daglengte van 21 uur was dit toegenomen tot 5,7% droge stof in de bovengrondse plantendelen en 8,5% in de wortels. Bij het hoge lichtniveau was er 5,6% droge stof in de bladeren tegen 5,4% bij het lage lichtniveau. In de wortels lag het percentage droge stof bij het hoge lichtniveau op gemiddeld 8,6% en bij het lage lichtniveau op 8,2%. Bij een grotere daglengte en hoger lichtniveau zijn de bladeren en wortels dus minder waterig dan bij een kortere dag of lager lichtniveau. Er is geen interactie tussen lichtniveau en daglengte geconstateerd. Het percentage droge stof nam bij beide lichtniveaus in dezelfde mate toe naarmate de daglengte toenam (=parallele lijnen in figuur 10).

Zoals te verwachten was het vers- en drooggewicht van de bovengrondse plantendelen, de wortels en de totale plant bij de jonge planten lager dan bij de halfwas planten. Het percentage droge stof in de wortels was bij de jonge planten ook wat lager dan bij de halfwas planten. In de bladeren was het percentage droge stof in de jonge planten net 0,02% hoger dan in de bladeren van de halfwas planten.

Tabel 8: Gemiddeld vers- en drooggewicht in de bovengrondse plantendelen, in de wortels en in de totale plant in week 6 – 2004 bij vier daglengtes, twee lichtniveaus en twee plantleeftijden.

Behandeling	Versgewicht (gram)			Drooggewicht (gram)		
	bladeren	wortels	totale plant	bladeren	wortels	totale plant
12 uur	71 a ¹	44 a	115 a	3.7 a	3.7 a	7.4 a
15 uur	69 a	46 a	116 a	3.7 a	3.9 b	7.7 a
18 uur	68 a	49 b	117 a	3.7 a	4.2 c	7.9 ab
21 uur	64 a	54 c	119 a	3.6 a	4.6 d	8.3 b
Laag licht	69 a	48 a	116 a	3.7 a	3.9 a	7.6 a
Hoog licht	68 a	50 a	117 a	3.8 a	4.3 b	8.0 b
Halfwas	80 b	55 b	135 b	4.4 b	4.7 b	9.1 b
Jong	58 a	43 a	101 a	3.2 a	3.5 a	6.7 a
Daglengte lineair	ns	ns	ns	ns	*	ns
„ kwadraat	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Daglengte*Licht	*	*	*	*	*	*

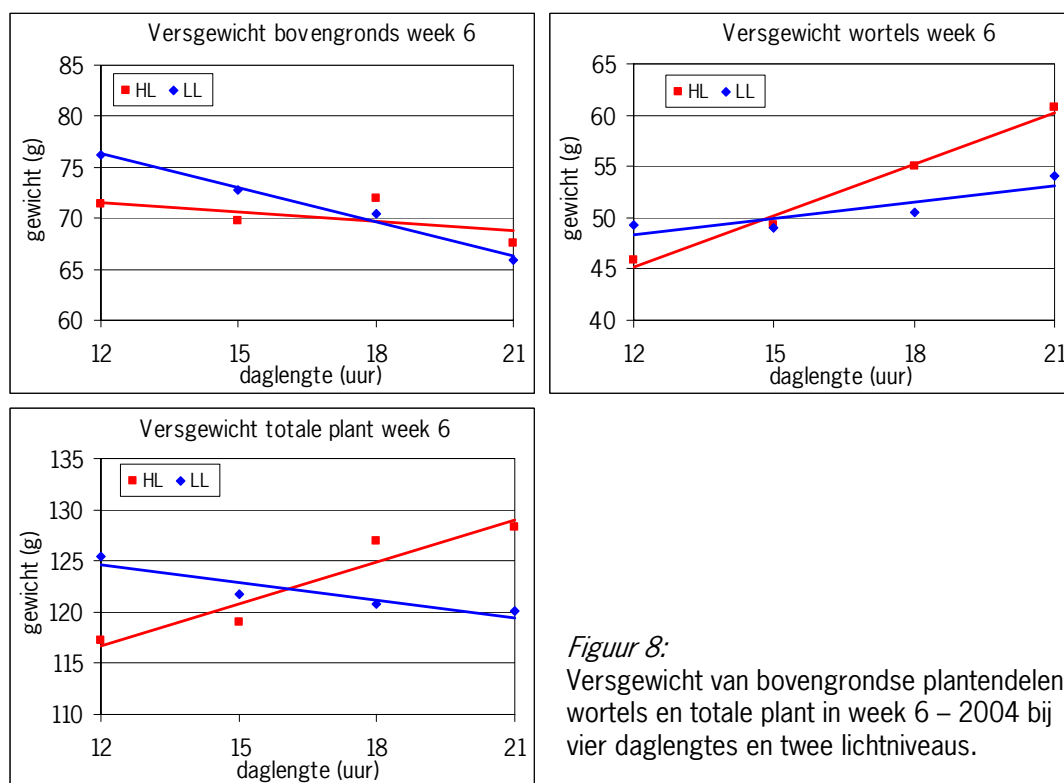
¹ en */ns: zie tabel 3.

Tabel 9: Gemiddeld percentage droge stof in de bovengrondse plantendelen, in de wortels en in de totale plant in week 6 – 2004 bij vier daglengtes, twee lichtniveaus en twee plantleeftijden.

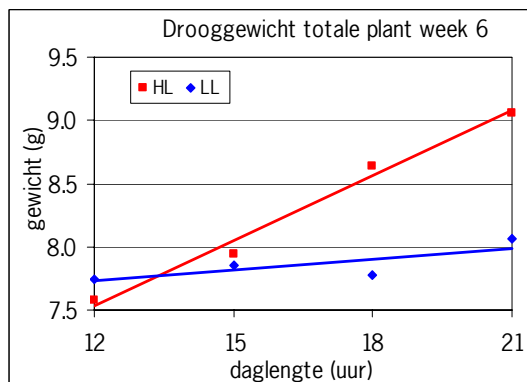
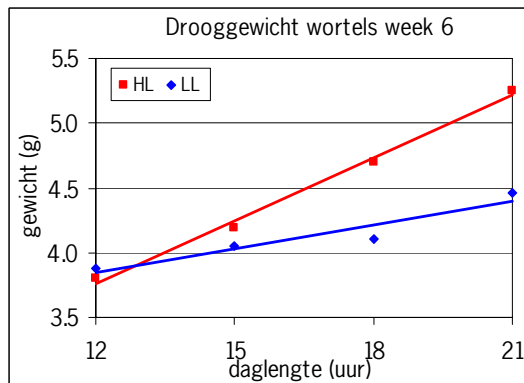
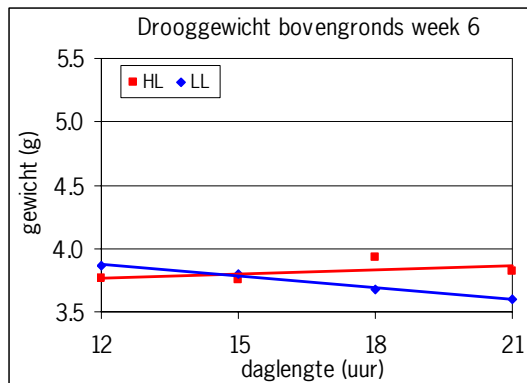
Behandeling	Percentage droge stof		
	bladeren	wortels	totale plant
12 uur	5.3 a ¹	8.2 a	6.4 a
15 uur	5.4 a	8.4 a	6.6 a
18 uur	5.5 ab	8.5 a	6.8 b
21 uur	5.7 b	8.5 a	7.0 b
Laag licht	5.4 a	8.2 a	6.6 a
Hoog licht	5.6 b	8.6 b	6.9 b
Halfwas	5.5 a ²	8.7 b	6.8 b
Jong	5.5 b ²	8.1 a	6.6 a
Daglengthe lineair	*	*	*
„ kwadraat	ns	ns	ns
Daglengthe*Licht	ns	ns	ns

¹ en */ns: zie tabel 3.

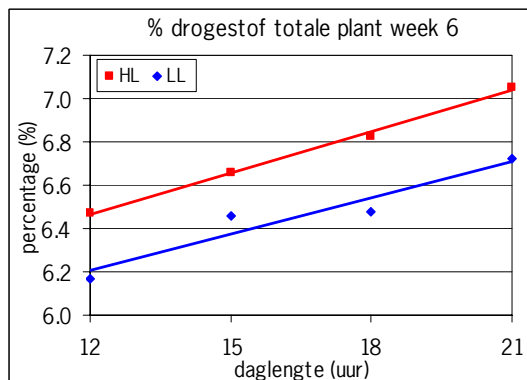
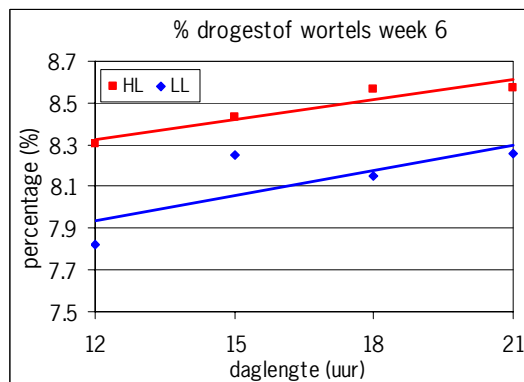
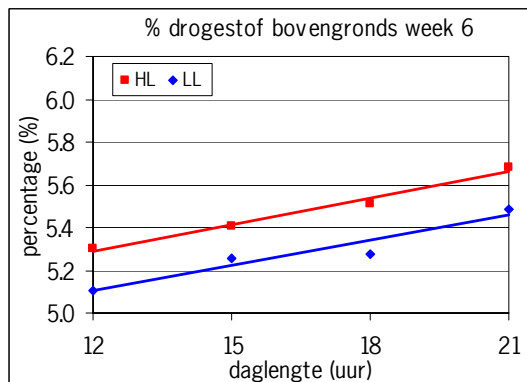
² Bij jong plantmateriaal was het percentage droge stof gemiddeld 0,02 hoger.



Figuur 8: Vergewicht van bovengrondse plantendelen, wortels en totale plant in week 6 – 2004 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus.



Figuur 9:
Drooggewicht van bovengrondse plantendelen, wortels en totale plant in week 6 – 2004 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus.



Figuur 10:
Percentage droge stof in bovengrondse plantendelen, wortels en totale plant in week 6 – 2004 bij vier daglengtes en twee lichtniveaus.

4.6 Na-effecten op bloei

De halfwas planten zijn na week 6 terug gegaan naar de praktijk en daar direct de koeling ingegaan voor de inductie van de bloemtakken. Een grotere daglengte had geen negatieve gevolgen voor de bloei. Er was eerder sprake van een positief effect. Naarmate tot en met week 6 bij een grotere daglengte was geteeld waren er net voor de bloei in juni 2004 meer planten met twee of meer bloemtakken (tabel 10 en figuur 11). Bij een daglengte van 21 uur had 90% van de planten 2 of 3 bloemtakken tegen 81% bij een daglengte van 12 uur. Er kon geen betrouwbaar verschil worden aangetoond tussen de twee lichtniveaus en er was geen interactie tussen daglengte en lichtniveau.

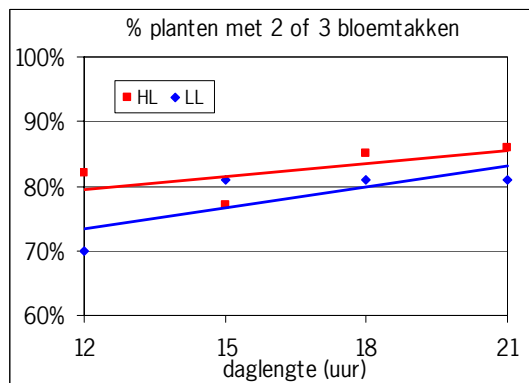
Bij de sortering van *Phalaenopsis* wordt in de praktijk onderscheid gemaakt in het aantal bloemtakken per plant, het al of niet vertakt zijn van de bloemtakken en het aantal vertakkingen of bloemen per plant. Bij de cultivars 'Cool Breeze', 'Dimension' en 'Passion' vielen de meeste planten in de klasse met twee vertakte bloemstelen. In deze klasse van 2-tak vertakt nam het aantal vertakkingen per plant toe naarmate de daglengte toenam, waarbij de toename bij het hoge lichtniveau groter was dan de toename bij het lage lichtniveau (figuur 11). Bij de cultivar 'Snowapple' vielen de meeste planten in de klasse 2-tak onvertakt. In het aantal bloemen per plant in deze klasse konden geen betrouwbare verschillen worden aangetoond (tabel 10), maar er was wel een trend dat het aantal bloemen per plant bij een grotere daglengte iets toenam.

De teler die de planten in bruikleen ter beschikking had gesteld merkte wel op dat de planten geteeld bij 18 en 21 uur daglengte bij terugkomst meer blauwe bladvunten hadden dan de planten geteeld bij 12 en 15 uur daglengte. Dit was ook bij de aflevering van de bloeiende planten nog zichtbaar en kan gezien worden als negatief effect van een grote daglengte.

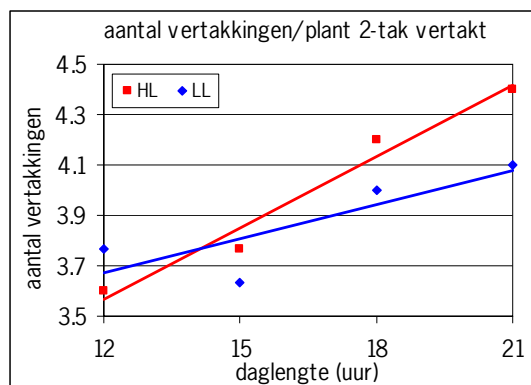
Tabel 10: Percentage planten met 2 of 3 bloemtakken, gemiddeld aantal vertakkingen en gemiddeld aantal bloemen per plant in juni 2004 na een vegetatieve opkweek bij vier daglengtes en twee lichtniveaus.

Behandeling	% planten met 2 of 3 bloemtakken		Aantal vertakkingen/plant bij 2-tak vertakt (gem. van 3 cultivars)		Aantal bloemen/plant bij 2-tak onvertakt bij de cultivar 'Snowapple'	
12 uur	81	a	3.5	a	16.5	a
15 uur	85	ab	3.7	a	16.8	a
18 uur	88	ab	3.9	a	17.3	a
21 uur	90	b	4.1	a	18.4	a
Laag licht	85	a	3.7	a	17.1	a
Hoog licht	87	a	3.8	a	17.4	a
Daglengte lineair	*		ns		ns	
„ kwadraat	ns		ns		ns	
Daglengte*Licht	ns		*		ns	

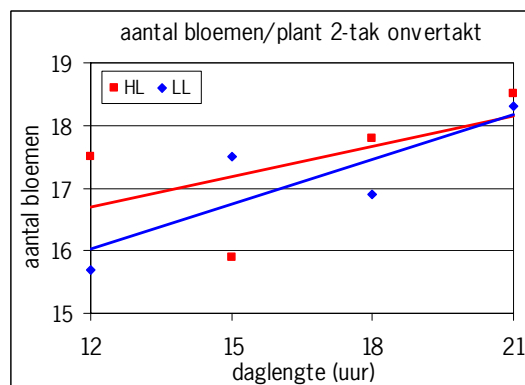
¹ en */ns: zie tabel 3.



Figuur 11:
Invloed daglengte en lichtniveau tijdens de vegetatieve opkweek op de bloemtakvorming bij Phalaenopsis in juni 2004.



* Gemeten bij planten met twee vertakte bloemtakken van 'Cool Breeze', 'Dimension' en 'Passion'.



** Gemeten bij planten met twee onvertakte bloemtakken van de cultivar 'Snow Apple'.

5 Conclusies en discussie gewasgroei

5.1 Effect van daglengte op bovengrondse groei

Naarmate de daglengte bij de assimilatiebelichting van *Phalaenopsis* toenam van 12 naar 21 uur zijn de volgende effecten op de bovengrondse groei geconstateerd:

- De bladafsplitsingssnelheid nam toe bij een toenemende daglengte (4.2). Dit zou mogelijk deels een gevolg kunnen zijn van een hogere planttemperatuur omdat als de belichting aan is, de planttemperatuur hoger is dan wanneer de belichting uit is bij een gelijke kasttemperatuur (3.2). Naarmate de daglengte langer was, was de belichting langer aan en zal ook de gemiddelde planttemperatuur gemiddeld over het etmaal hoger zijn geweest. In eerder onderzoek is geconstateerd dat bij een hogere temperatuur meer bladeren afgesplitst worden (Kromwijk, 2003). Uitgaande van het aangetoonde verband tussen de daglengte en het aantal bladeren nam het aantal bladeren na 15 weken opkweek toe met bijna 0,05 blad per uur extra daglengte.
- Het blad werd kleiner naarmate de daglengte toenam (4.3). Zowel de lengte, breedte als oppervlakte van de volgroeide bladeren nam af naarmate de daglengte toenam. Bij de nog niet volledig uitgegroeide bladeren nam de bladlengte, -breedte en –oppervlakte toe bij een toenemende daglengte. Dit is te verklaren uit de snellere bladafsplitsing bij een toenemende daglengte, waardoor de jonge bladeren bij een grotere daglengte verder in ontwikkeling waren dan bij een kortere daglengte. Een geringe afname in de bladgrootte hoeft niet direct negatief te zijn, maar een te sterke afname is ongewenst. Mogelijk dat een te sterke afname van de bladgrootte in de praktijk verminderd kan worden met een aangepaste voeding of hogere relatieve luchtvochtigheid?
- De daglengte had geen effect op de totale bladoppervlakte per plant (4.3.3). Het kleinere blad en het grotere aantal bladeren naarmate de daglengte toeneemt, gaf vrijwel dezelfde totale bladoppervlakte per plant als het grotere blad en kleinere aantal bladeren naarmate de daglengte afneemt.
- De daglengte had een gering effect op het vers- en drooggewicht van de bovengrondse plantendelen (4.5). Alleen bij het lage lichtniveau nam het vers- en drooggewicht iets af naarmate de daglengte toenam. Bij het hoge lichtniveau was er geen verschil in vers- en drooggewicht van de bovengrondse plantendelen.
- Naarmate de daglengte toenam was het percentage droge stof in de bovengrondse plantendelen hoger (4.5). Dit betekent dat de planten bij een grotere daglengte minder waterig worden.
- Een langere daglengte tijdens de assimilatiebelichting in de vegetatieve fase gaf een positief effect op de bloei (4.6). Bij een toenemende daglengte nam het aantal planten met 2 of 3 bloemtakken bij de bloei toe. Bovendien nam bij de vertakte planten het aantal vertakkingen aan de bloemstelen toe en was er bij de onvertakte planten een trend naar iets meer bloemen per plant naarmate de daglengte toenam.
- Bij een langere daglengte hadden de planten wel wat meer blauwe bladpunten dan bij 12 en 15 uur daglengte. Dit was ook bij de aflevering van de bloeiende planten nog zichtbaar en kan gezien worden als negatief effect van een grote daglengte.

5.2 Effect van daglengte op wortelgroei

Een toename van de daglengte tijdens de assimilatiebelichting in de vegetatieve fase gaf een positief effect op de wortelgroei:

- Het aantal actieve wortelpunten aan de buitenkant van de wortelkult nam toe (4.4).
- Het vers- en drooggewicht aan wortels nam toe, waarbij het vers- en drooggewicht bij het hoge lichtniveau sterker toenam dan bij het lage lichtniveau (4.5).

- Het percentage droge stof in de wortels nam toe (4.5). Dit betekent dat de planten bij een grotere daglengte minder waterige wortels hebben dan bij een korte daglengte.
- Bij het hoge lichtniveau een kleine toename in de lengte van de langste wortel naarmate de daglengte toenam. Bij het lage lichtniveau was er geen verschil tussen de vier daglengtes (4.4).

5.3 Effect van lichtniveau

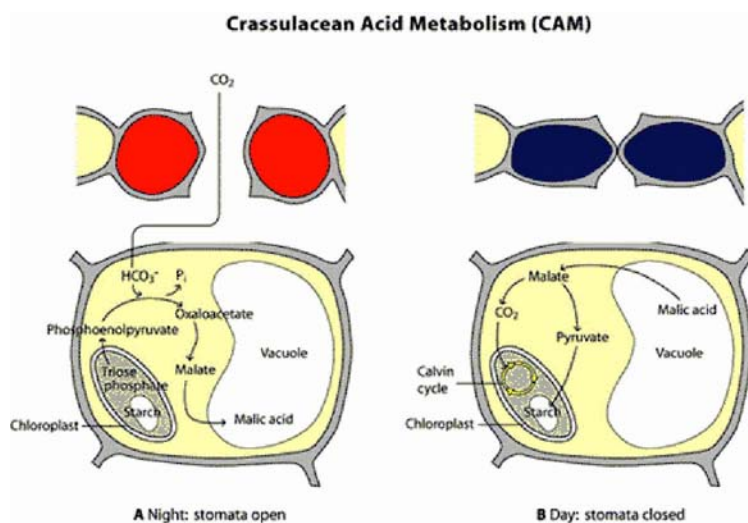
Tussen het hoge lichtniveau van $82 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (=6900 lux) en het lage lichtniveau van $59 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (=4900 lux) van de assimilatiebelichting in de vegetatieve opkweek, zijn de volgende verschillen geconstateerd:

- Snellere bladafsplitsing bij het hoge lichtniveau (4.2). Na 15 maanden opkweek was het aantal bladeren bij het hoge lichtniveau gemiddeld 0,1 hoger dan bij het lage lichtniveau. Dit is mogelijk (deels) een gevolg van de hogere kasttemperatuur bij het hoge lichtniveau.
- Bij het hoge lichtniveau bleven de bladeren kleiner dan bij het lage lichtniveau (4.3). De lengte, breedte en daardoor ook de oppervlakte van de volgroeide bladeren waren bij het hoge lichtniveau kleiner dan bij het lage lichtniveau.
- Bij het hoge lichtniveau waren er meer actieve wortelpunten en was de langste wortel wat langer dan bij het lage lichtniveau (4.4). Bij een lange daglengte was het vers- en drooggewicht van de wortels bij het hoge lichtniveau wat hoger dan bij het lage lichtniveau (4.5).
- Het percentage droge stof in de bovengrondse plantendelen en in de wortels was bij het hoge lichtniveau hoger dan bij het lage lichtniveau (4.5). Dit betekent dat de planten bij het hoge lichtniveau minder waterig waren.
- Er konden vrijwel geen betrouwbare verschillen aangetoond worden in de na-effecten van het lichtniveau op de bloei (4.6). Wel was er een tendens dat er bij het hoge lichtniveau iets meer planten 2 of 3 bloemtakken hadden en bij een lange daglengte waren er bij het hoge lichtniveau meer vertakkingen per plant in de klasse 2-tak vertakt dan bij het lage lichtniveau.

6 Regulering van de fotosynthese bij Phalaenopsis

6.1 Inleiding

CAM-planten zoals Phalaenopsis nemen 's nachts koolzuur op en slaan dat op in het blad als appelzuur. Om te sterke verzuring van het cel vocht te vermijden wordt dit appelzuur tijdelijk opgeslagen in zogenaamde vacuoles in de cellen van het blad. CAM-planten hebben daarom erg dikke bladeren. In het licht wordt het appelzuur weer uit de vacuoles opgehaald. Terwijl de huidmondjes zich sluiten wordt malaat gesplitst in koolzuur en pyruvaat waarna het koolzuur op dezelfde manier als "normale" C3 planten in de chloroplasten wordt gebonden aan Rubisco en omgezet in suikers en zetmeel. Aan het begin van de volgende donkerperiode openen de huidmondjes zich weer en wordt koolzuur opnieuw aan het vrijgekomen pyruvaat gebonden om weer een nieuwe voorraad malaat te maken. Omdat zowel de binding van koolzuur aan pyruvaat en de fixatie van koolzuur aan Rubisco in één en hetzelfde cytoplasma gebeuren moeten er regulatiesystemen bestaan die een kortsluiting tussen deze cycli verhinderen. Bovendien moet er een evenwichtig voorraadbeheer van zetmeel of andere koolhydraten zijn zodat er een netto-overschot aan exporteerbare suikers over blijft en er voldoende reserve aangelegd wordt voor de aanmaak van pyruvaat om 's nachts koolzuur te kunnen fixeren. De uiterst complexe regelingen die met de CAM fotosynthese gepaard gaan maken het systeem erg inefficiënt wat de lichtbenutting betreft.



- 's Nachts gaan de huidmondjes open en wordt koolzuur opgenomen en gebonden als appelzuur (links).
- Huidmondjes zijn overdag gesloten om verdamping tegen te gaan (rechts).
- Overdag komt in het blad koolzuur vrij uit appelzuur. Het koolzuur wordt vervolgens direct omgezet in suiker en zetmeel voor de groei.

Net als bij normale C3 planten is ook bij Phalaenopsis het licht de belangrijkste factor die de productie bepaalt. Door het ingewikkelde mechanisme van de fotosynthese is de lichtgevoeligheid van Phalaenopsis veel ingewikkelder in kaart te brengen dan van andere planten. Op de eerste plaats is de fotosynthese erg laag en daardoor moeilijk te meten maar bovendien zijn de regelende stappen verdeeld over dag en nacht. Verder dient te worden opgemerkt dat de hoeveelheid licht niet de enige factor is die de assimilatiesnelheid bepaalt. Andere factoren, zoals cultivar, temperatuur, beschikbaarheid van water en voedingsstoffen, luchtvochtigheid en de CO₂ concentratie in de lucht, zijn naast licht mede bepalend voor de groei. Deze factoren samen bepalen uiteindelijk hoe efficiënt het licht door de plant kan worden benut. Het is dus van belang dat al deze groeifactoren zo optimaal mogelijk zijn om vervolgens een maximale efficiëntie van het licht te kunnen realiseren. De factor licht is vooral in de winter een dure productiefactor en het is daarom juist dan van groot belang dat bij toepassing van assimilatiebelichting ervoor wordt gezorgd dat andere factoren zoals CO₂ en temperatuur niet begrenzend werken. Met dit in gedachte kan er nog veel bereikt worden met de optimalisering van assimilatiebelichting.

Naast metingen aan productiecapaciteit is door Plant Dynamics in de afgelopen 2 jaar een methode ontwikkeld om veranderingen in de activiteit van Phalaenopsis over de dag te meten. Deze methode is gebaseerd op fluorescentiemetingen. Enkele resultaten van deze studies worden hier gepresenteerd. De methode lijkt zeer bruikbaar om tijdens de lichtperiode, als de huidmondjes dicht zijn, effecten van omgevingsfactoren op de energievastlegging te bestuderen.

6.2 Materiaal en methoden fotosynthesemetingen



De metingen zijn uitgevoerd door Plant Dynamics met een LiCor 6400. Met dit apparaat kan tegelijkertijd CO₂ opname, verdamping en fluorescentieverloop worden gemeten. In het meetcuve van deze apparatuur konden de lichtomstandigheden, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden binnen relatief korte tijd. Hierdoor kon de korte-termijn reactie in fotosynthese van het blad op deze veranderingen bepaald worden.

6.2.1 Haalbaarheidstudie of fotosynthese in een CAM plant te meten is

Voor dit korte deelonderzoek zijn 24 Phalaenopsisplanten gratis beschikbaar gesteld door kwekerij Boekestein in de Lier. De planten kwamen uit de vegetatieve fase en stonden bij een temperatuur van 27°C. De planten waren groot genoeg voor inductie. Op 13 mei 2003 zijn de planten in Wageningen in een klimaatcel geplaatst en daar zijn de metingen uitgevoerd. De metingen zijn uitgevoerd in een klimaatkamer om storende invloeden van veranderende teeltomstandigheden in een kas uit te sluiten. De klimaatomstandigheden in de klimaatcel zijn zoveel mogelijk gelijk gehouden aan de praktijkomstandigheden bij een Phalaenopsis teelt met een ingestelde temperatuur van 27°C en een lichtniveau van 11 000 lux (135 micromol PAR) of 20 000 lux (250 micromol PAR), een daglengte 12 uur en een RV van 70%. Er is naar behoefte water gegeven. De metingen zijn uitgevoerd bij twee cultivars die verschillen in groei­kracht: '8104', een wat stugge cultivar met langzame groei­kracht en 'Zuma Camreal', een snellere groeier (wit). Het onderzoek was vooral bedoeld om te bezien of het mogelijk is betrouwbare cijfers van de fotosynthese van Phalaenopsis te verkrijgen. Enkele vragen daarbij waren:

- Hoe verloopt de CO₂-opname gedurende het etmaal?
- Is het mogelijk om met fluorescentie de fotosynthese bij Phalaenopsis te meten?
- Is er een effect te meten van lichtintensiteit, temperatuur, CO₂ en RV?

6.2.2 Effect van daglengte en lichtintensiteit op fotosynthese en fluorescentie

De resultaten van de haalbaarheidstudie waren aanleiding om een vervolgstudie te verrichten naar de effecten van daglengte en lichtintensiteit op de fotosynthese en de variatie van de lichtgevoeligheid over de dag. Voor dit vervolg zijn planten gebruikt uit de proef beschreven in voorgaande hoofdstukken. Net voor de metingen werden deze vanuit de kas in klimaatcellen geplaatst, waarbij de instellingen van de klimaatcellen zoveel zijn afgestemd op de klimaatomstandigheden in de kasproef.

De condities in de klimaatcellen waren als volgt:

- Lichtintensiteit: 8200 lux (100 micromol PAR) of 16400 lux (200 micromol PAR)
- Daglengte: 21, 18, 15 en 12 uur
- RV: 70%
- CO₂ concentratie: 400 of 800 ppm
- Temperatuur 27 °C
- Variëteit: 'Cool Breeze'

Opgezet 18 november 2003, eerste meting 21 november.

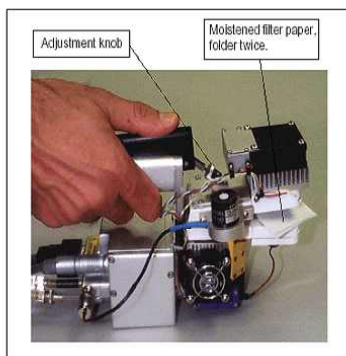


Figure 3-17. Set the adjustment knob so that the chamber gaskets are slightly compressed when closed with no leaf. Then, open the chamber, tighten one more half turn, and close onto the leaf or filter paper.

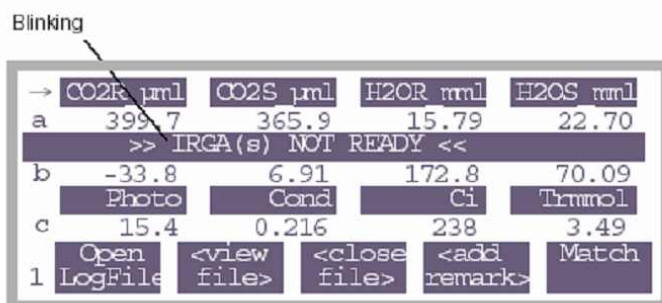


Figure 3-21. New Measurement Mode's warning messages appear on the 3rd line of the display.

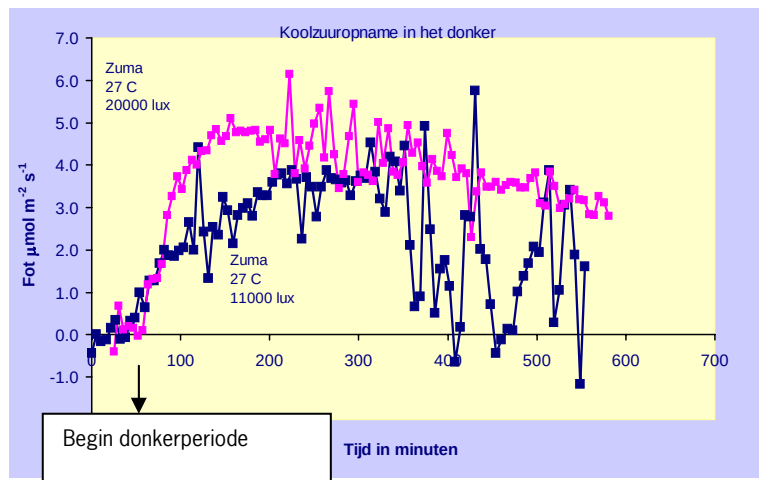
Fig. 1

LiCor-6400 meetapparatuur

Metingen zijn uitgevoerd met de LiCor 6400. In de meetcuve van deze apparatuur kunnen de lichtomstandigheden, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte termijn reactie in fotosynthese van het blad op deze veranderingen bepaald worden.

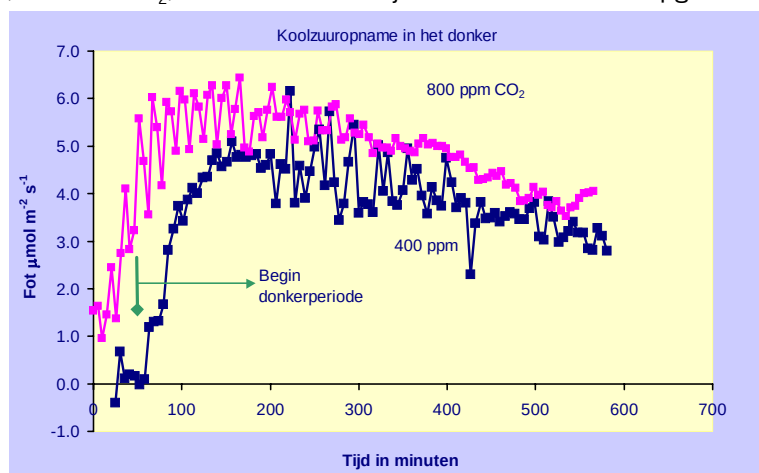
6.3 Resultaten fotosynthesemetingen

6.3.1 Haalbaarheidstudie of fotosynthese in een CAM plant te meten is



De koolzuurassimilatie begint in het donker. Op de Y-as staat de snelheid waarmee koolzuur wordt opgenomen in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Een snelheid van $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ komt overeen met een groeisnelheid van 0,1 gram drogestof per m^2 blad per uur. Ter vergelijking: de koolzuurassimilatie in een roos of Gerbera is 6-10 maal zo hoog. Het duurt 1-3 uur voordat de maximale assimilatiesnelheid is bereikt. Dit gaat sneller wanneer het lichtniveau in de voorafgaande lichtperiode hoger is geweest.

Licht is weliswaar de drijvende kracht voor de fotosynthese maar de grondstof voor de fotosynthese (koolzuur= CO_2) moet via huidmondjes in het blad worden opgenomen.



Omdat koolzuur in het donker wordt gebonden aan een enzym met een zeer hoge bindingsaffiniteit voor koolzuur, was de verwachting dat de koolzuur concentratie in de kaslucht geen effect zou hebben op de assimilatie. Het lijkt er echter op dat een hogere koolzuur concentratie aan het begin van de donkerperiode, als de huidmondjes net open gaan toch een stimulerend effect heeft. Zie verderop voor een meer gedetailleerde studie.



Fig. 2.
Enkele kenmerken van de drogestof verdeling in de beide rassen. De getallen hebben betrekking op een enkele plant.

Groei-analyse	Zuma	81012
blad vers (g)	64.62	40.72
blad droog (g)	3.56	2.38
wortel vers (g)	51.67	32.70
wortel droog (g)	3.43	3.44
totaal droog /plant	6.99	5.82
Blad opp cm2)	352.67	240.00
SLA m2/kg	9.91	10.07



Fig. 3a
Voorbeeld van een speciaal voor de tuinbouw ontwikkelde fluorescentie meter. Met deze meter kan de energie-opslag tijdens de lichtperiode worden gemeten, zie figuur 3b.

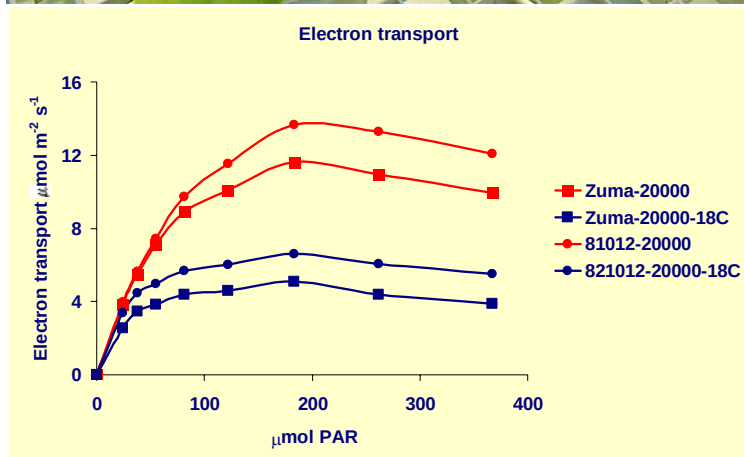


Fig. 3b.
Effect van licht en temperatuur op de energievastlegging (elektronen-transportssnelheid). Volgens deze metingen is de lichtverzadiging sterk afhankelijk van de temperatuur. Bij 18 graden is het verzadigingsniveau 80 $\mu\text{mol PAR}$ maar bij 27 graden stijgt het niveau tot 200 $\mu\text{mol PAR}$. Op die manier kan het effect van omgevingsfactoren in het licht worden bestudeerd terwijl de eigenlijke koolzuurassimilatie pas 's nachts plaatsvindt.

In een literatuurstudie voorafgaand aan dit onderzoek (Warmenhoven et al, 2003) werd eveneens gevonden dat de verzadiging van de fotosynthese bij Phalaenopsis afhankelijk is van de temperatuur en de lichtintensiteit. De gevonden verzadigingsniveaus in het Belgische onderzoek (Lootens et al, 1998 en 1999) lagen echter wat hoger dan in het hierboven beschreven onderzoek. Daar vond men bij 20°C een verzadiging van de fotosynthese bij 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en bij 25°C was de fotosynthese nog niet verzadigd bij < 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

6.3.2 Effect van daglengte en lichtintensiteit op fotosynthese en fluorescentie

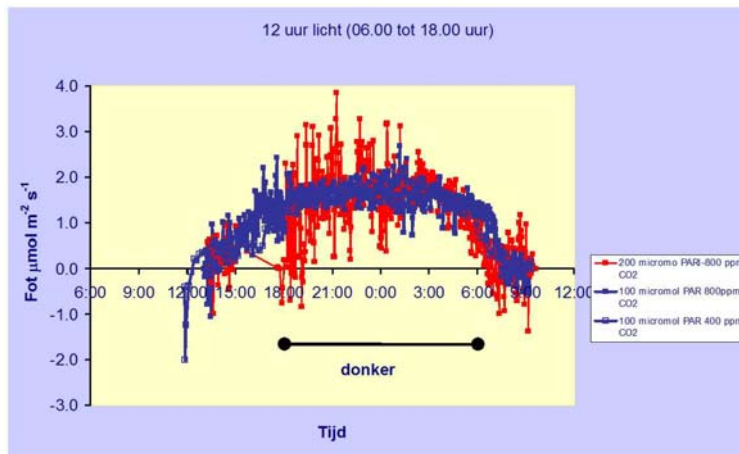


Fig. 4
Daglengte 12 uur.
Opname van koolzuur in het donker.
Er is weinig verschil tussen de koolzuurassimilatie na een lichtperiode bij 100 μmol PAR en een lichtperiode bij 200 μmol PAR.
Overigens is hier goed te zien dat de koolzuurassimilatie al begint voor de eigenlijke donkerperiode.

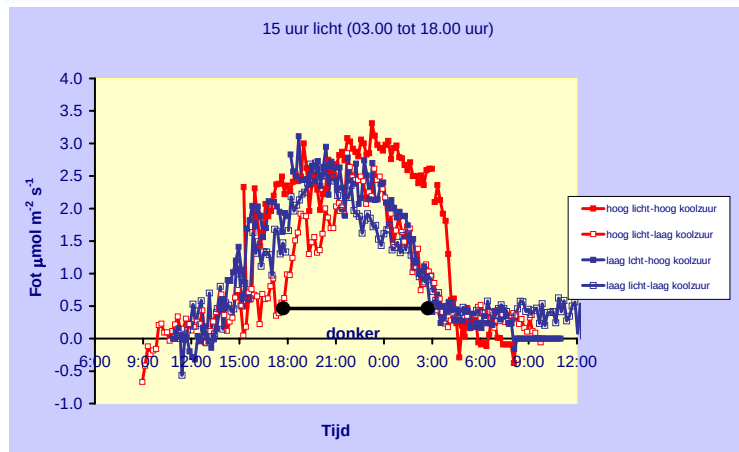


Fig. 5
Daglengte 15 uur.
Door de kortere donkerperiode wordt de vastgelegde energie in een kortere tijd gebruikt. Daardoor stijgt de koolzuurassimilatie sneller en bereikt een hogere waarde. Ook hier is weer duidelijk te zien dat er een zeer grote variatie is in de opnamesnelheid over de donkerperiode. De verschillen tussen lichtintensiteit en CO_2 concentratie zijn gering. De behandeling hoog licht laag koolzuur heeft een zeer trage start. Dit patroon is niet representatief en er kan voorlopig geen verklaring voor deze afwijkende response worden geleverd.

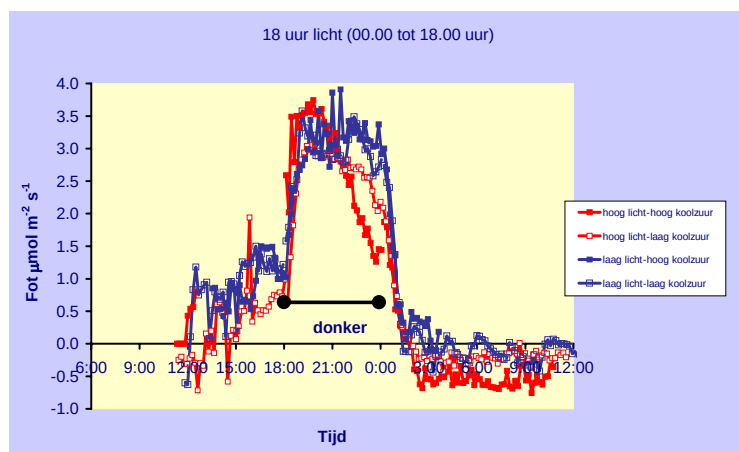


Fig. 6
Daglengte 18 uur.
Naarmate de nacht korter wordt neemt de snelheid waarmee de koolzuurassimilatie in het donker stijgt toe. Ook de hoeveelheid koolzuur die aan het eind van de lichtperiode wordt opgenomen neemt toe als de nacht korter wordt. Opvallend is de daling van de koolzuurassimilatie aan het eind van de donkerperiode voor de hoog-licht behandelingen. Het effect van de koolzuurconcentratie is gering.

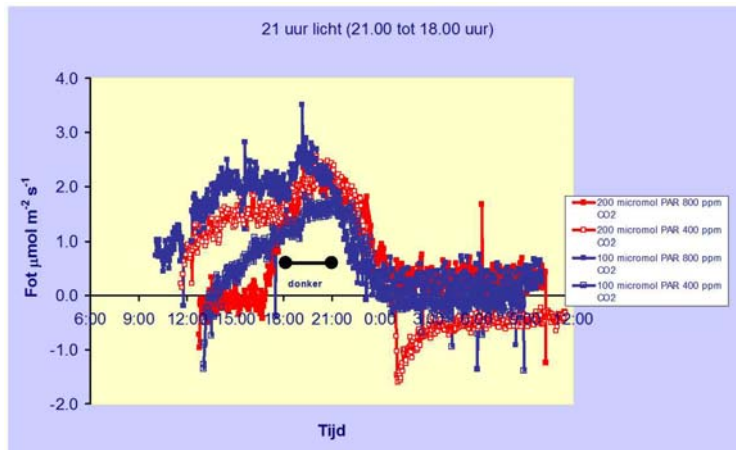


Fig. 7

Daglengte 21 uur.

De nacht is hier duidelijk veel te kort om de hoeveelheid opgeslagen energie en malaat om te zetten in suikers. Ruim voordat de donkerperiode begint en lang nadat de donkerperiode is opgehouden gaat de koolzuurassimilatie door. Door de korte nacht bereikt de assimilatiesnelheid een niveau dat slechts de helft is van het niveau bij een langere nacht.

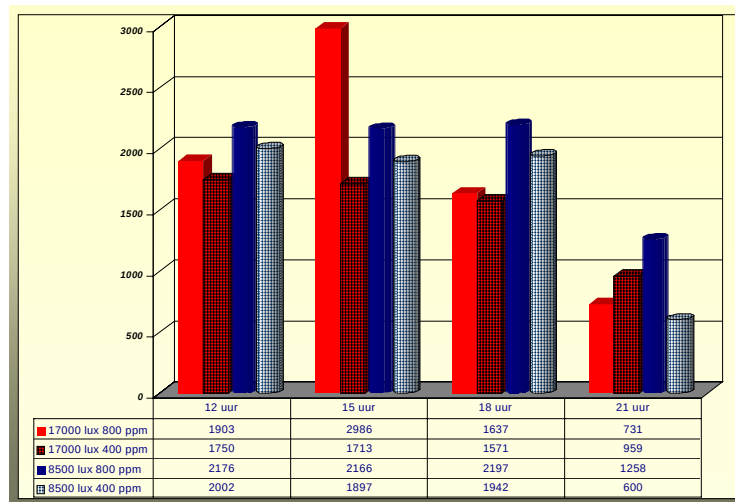


Fig. 8 Samenvatting

Drogestof productie (mg/dag) per vierkante meter bladoppervlak berekend op basis van de gemeten fotosynthese.

Daglengte heeft het grootste effect maar dat wordt pas echt duidelijk boven een daglengte van 18 uur. Met uitzondering van de uitschieter bij 15 uur, hoog licht en hoog koolzuur zijn er betrekkelijk kleine verschillen tussen de behandelingen met een daglengte korter dan 18 uur. Daglengten boven 18 uur verlagen de productiviteit echter aanzienlijk. Naarmate de daglengte langer wordt is er echter wel een toenemende tendens om ook in het licht koolzuur op te nemen. Het nadelige effect wordt hierdoor gedeeltelijk gecompenseerd.

Daglengte	12 uur	15 uur	18 uur	21 uur
17000 lux 800 ppm	1808	2319	1553	545
17000 lux 400 ppm	1750	1542	1490	583
8500 lux 800 ppm	1840	1851	1724	666
8500 lux 400 ppm	1814	1581	1675	418

Fig. 8b Droge stofproductie

De meest gunstige combinaties zijn hier in rood aangegeven. Uit de fluorescentie metingen (zie figuur 11) blijkt echter dat er betere mogelijkheden zijn om de lichtcondities en de koolzuur condities te optimaliseren.

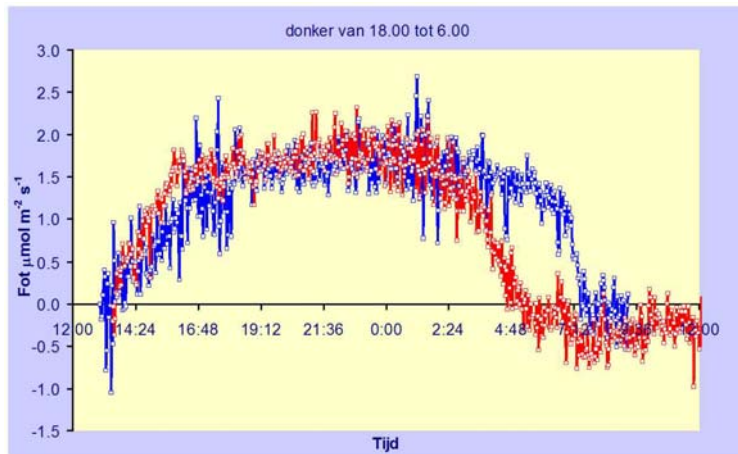


Fig. 9
Koolzuurassimilatie verschuift als de lengte van de nacht wordt gevarieerd. Na overzetten van een korte nacht (die slechts 3 uur duurde) naar lange nacht (12 uur) komt er geleidelijk meer ruimte om koolzuur op te nemen. Al na 1 enkele nacht (rood) is het patroon drastisch veranderd: vergelijk met figuur 7. blauw: 3 dagen na overzetten



Fig. 10
Fluorescentie meetapparatuur om de effecten van omgevingsfactoren op de energie vastlegging in het licht te bestuderen.

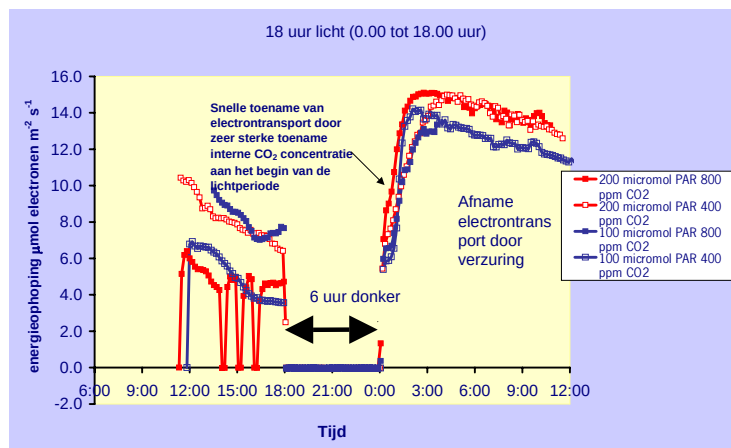


Fig. 11
Fluorescentiemetingen (zie ook figuur 10). De lijnen geven een voorbeeld hoe de lichtgevoeligheid van Phalaenopsis over de dag varieert. Deze waarneming illustreert duidelijk dat er een drievoudige toename is van de lichtgevoeligheid in de eerste 3 uur van de lichtperiode, waarna de gevoeligheid weer afneemt. Het patroon van de lichtgevoeligheid is afhankelijk van temperatuur (fig. 3b).

6.4 Conclusies regulering fotosynthese bij Phalaenopsis

- Huidmondjes in Phalaenopsis zijn het grootste deel van de lichtperiode gesloten om verdamping tegen te gaan. In het licht komt in het blad koolzuur vrij uit appelzuur. Het koolzuur wordt vervolgens direct omgezet in suiker en zetmeel voor de groei.
- Aan het eind van de lichtperiode gaan de huidmondjes open en wordt koolzuur opgenomen en gebonden als appelzuur. Wanneer de donkerperiode aanbreekt gaan de huidmondjes langzaam open.
- CO₂ doseren (tot 800 ppm) is waarschijnlijk alleen zinvol aan het einde van de donkerperiode (2 uur voor het licht wordt) en tijdens de overgang van licht naar donker (2-3 uur).
- Daglengte van 12-15 uur lijkt optimaal te zijn. Daglengte is minder kritisch dan verwacht. Aanpassing aan andere daglengte gaat snel (ongeveer 3 dagen).
- Lichtintensiteit (assimilatielicht + daglicht) is optimaal tussen 100 en 150 micromol = 8200 tot 12000 lux.
- Met fluorescentiemetingen bleek het mogelijk om het verloop van de energievastlegging tijdens de lichtperiode wanneer de huidmondjes gesloten zijn te bepalen.
- Er is een kwantitatieve correlatie tussen de gemeten fluorescentie in het licht en de koolzuuropname in het donker.
- Uit dit verband kan een methode ontwikkeld worden om de effecten van temperatuur en licht op de productie van Phalaenopsis te voorspellen. Er is een zeer grote variatie in de lichtgevoeligheid over de dag. Dit biedt goede mogelijkheden om lichtcondities en andere omgevingsfactoren zodanig te manipuleren dat een optimale productie gerealiseerd kan worden.

De fotosynthese is bij Phalaenopsis erg laag en varieert sterk. Het routinematig meten van de fotosynthese, om de teelt te optimaliseren, is wel mogelijk, maar kost veel tijd. Er lijkt echter een kwantitatieve correlatie tussen chlorofyl fluorescentie en de fotosynthese. Daardoor kunnen er eenvoudigere methodes ontwikkeld worden om effecten van omgevingsfactoren op de productie van Phalaenopsis te voorspellen.

6.5 Belangrijke vragen voor vervolg onderzoek

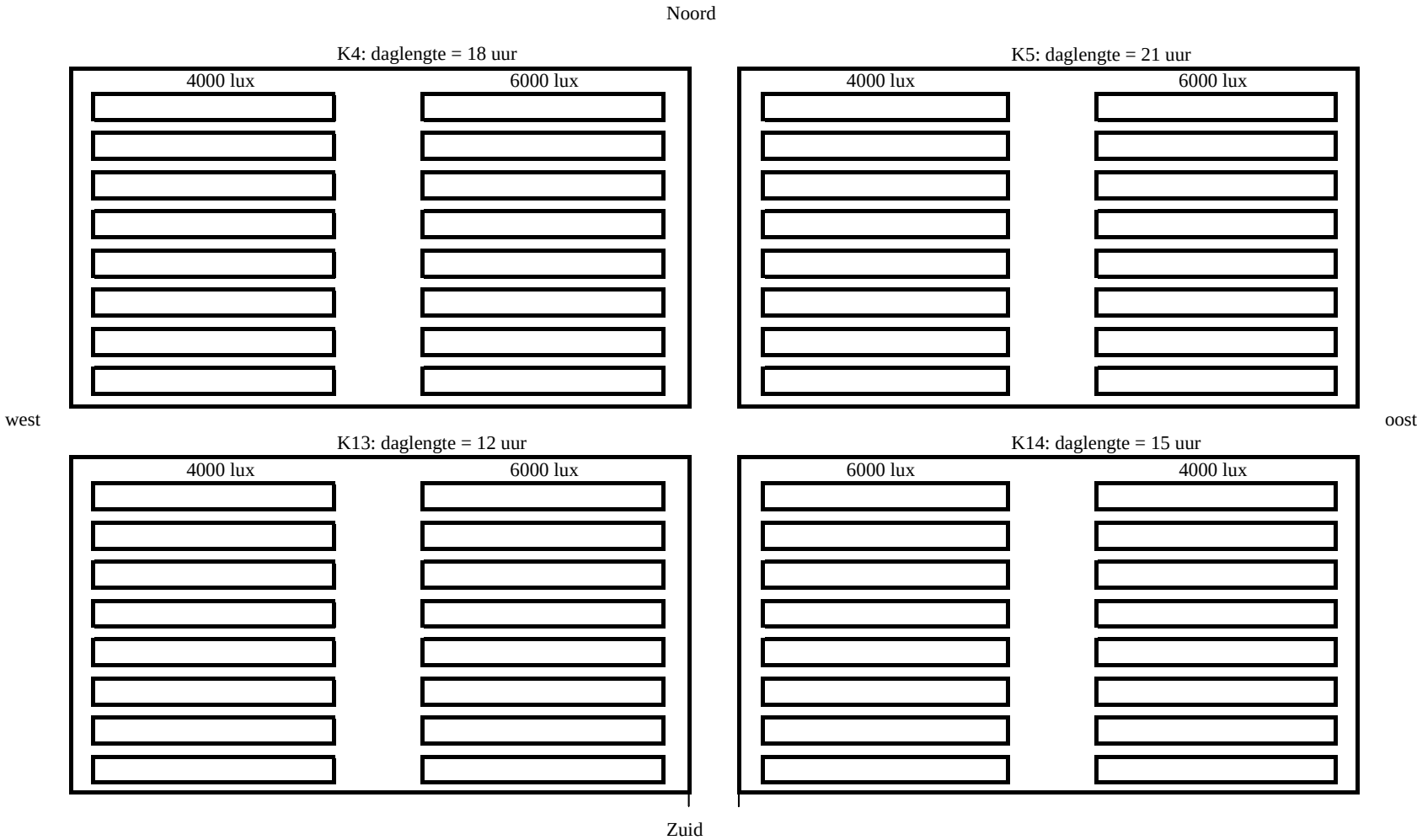
- Wat is de invloed van temperatuur op het dagverloop van CO₂ opname en energievastlegging?
- Geeft een gedifferentieerde lichtregeling hogere opbrengsten: lichtbehoefte is het grootst binnen 2 uur na de donkerperiode en neemt daarna met 70 - 80 % af. Hoe varieert de lichtgevoeligheid van Phalaenopsis over de dag? Wat is de optimale tijd voor bijbelichting?

Literatuur

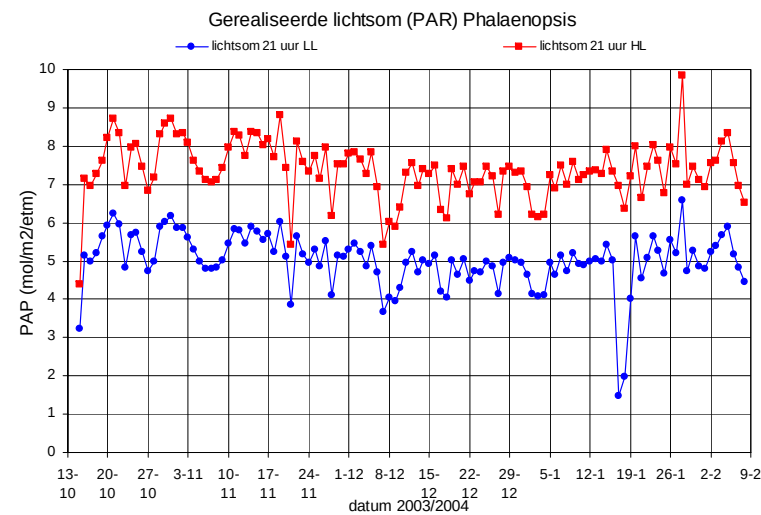
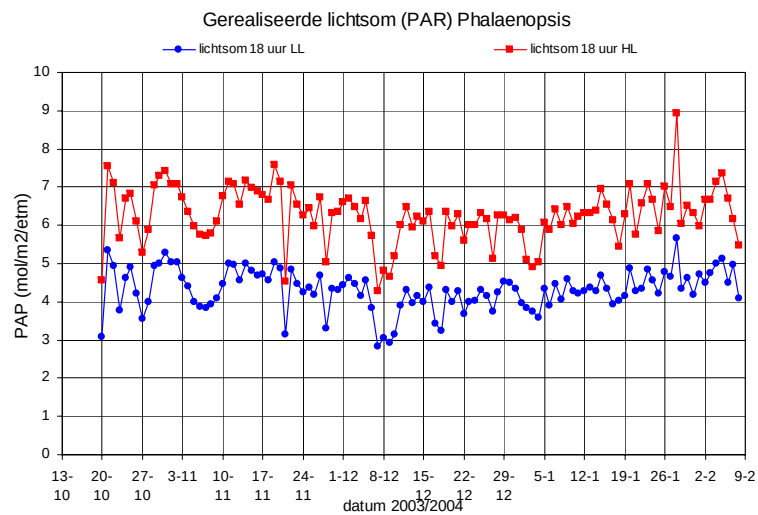
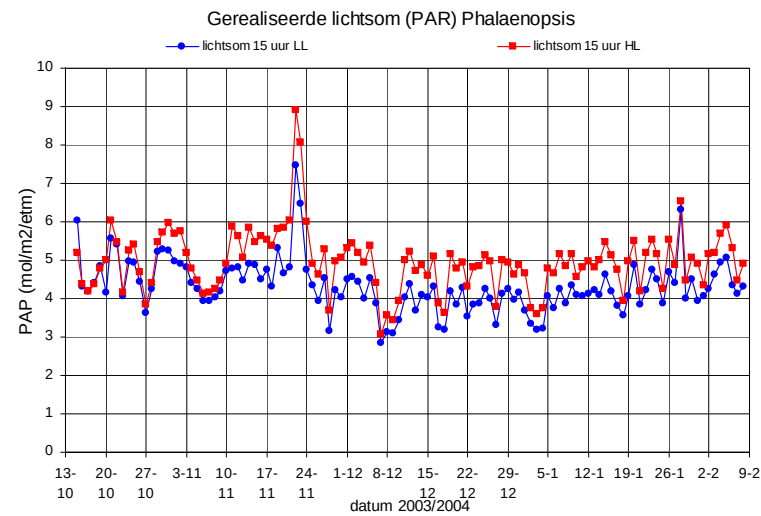
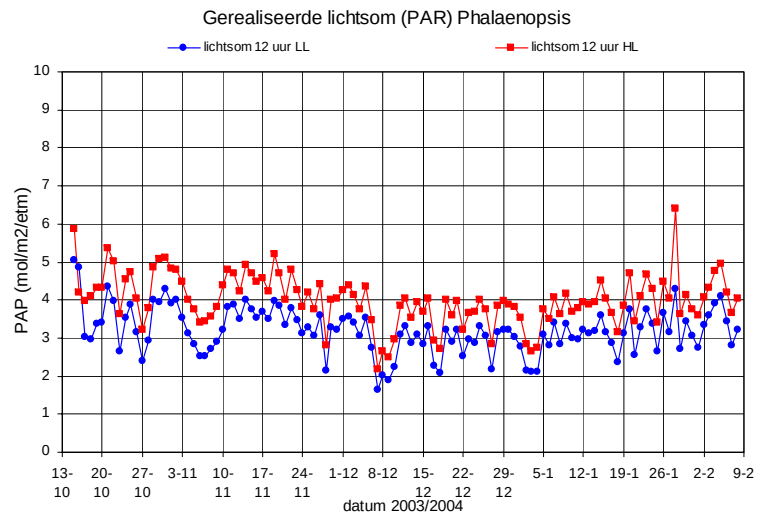
- Biometris, 2003. Biometris procedure library seventh edition. Wageningen (NL)
- GenStat, 2003. GenStat seventh Edition. VSN International Ltd, Hemel Hempstead (UK)
- Kromwijk, A., 2003. Voorkomen van voortakken bij Phalaenopsis. Invloed kastemperatuur op voortakken Phalaenopsis (Project 42-5207). PPO-rapport GT 12050.
- Lootens P, P. Vandecasteele en F. Verspeeten, 1999. Effect van het serreklimaat op de vegetatieve groei van Phalaenopsis - hybriden. Verbondsnieuws 4 pp. 28 – 29.
- Lootens P. and J. Heursel, 1998. Irradiance, temperature, and Carbon dioxide enrichment affect photosynthesis in Phalaenopsis hybrids. Hortscience 33(7): 1183 –1185.
- Warmenhoven, M.G., Marissen, N. en Kromwijk, J.A.M., 2003. Invloed van licht en CO₂ bij Phalaenopsis. PPO-rapport GT133017.

Bijlage 1 Plattegrond kasschema

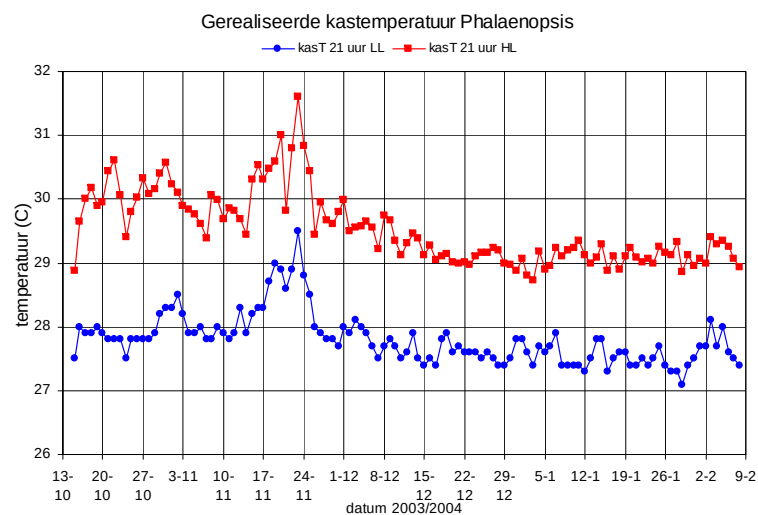
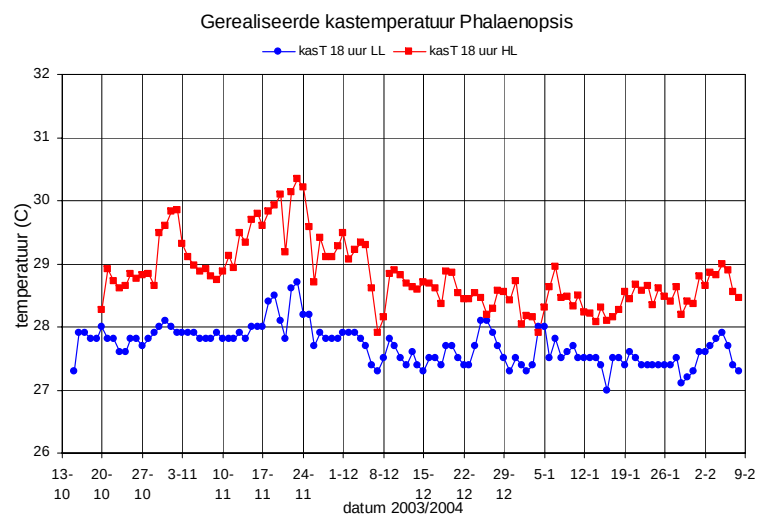
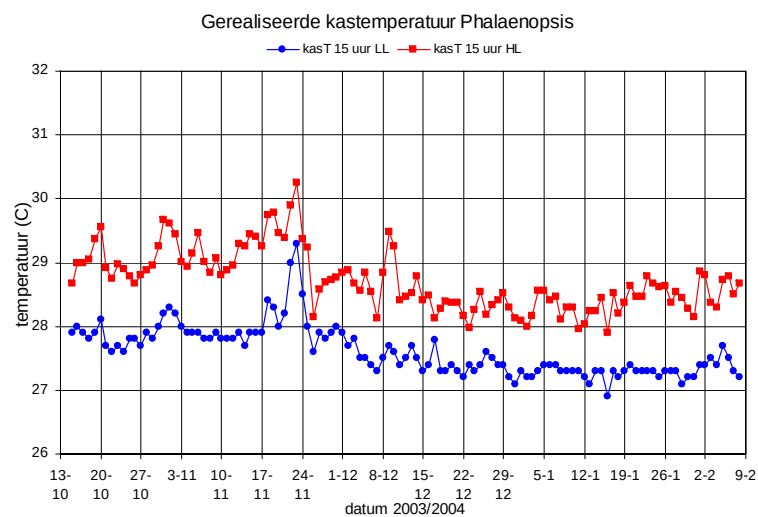
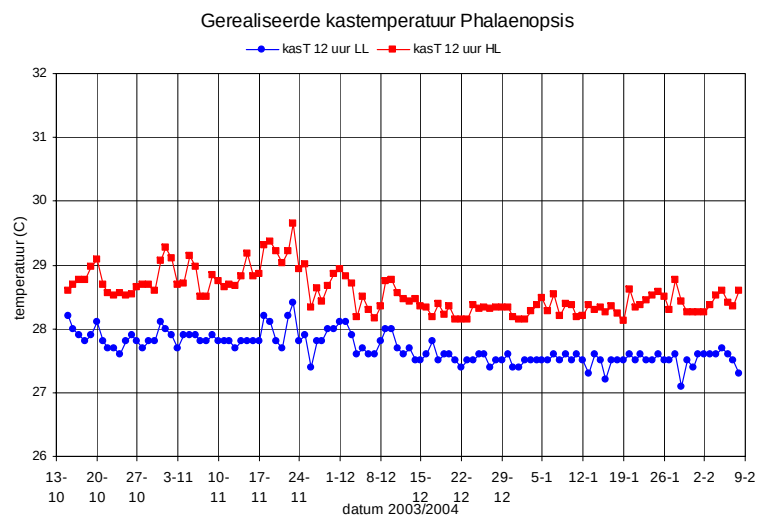
Veldnummers daglengte Phalaenopsis K4, 5, 13 en 14



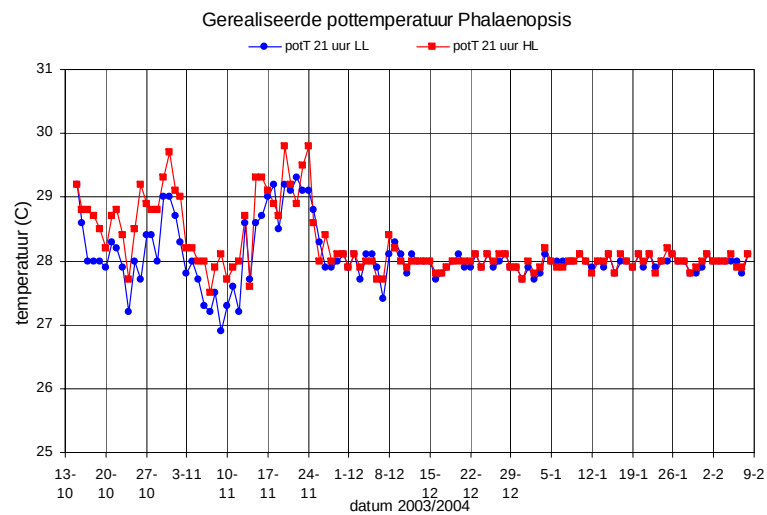
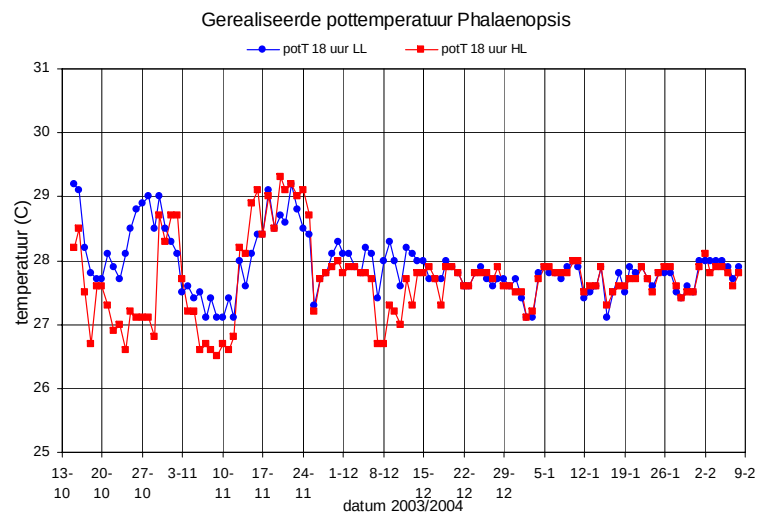
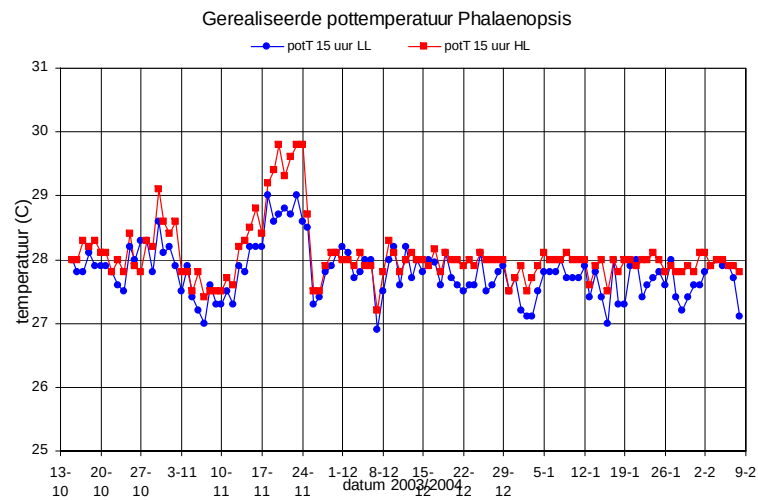
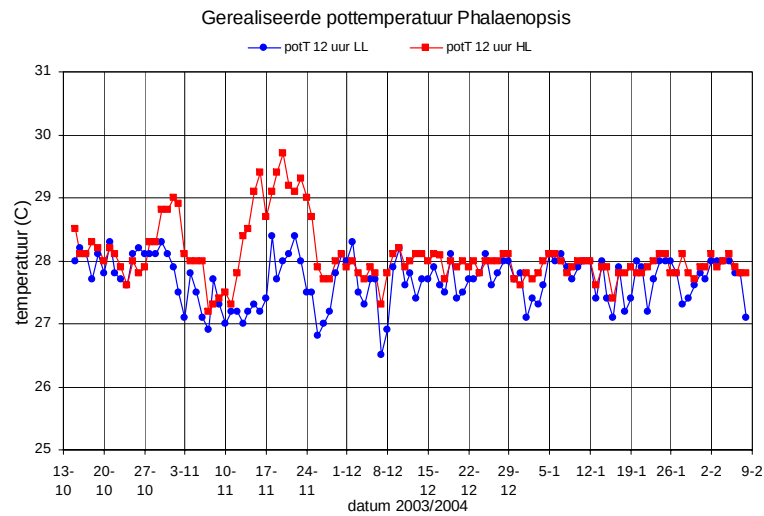
Bijlage 2 Lichtsom (PAR) per etmaal



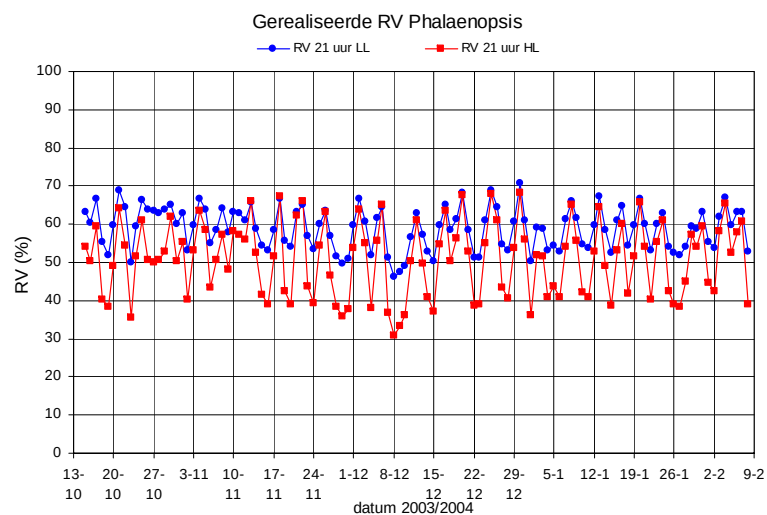
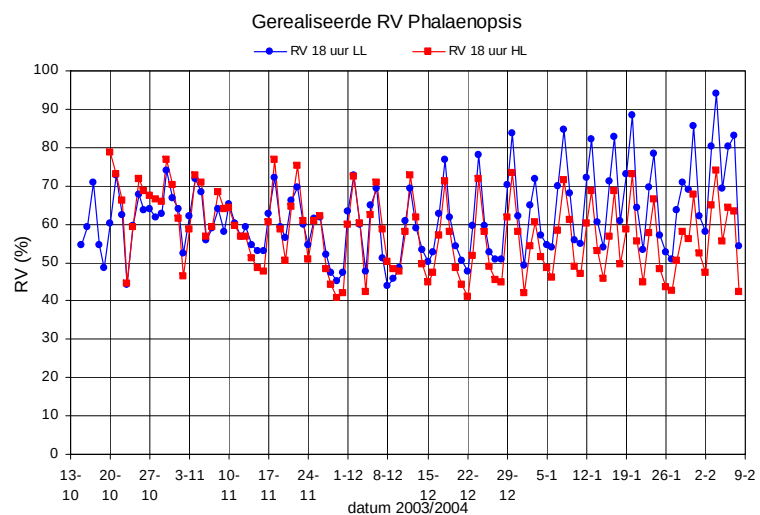
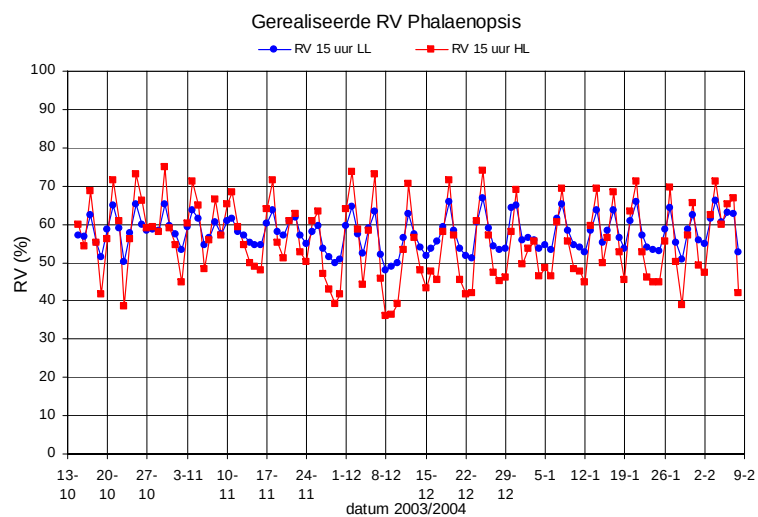
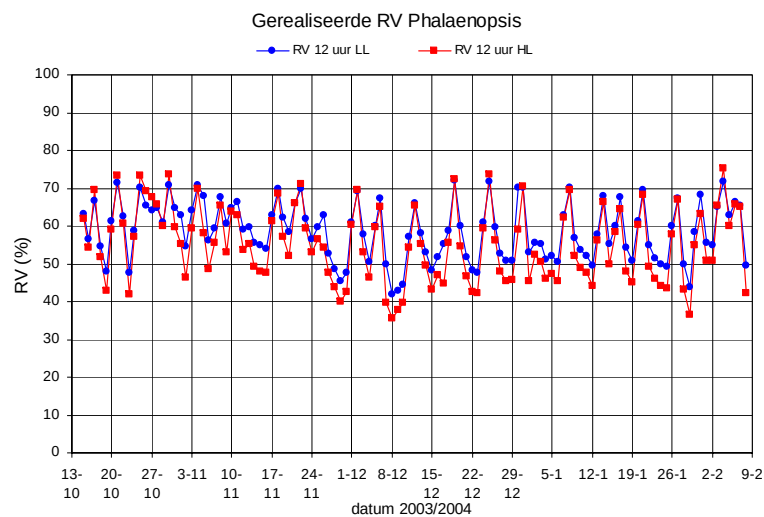
Bijlage 3 Etmaalgemiddelden kasttemperatuur



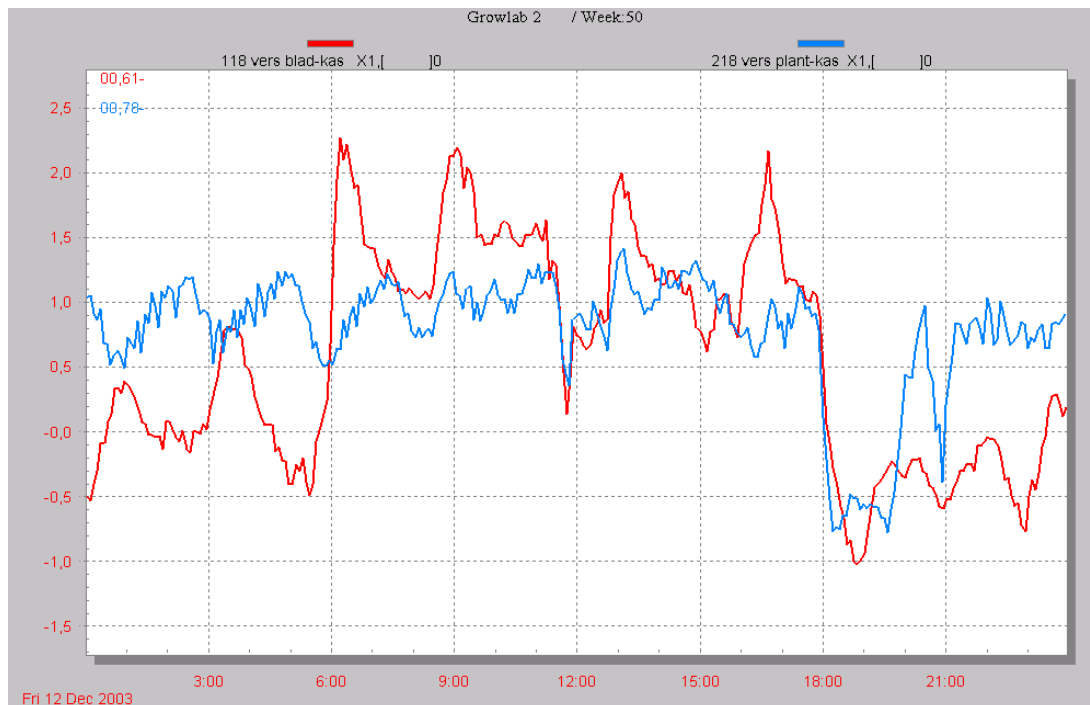
Bijlage 4 Etmaalgemiddelden pottemperatuur



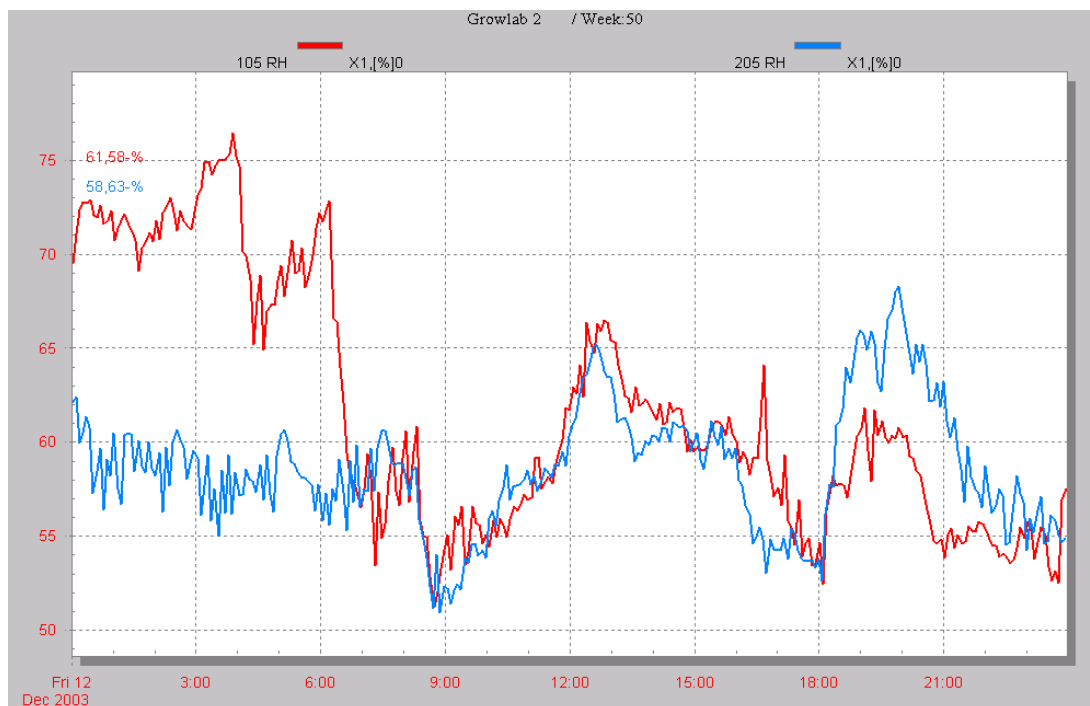
Bijlage 5 Etmaalgemiddelden relatieve luchtvochtigheid



Bijlage 6: Plantmonitor



Bladtemperatuur bij 21 uur daglengte (blauw) en 12 uur daglengte (rood) op 12 december 2003.



Relatieve luchtvochtigheid bij 21 uur daglengte (blauw) en 12 uur daglengte (rood) op 12 december 2003.

Bijlage 7 Gemiddelde meetwaarden per behandeling

Tabel 1: Beginwaarnemingen 23-10-2003

licht-niveau	dag-lengte	aantal bladeren	lengte blad 1 (cm)
LL	21	2.7	5.6
	18	2.7	5.4
	15	2.5	5.4
	12	2.6	5.7
HL	21	2.6	5.8
	18	2.7	5.4
	15	2.6	5.7
	12	2.7	5.5

Tabel 2: Tussenwaarnemingen 21-11-2003

licht-niveau	dag-lengte	aantal bladeren	lengte blad 1 (cm)	breedte blad 1 (cm)	lengte blad 2 (cm)	aantal wortelpunten
LL	21	1.7	14.6	5.4	1.6	7.6
	18	1.7	14.8	5.7	1.4	8.6
	15	1.7	15.1	5.8	1.2	7.9
	12	1.6	15.8	6.1	0.9	7.6
HL	21	1.8	14.2	5.2	1.6	10.4
	18	1.7	14.8	5.7	1.4	9.0
	15	1.7	15.2	5.7	1.3	8.2
	12	1.6	15.0	5.8	0.9	8.8

Tabel 3: Tussenwaarnemingen 15-12-2003

licht-niveau	dag-lengte	aantal bladeren	lengte blad 1 (cm)	breedte blad 1 (cm)	lengte blad 2 (cm)	breedte blad 2 (cm)	lengte blad 3 (cm)	aantal wortelpunten
LL	21	2.2	15.6	5.7	8.7	1.1	0.3	11.9
	18	2.1	16.3	6.0	8.1	0.8	0.2	8.7
	15	2.1	16.8	6.1	8.2	0.6	0.2	8.0
	12	2.1	17.6	6.5	7.0	0.6	0.1	6.6
HL	21	2.3	15.2	5.5	8.2	1.5	0.4	11.5
	18	2.2	16.1	5.9	8.6	1.2	0.3	8.1
	15	2.2	16.3	6.0	8.3	0.9	0.1	8.5
	12	2.1	16.6	6.1	7.1	0.4	0.1	7.9

Tabel 4: Tussenwaarnemingen 15-01-2004

licht-niveau	dag-lengte	aantal bladeren	lengte	breedte	lengte	breedte	lengte	breedte	lengte	breedte
			blad 1 (cm)		blad 2 (cm)		blad 3 (cm)		blad 4 (cm)	
LL	21	2.9	15.6	5.7	16.9	5.7	5.1	2.2	0.0	0.0
	18	2.7	16.3	6.0	16.8	5.8	3.2	1.5	0.0	0.0
	15	2.7	16.8	6.1	17.7	6.0	3.5	1.6	0.0	0.0
	12	2.6	17.6	6.5	16.7	6.1	2.4	1.0	0.0	0.0
HL	21	2.9	15.2	5.5	16.2	5.7	5.6	2.5	0.0	0.0
	18	2.8	16.1	5.9	16.7	5.7	4.1	1.9	0.1	0.0
	15	2.7	16.3	6.0	16.8	5.8	3.6	1.7	0.0	0.0
	12	2.6	16.6	6.1	17.0	5.9	2.3	1.1	0.0	0.0

Tabel 5: Eindwaarnemingen 04-02-2004

licht-niveau	dag-lengte	aantal bladeren	lengte	breedte	lengte	breedte	lengte	breedte	lengte	breedte	aantal wortel-punten
			blad 1 (cm)		blad 2 (cm)		blad 3 (cm)		blad 4 (cm)		
LL	21	3.4	15.6	5.7	18.9	6.1	11.5	3.5	1.2	0.0	11.7
	18	3.2	16.3	6.0	20.3	6.4	9.1	2.9	0.7	0.0	8.8
	15	3.2	16.8	6.1	20.9	6.6	9.3	2.6	0.5	0.0	6.9
	12	3.0	17.6	6.5	20.6	6.7	7.4	1.5	0.2	0.0	6.1
HL	21	3.5	15.2	5.5	18.2	6.0	12.4	3.8	1.5	0.1	13.1
	18	3.4	16.1	5.9	19.7	6.2	10.7	3.1	0.9	0.0	9.5
	15	3.2	16.3	6.0	20.0	6.3	9.5	2.6	0.6	0.0	9.4
	12	3.0	16.6	6.1	20.4	6.4	7.5	2.1	0.3	0.0	8.4

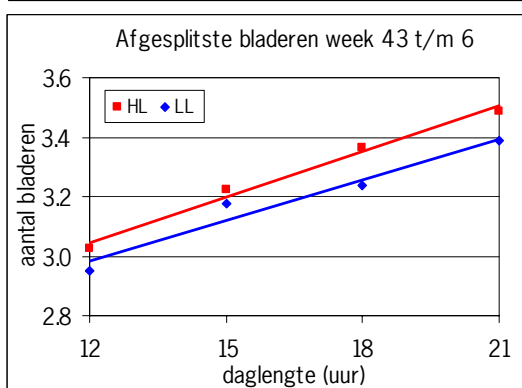
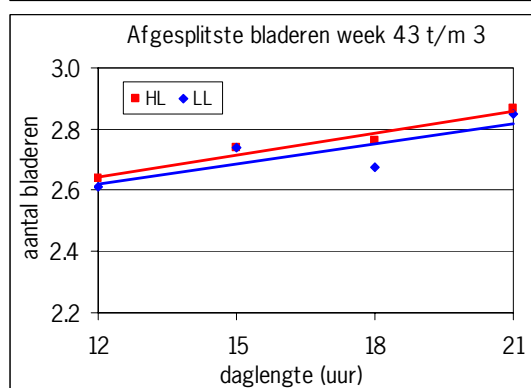
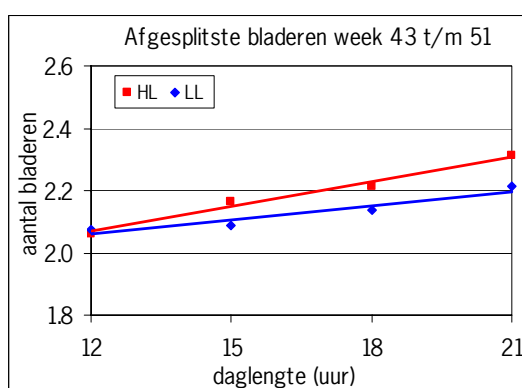
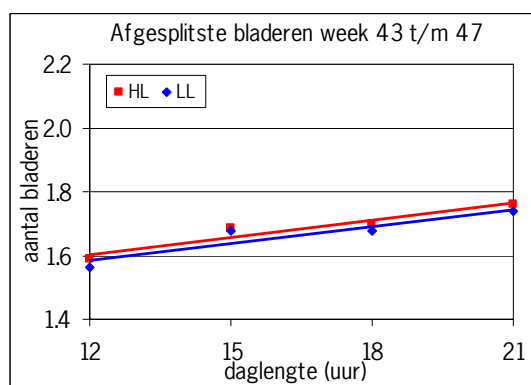
Tabel 6: Eindwaarnemingen vers- en drooggewicht 04-02-2004

licht-niveau	dag-lengte	vers-gewicht	vers-gewicht wortels (g)	vers-gewicht totaal (g)	droog-gewicht bladeren (g)	droog-gewicht wortels (g)	droog-gewicht totaal (g)	% drogestof	% drogestof wortels	% drogestof totaal
		boven-gronds (g)						boven-gronds		
LL	21	65.9	54.1	120.1	3.6	4.5	8.1	5.5	8.3	6.7
	18	70.4	50.5	120.8	3.7	4.1	7.8	5.3	8.1	6.5
	15	72.8	49.0	121.8	3.8	4.0	7.9	5.3	8.2	6.5
	12	76.2	49.2	125.4	3.9	3.9	7.7	5.1	7.8	6.2
HL	21	67.5	60.8	128.3	3.8	5.2	9.1	5.7	8.6	7.1
	18	72.0	55.0	127.0	3.9	4.7	8.6	5.5	8.6	6.8
	15	69.7	49.3	119.0	3.8	4.2	7.9	5.4	8.4	6.7
	12	71.3	45.9	117.3	3.8	3.8	7.6	5.3	8.3	6.5

Tabel 7: Eindwaarnemingen bladoppervlakte 04-02-2004

lichtniveau	daglengte	som blad- oppervlakte onder volgroeide bladeren bij start (cm2)	som blad- oppervlakte twee volgroeide bladeren bij start proef (cm2)	blad- oppervlakte blad 1 (cm2)	blad- oppervlakte blad 2 (cm2)	blad- oppervlakte blad 3 + 4 (cm2)	blad- oppervlakte totaal (cm2)
LL	21	47	123	69	83	56	378
	18	49	123	75	95	47	391
	15	52	126	79	98	48	402
	12	55	131	87	101	39	413
HL	21	48	131	66	80	61	386
	18	55	131	74	92	53	404
	15	51	127	74	92	47	392
	12	52	129	81	96	38	397

Bijlage 8 Figuren tussenwaarnemingen aantal bladeren



Bijlage 9 Foto's einde vegetatieve opkweek



Daglengte: 12 uur

15 uur

18 uur

21 uur

Foto 1: Halfwasplanten van de cultivar 'Snowapple' in week 6 – 2004 na 15 weken opkweek.



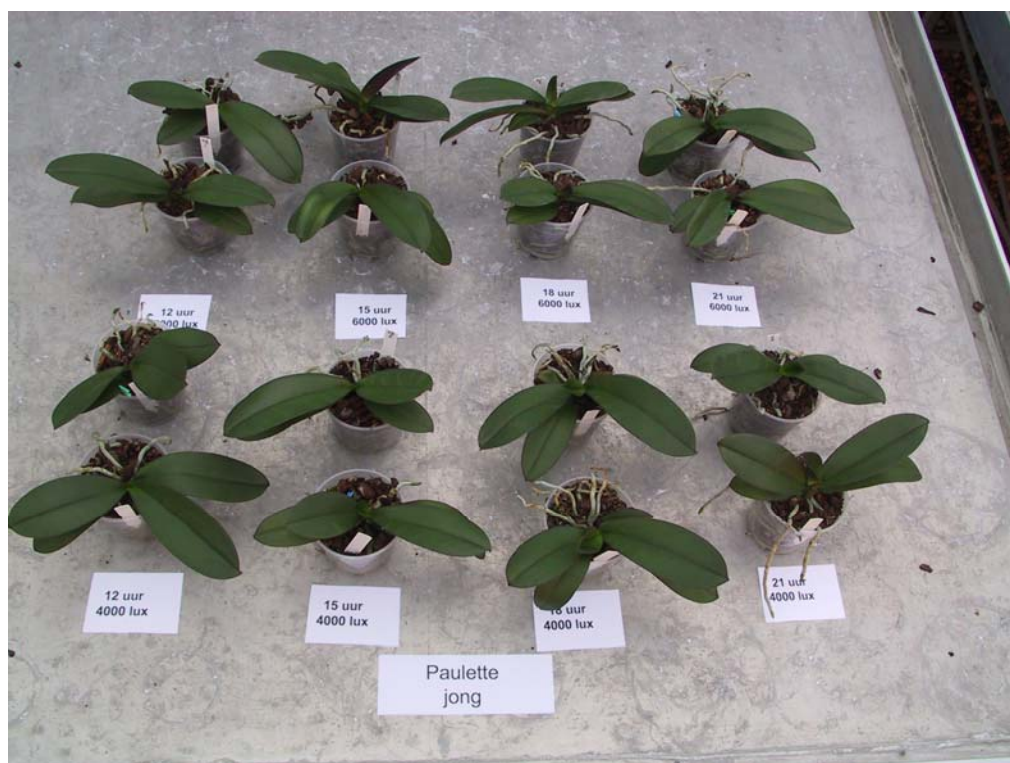
Daglengte: 12 uur

15 uur

18 uur

21 uur

Foto 2: Halfwasplanten van de cultivar 'Dimension' in week 6 – 2004 na 15 weken opkweek.



Daglength: 12 uur 15 uur 18 uur 21 uur

Foto 3: Jonge planten van de cultivar 'Paulette' in week 6 – 2004 na 15 weken opkweek.



Daglength: 12 uur 15 uur 18 uur 21 uur

Foto 4: Jonge planten van de cultivar 'Dimension' in week 6 – 2004 na 15 weken opkweek.