



CO₂ opname bij Phalaenopsis

Th.A. Dueck & E. Meinen





CO₂ opname bij Phalaenopsis

Th.A. Dueck & E. Meinen

© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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



Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1 Introductie	5
2 Materialen en Methoden	7
2.1 Plantmateriaal	7
2.2 Behandelingen	7
2.3 Metingen van CO ₂ gasuitwisseling	7
3 Resultaten en Discussie	9
3.1 Controle behandeling	10
3.2 Hoog CO ₂	11
3.3 Hoge dampdrukdeficiet (VPD)	12
3.4 Hoge temperatuur en hoge VPD	13
3.5 Snel vs. Langzaam groeiend ras	14
3.6 Jong vs. Oud blad	15
3.7 Lange vs korte dag/nacht cyclus	16
3.8 Conclusies	18
4 Referenties	19

Voorwoord

Het is in het belang van de teler efficiënt om te gaan met CO₂, en zeker bij een gewas zoals Phalaenopsis waarvan vele aspecten van CO₂ benutting nog grotendeels onbekend zijn. Phalaenopsis is een CAM plant waarbij CO₂ in principe 's nachts wordt opgenomen en wanneer het weer licht wordt, gaan de huidmondjes dicht en vindt fotosynthese plaats. Phalaenopsis telers zijn gebaat bij kennis over de wijze van CO₂ opname bij hun gewas en de factoren die de opname beïnvloeden zodat zij optimaal gebruik kunnen maken van de CO₂.

In opdracht van de Landelijke Pitorchideeën commissie heeft Wageningen UR Glastuinbouw het hier beschreven project uitgevoerd, dat zich richt op het in kaart brengen van de invloed van een aantal factoren op de CO₂ opname bij Phalaenopsis. Het project werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

Tom Dueck
Wageningen UR Glastuinbouw
Maart 2008

Samenvatting

Phalaenopsis is een CAM plant waarbij CO₂ in principe in het donker wordt opgenomen en gebonden in de vorm van appelzuur. Wanneer het weer licht wordt, gaan de huidmondjes dicht, komt CO₂ vrij en vindt fotosynthese plaats. Omdat er vele aspecten van de CO₂ opname bij Phalaenopsis nog onbekend zijn, is het van belang te weten welke invloed een aantal (klimaat)factoren op de CO₂ opname kunnen hebben. Daartoe is de invloed van een hoge CO₂ concentratie, een verhoogde temperatuur, verhoogde dampdrukdeficiet, en een korte of lange dag/nacht cyclus op de CO₂ opname van Phalaenopsis gemeten in plant fotosynthesekamers. Ook werd het verschil gemeten tussen een snel- en een langzaamgroeiende cultivar, alsook van jonge en oudere bladeren van Phalaenopsis.

Gebleken is dat de CO₂ opname niet gelijk begint als het donker wordt, maar komt pas na 1 uur op gang. Bij een 6/6 uur dag/nacht behandeling komt de CO₂ opname trager op gang dan bij een 12/12 uur dag/nacht behandeling. Een hoge CO₂ concentratie in de lucht verhoogt de CO₂ opname. Een verhoogde dampdrukdeficiet heeft weinig invloed op de CO₂ opname van Phalaenopsis, maar in combinatie met een verhoogde temperatuur (zomerse condities) wordt de CO₂ opname ernstig verstoord: bij een aanhoudende temperatuur van 32°C en een dampdrukdeficiet van 2.5 kPa vindt geen CO₂ opname plaats.

Bladeren van Phalaenopsis van verschillende leeftijd vertonen een verschillend CO₂ opname profiel. Jonge bladeren nemen CO₂ op in het licht waarmee ze een C3 metabolisme vertonen, terwijl oudere bladeren een CAM metabolisme vertonen (facultatief) en CO₂ opnemen overwegend in de donker periode. Het opname profiel van het snelgroeiende ras (White Moon) gebruikt in dit onderzoek verschilt niet van die van het langzaamgroeiende ras (Pink Twilight). Hiermee kan het verschil in groeisnelheid tussen beide rassen niet verklaard worden.

Het is duidelijk geworden dat Phalaenopsis een facultatief CAM plant is, dat mede veroorzaakt wordt door een verschil in CO₂ opname en benutting (fotosynthese) op het niveau van bladleeftijd.

1 Introductie

In het kader van het efficiënt omgaan met de CO₂ die kan worden geleverd door OCAP, is het van belang te weten hoe de opname van CO₂ plaatsvindt bij Phalaenopsis gedurende de dag/nacht cyclus.

Phalaenopsis is een CAM plant waarbij CO₂ in principe 's nachts wordt opgenomen en gebonden in de vorm van malaat (appelzuur). Wanneer het weer licht wordt, gaan de huidmondjes dicht. Vervolgens wordt CO₂ vrijgemaakt uit malaat en vindt fotosynthese plaats. In de literatuur (Schapendonk, 2005) wordt een patroon van CO₂ opname gedurende een etmaal voor CAM planten uiteen gezet, die zich onderscheidt in 4 fases. Deze worden hieronder in het kort weergegeven:

Fase 1. Donker. Huidmondjes zijn open en CO₂ wordt opgenomen, gebonden door PEP carboxylase met pyruvaat tot malaat (appelzuur) en opgeslagen in de vacuole.

Fase 2. Overgang van donker naar licht. De huidmondjes gaan sluiten, maar in het licht kan CO₂ alsnog opgenomen worden en binden aan rubisco (C3 metabolisme).

Fase 3. Licht. Huidmondjes zijn dicht en CO₂ wordt vrij uit malaat, waardoor het bindt met rubisco volgens het C3 metabolisme.

Fase 4. Overgang van licht naar donker. De huidmondjes gaan open, waardoor CO₂ alsnog kan opgenomen worden en binden aan rubisco (C3 metabolisme).

Echter, een aantal zogenaamde CAM-planten zijn facultatief CAM, d.w.z. dat de fotosynthese ook plaats kan vinden zoals bij een C3 plant, d.w.z. CO₂-opname in het licht.

Om de CO₂ dosering in de kas te optimaliseren zodat het aanbod aan CO₂ correspondeert met de vraag, is het nodig om het CO₂-opnameprofiel van Phalaenopsis te kennen. Is Phalaenopsis een obligate of facultatieve CAM-plant, oftewel, moet er alleen 's nachts, of ook gedurende (een deel van) de dag CO₂ gedoseerd worden? Daarom moet onderzocht worden welke factoren van invloed zijn op de CO₂-opname. Deze metingen kunnen inzicht geven in de werkelijk CO₂ opname van Phalaenopsis, en gebruikt kunnen worden bij de analyse van het project "Nachtbelichting en CO₂-dosering bij opkweek Phalaenopsis". Daarin worden twee verschillende CO₂-niveaus en twee verschillende dag/nachtcycli (ofwel belichtingscycli) onderzocht. Doel hiervan is om te bepalen welke positieve effecten er op de ontwikkeling van Phalaenopsis zijn en welke combinatie van CO₂ en belichting het gunstigst is. Er vindt in de proef continu CO₂-dosering plaats.

In dit project zijn CO₂-opname profielen gemaakt bij verschillende klimaatsfactoren die een rol kunnen spelen bij de CO₂ opname, en wanneer in de dag/nacht cyclus die effectief zijn. De CO₂-opname wordt gemeten onder verschillende omstandigheden gedurende een dag/nacht cyclus. Wanneer uit dit onderzoek blijkt dat bij bepaalde omstandigheden CO₂ dosering wel of geen voordeel biedt, dan is hiermee winst te behalen voor de kwekers.

In het hieronder beschreven project wordt nagegaan wat het effect is van een aantal factoren die van invloed kunnen zijn op CO₂ opname door Phalaenopsis gedurende een etmaal.

2 Materialen en Methoden

2.1 Plantmateriaal

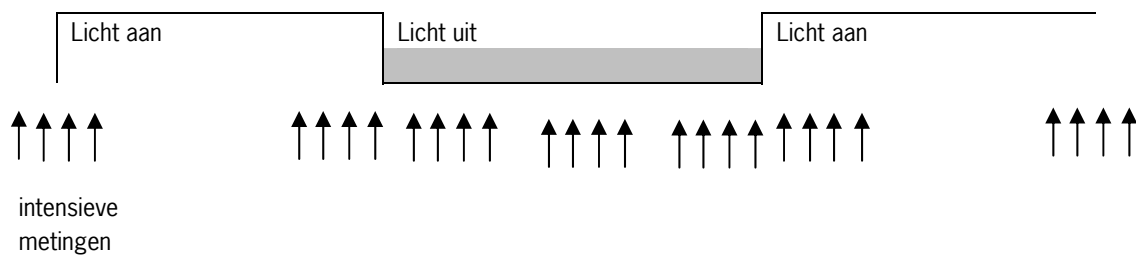
Voor het project "Nachtbelichting en CO₂ bij Phalaenopsis" werden verschillende cultivars van Phalaenopsis opgekweekt in klimaatkamers van Wageningen UR Glastuinbouw vanaf medio september 2007. Cultivars White Moon en Pink Twilight zijn gekozen voor de metingen; White Moon omdat het een snelgroeiende soort is, terwijl Pink Twilight bekend is als een langzaam-groeiende cultivar. In november bij een gewicht van 20-40 g versgewicht zijn ze in een aparte klimaatcel gezet voorafgaand aan de fotosynthese metingen.

2.2 Behandelingen

De planten werden in plant-fotosynthesekamers geplaatst waarmee de CO₂-opname gedurende de dag/nacht cyclus gemeten kon worden. Alle metingen werden in minimaal viervoud uitgevoerd. Om metingen aan alle planten tegelijk in beeld te kunnen krijgen, zijn planten op een 6 uur dag, 6 uur nacht cyclus ingesteld, waarbij de nacht plaatsvond van 10 tot 16 uur. De invloed van de volgende factoren op de CO₂-opname zijn onderzocht:

- CO₂ opname in relatie tot de groeisnelheid van de cultivar (snel- vs. langzaamgroeiende cultivar)
- CO₂ opname bij hoge dampdrukdeficiet (~lage relatieve luchtvochtigheid)
- CO₂ opname bij een hoge CO₂ concentratie (1000 ppm)
- CO₂ opname bij een korte dag/nacht cyclus in relatie tot een gangbare dag/nacht cyclus
- CO₂ opname bij jong, groeiende blad en bij ouder, volgroeid blad

De meerderheid van de metingen werden aan de snelgroeiende cultivar, White Moon, uitgevoerd en ter vergelijking één set van metingen met de langzaamgroeiende cultivar, Pink Twilight. Er werden 4 planten tegelijkertijd ingezet, 1 plant per cuvet. Tijdens een meting werd eerst aan één plant gemeten, en daarna aan de andere 3 kort na elkaar. Vervolgens wordt aan één plant continu (in de tijd) gemeten tot het volgende meettijdstip.



2.3 Metingen van CO₂ gasuitwisseling

De CO₂-gasuitwisseling op plant niveau werd uitgevoerd in 4 plantkamers (18 l), waarbij de spruit op een niet-destructieve wijze werd gescheiden van de wortels (inclusief eventuele bark deeltjes). De verbinding tussen de compartimenten werd luchtdicht afgedicht waardoor er geen gasuitwisseling mogelijk was tussen compartimenten. Alle gemeten gasuitwisseling vonden plaats uitsluitend aan de spruit.

De condities in het spruitcompartiment waren vergelijkbaar met die van de opkweek condities, 90 $\mu\text{mol PAR m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 28°C, 1 kPa VPD en 400 ppm CO₂. Vervolgens werd een plant in elk van 4 plantkamers gezet, en de verschillen in CO₂ en H₂O in de tijd werden gemeten met een infrarood gas analyser (IRGA, LI 6262 van Licor). De metingen werden continu uitgevoerd in de periode vóór, tijdens en na de donkerperiode.

Metingen zijn uitgevoerd bij verschillende klimaatcondities, die verder beschreven worden bij de resultaten.

3 Resultaten en Discussie

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de factoren die van invloed kunnen zijn op de CO₂ opname profielen, en de heersende condities in de plantkamer:

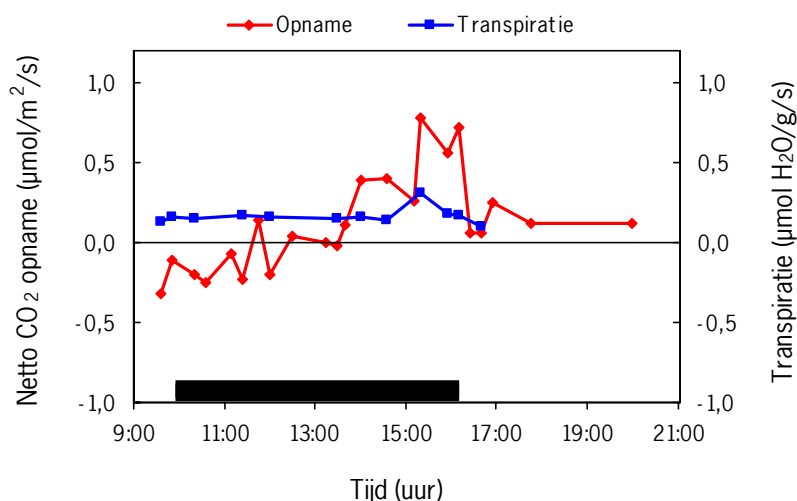
1. CO₂ opname bij laag en hoog CO₂.
De fotosynthesemetingen vonden plaats bij 400 ppm CO₂, 28.1°C en een dampdruk deficiet van 1.2 kPa. Vervolgens werden de metingen uitgevoerd bij 1000 ppm, 28.7°C en een dampdruk deficiet van 2.0 kPa.
2. CO₂ opname bij een lage relatieve luchtvochtigheid (RV), oftewel bij hoog VPD (dampdruk deficiet).
De fotosynthesemetingen werden uitgevoerd bij een dampdrukdeficiet van 2.5 kPa (ca. 35% RV), 28°C en 400 ppm CO₂, en vergeleken met een CO₂ opname bij een VPD van 1.2 kPa.
3. CO₂ opname bij een hoge temperatuur.
De fotosynthesemetingen werden uitgevoerd bij een temperatuur van 35.4°C, 2.4 kPa, en 400 ppm CO₂, en vergeleken met een temperatuur van 28°C.
4. CO₂ opname bij een snelgroeiende en langzaam groeiende cultivar.
Deze metingen zijn uitgevoerd bij vaste condities (28°C, 400 ppm CO₂ en een VPD van 1 kPa).
5. CO₂ opname bij jong en oud blad.
Deze metingen zijn uitgevoerd bij vaste condities (28°C, 400 ppm CO₂ en een VPD van 1 kPa).
6. CO₂ opname bij lange en korte dag/nacht cyclus.
Deze metingen zijn uitgevoerd bij vaste condities (28°C, 400 ppm CO₂ en een VPD van 1 kPa), waarbij alleen de duur van de dag en nacht verschilde, of 12 uur of 6 uur.

De resultaten volgen hieronder en worden per factor weergegeven.

3.1 Controle behandeling

In Figuur 1 wordt de CO₂ opname tijdens de donker periode (zwarte balk) en vervolgens in de overgang naar de licht periode toe weergegeven. In het begin van de donkerperiode (eerste 1.5 uur) vindt geen netto CO₂ opname plaats, maar wordt CO₂ afgegeven (respiratie). Pas na gemiddeld 4 uur donker begint de netto CO₂ opname en wordt een maximale opname van 0.78 μmol/m²/s bereikt. Deze observatie werd bevestigd door Guo & Lee (2006).

In een eerdere studie (Schapendonk, 2005) werd een hogere CO₂ opname gemeten van 2 tot 3.5 μmol CO₂/m²/s bij Phalaenopsis (andere cultivar). Daarin zijn metingen uitgevoerd op bladniveau, terwijl in deze studie de metingen zijn uitgevoerd bij hele planten. Echter, metingen aan oudere bladeren in deze studie (Fig. 6) laten CO₂ opnames zien van circa 1.75 μmol/m²/s, wat redelijk dezelfde orde is.



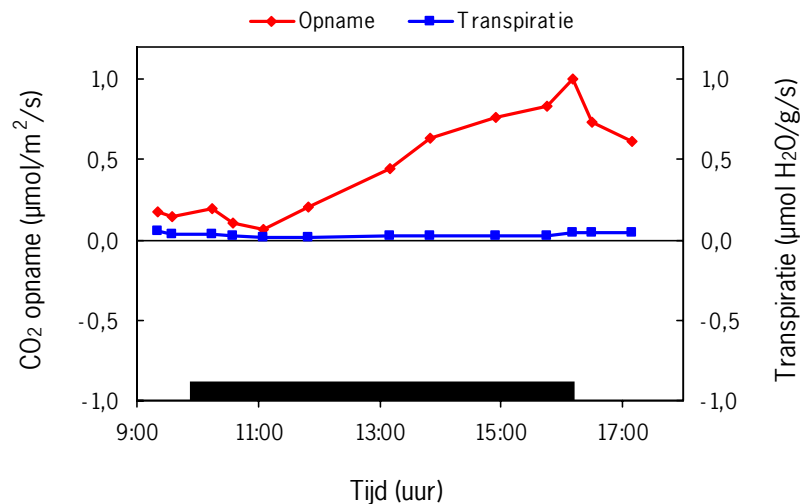
Figuur 1. CO₂ opname (μmol/m²/s), rode lijn en transpiratie (μmol H₂O/g/s), blauwe lijn gedurende de dag- en nachtperiode bij Phalaenopsis cv. White Moon. De zwarte balk geeft de donker periode aan. De metingen zijn uitgevoerd onder invloed van 90 μmol/m²/s lichtintensiteit en 400 ppm CO₂, bij 28.1 °C en 1.2 kPa dampdrukdeficiet. n=8.

In de eerste 25 minuten van de lichtperiode daalt de CO₂ opname weer, maar stopt niet helemaal. De CO₂ opname gaat door in de lichtperiode en bedraagt gemiddeld 0.12 μmol/m²/s. Dit gedrag komt overeen met de in de literatuur genoemde fase 2, waarbij CO₂ (uit de lucht) gebonden kan worden door PEP carboxylase, en als de huidmondjes niet gesloten zijn, ook door Rubisco volgens de C₃ metabolisme. Ook Schapendonk (2005) vond een geringe CO₂ opname in het licht van 0.2 tot 1 μmol/m²/s. Het is merkwaardig dat in Figuur 1 er in het licht om 9:00 er respiratie wordt gemeten en in het licht tussen 16:00 en 20:00 er een netto CO₂ opname wordt gemeten. Hetzelfde niveau van CO₂ opname zou verwacht mogen worden in beide lichtperiodes, maar het is ook mogelijk dat de CO₂ opname, waargenomen in de lichtperiode, uiteindelijk stopt en overgaat tot respiratie. Of de CO₂ opname gemeten in het licht veroorzaakt wordt door binding aan PEP carboxylase (volgens CAM metabolisme) of aan Rubisco (volgens C₃ metabolisme) of een combinatie van beide is onduidelijk.

Er is geen duidelijke relatie tussen transpiratie en de CO₂ opname waargenomen. Mogelijk zijn de transpiratiemetingen niet gevoelig genoeg om een uitspraak over de huidmondjesopening te kunnen doen. Uit de data in Figuur 1 lijkt de transpiratie namelijk gelijk in donker en licht, waaruit volgt dat de huidmondjesopening ook gelijk was.

3.2 Hoog CO₂

De invloed van een hoge CO₂ concentratie werd vervolgens getest. Planten werden blootgesteld aan 1000 ppm CO₂ waarna de CO₂ opname werd gevolgd in donker en in het licht. In de donkerperiode vond geen respiratie plaats zoals gemeten werd in de controle behandeling, maar werd een geringe netto CO₂ opname waargenomen. De maximale CO₂ opname was hoger vergeleken met de controle, en over de gehele meetperiode bleek een hoge CO₂ concentratie, in vergelijking met de controle, een positief effect te hebben op de CO₂-opname.



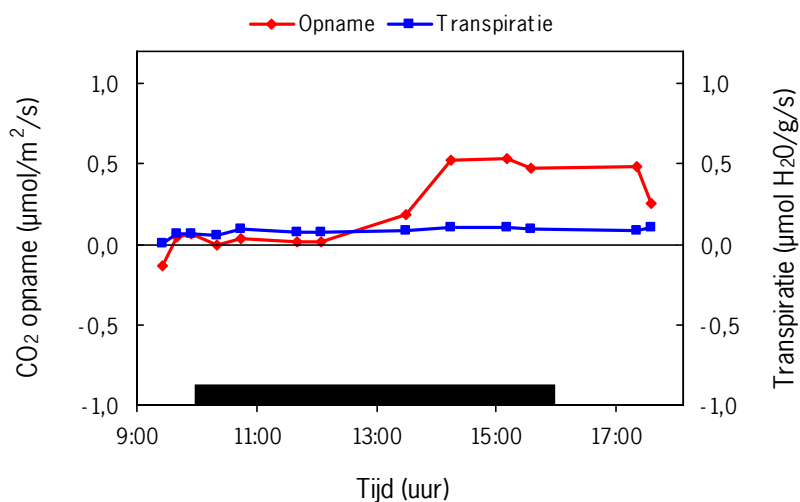
Figuur 2. CO₂ opname (µmol/m²/s), rode lijn en transpiratie (µmol H₂O/g/s), blauwe lijn gedurende de dag- en nachtperiode bij *Phalaenopsis* cv. *White Moon*. De zwarte balk geeft de donker periode aan. De metingen zijn uitgevoerd onder invloed van 90 µmol/m²/s lichtintensiteit en 1000 ppm CO₂, bij 28.7°C en 2.0 kPa dampdrukdeficiet. n=4.

Pas na 3 uur donker begon de netto CO₂ opname te stijgen en bereikte een maximaal niveau van 1 µmol/m²/s. Een half uur na de start van de lichtperiode vertoonde de CO₂ opname een sterk daling, maar net als bij de controle behandeling (400 ppm CO₂), ging de CO₂ opname door in de lichtperiode en was ook iets hoger dan in de controle. Deze eerste periode van licht (volgens literatuur fase 2, waarbij CO₂ uit de lucht gebonden kan worden zowel door PEP carboxylase (huidmondjes nog open) als door Rubisco, ging door tot de laatste meting, 70 min na einde donkerperiode. Kromwijk *et al.* (2005) vonden dat 800 ppm CO₂ een stimulerend effect had aan de CO₂ opname aan het begin van de donker periode, iets wat hier niet waargenomen werd.

Uit de resultaten blijkt dat verhoging van CO₂ gedurende de nacht maar een klein effect heeft op de CO₂ opname, een stijging van 0.78 naar 1 µmol/m²/s. Dit relatief kleine verschil tussen hoog en laag CO₂ komt volgens Kromwijk *et al.* (2005) en Schapendonk (2005) doordat het enzym (PEP carboxylase) dat verantwoordelijk is voor de CO₂-binding in het donker al zeer effectief is bij lage CO₂ concentraties, waardoor een hogere concentratie aan CO₂ geen toegevoegd effect heeft. De CO₂ opname gemeten door Schapendonk (2005) was hoger (3-4 µmol/m²/s) dan hier gemeten (tot ca. 1 µmol CO₂/m²/s). Dit komt waarschijnlijk doordat in deze studie de actueel opgenomen CO₂ werd gemeten, die vaak beperkt wordt door klimaatsfactoren zoals temperatuur en/of VPD, terwijl Kromwijk *et al.* (2005) en Schapendonk (2005) de elektronen transport snelheid (potentieel CO₂ opname) werd gemeten middels chlorofyl fluorescentie die daardoor hoger kan liggen.

3.3 Hoge dampdrukdeficiet (VPD)

Omdat in de praktijk de groei van *Phalaenopsis* in de zomer vaak wordt gekenmerkt door groei stagnatie, zijn er ook metingen uitgevoerd bij een hoge dampdrukdeficiet. Er is gekozen voor een VPD van 2.5 kPa (ca. 35% RV), maar bij de normale groei temperatuur, 28°C.



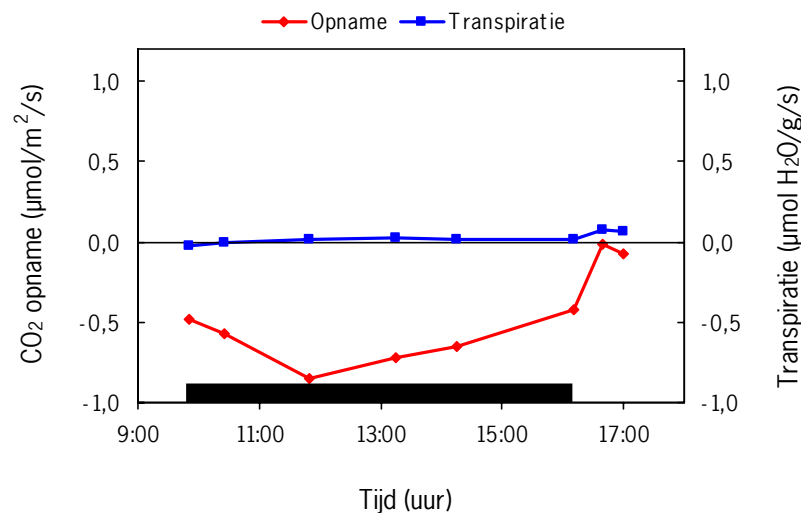
*Figuur 3. CO₂ opname (µmol/m²/s), rode lijn en transpiratie (µmol H₂O/g/s), blauwe lijn gedurende de dag- en nachtperiode bij *Phalaenopsis* cv. *White Moon*. De zwarte balk geeft de donker periode aan. De metingen zijn uitgevoerd onder invloed van 90 µmol/m²/s lichtintensiteit en 400 ppm CO₂, bij 28.0°C en 2.5 kPa dampdrukdeficiet. n=4.*

Volgens de hier uitgevoerde meting, is er maar een gering effect van een hoge dampdrukdeficiet op het verloop van de CO₂ opname. De maximale gemeten CO₂ opname bleek lager te zijn vergeleken met de controle (resp. 0.53 en 0.78 µmol CO₂/m²/s). Tijdens het begin van de donkerperiode (eerste 2 uur) werd er geen netto CO₂ opname waargenomen; die begon pas na 3.5 uur donker. Net zoals bij de controle behandeling en onder invloed van hoog CO₂, ging de CO₂ opname door in de eerste deel van de lichtperiode (fase 2), gebonden hetzij door PEP carboxylase (CAM), hetzij door Rubisco (C3). De CO₂ opname daalde weer 1.5 uur na de begin van de lichtperiode.

Een hoge VPD lijkt weinig invloed te hebben op de huidmondjesgedrag. Dit komt overeen met het typische CAM metabolisme waarin beschreven wordt dat het huidmondjesgedrag door malaat en CO₂ concentraties in het blad wordt geregeld (Kromwijk *et al.*, 2005). Wanneer de malaat concentratie daalt, daalt ook de CO₂ concentratie in het blad, waardoor de huidmondjes meer open gaan staan.

3.4 Hoge temperatuur en hoge VPD

Vervolgens werden *Phalaenopsis* planten blootgesteld aan een hoge VPD in combinatie met hoge temperatuur, om zomerse condities in de kas na te bootsen. Een hoge temperatuur in combinatie met hoge VPD had een zeer groot effect op de CO₂ opname. Er werd geen netto CO₂ opname gemeten in de donkerperiode, maar ook niet in de lichtperiode, terwijl transpiratie wel plaatsvond. In de lichtperiode daalde de CO₂ productie in vergelijking met die in de donkerperiode.



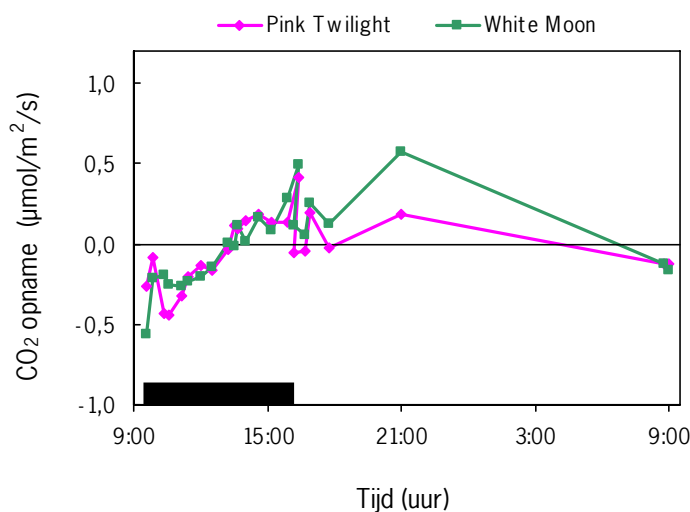
*Figuur 4. CO₂ opname (µmol/m²/s), rode lijn en transpiratie (µmol H₂O/g/s), blauwe lijn gedurende de dag- en nachtperiode bij *Phalaenopsis* cv. *White Moon*. De zwarte balk geeft de donker periode aan. De metingen zijn uitgevoerd onder invloed van 90 µmol/m²/s lichtintensiteit en 400 ppm CO₂, bij 35.4°C en 2.4 kPa dampdrukdeficiet. n=4.*

Het beeld in Figuur 4 suggereert dat de huidmondjes 's nachts gesloten zijn, en dat er geen CO₂ opname plaats heeft gevonden. Het effect van een hoge temperatuur op de CO₂ opname lijkt niet onafhankelijk te zijn van de VPD, en het lijkt duidelijk dat een combinatie van beide klimaatsfactoren een sterk remmende invloed hebben op de CO₂ opname. Onder grote stresscondities kunnen CAM planten overgaan op zogenaamde "CAM-indeling". De huidmondjes gaan dan niet meer open en de CO₂ wordt gebruikt die vrijkomt uit respiratie (Warmenhoven *et al.*, 2003) Toch lijkt het effect van temperatuur te overheersen t.o.v. een hoge VPD, gezien het effect van hoge VPD bij een normale temperatuur (Fig. 3). Bij een hoge temperatuur wordt de permeabiliteit van de vacuole voor malaat verhoogd (Kromwijk *et al.*, 2005), waardoor het eerder uit de vacuole weg kan lekken. Dat houdt in dat bij hoge temperaturen 's nachts, het mogelijk is dat malaat minder goed opgeslagen en vastgehouden wordt in de vacuole, waardoor CO₂ opname geremd en/of gestopt wordt.

3.5 Snel vs. Langzaam groeiend ras

Er is weinig verschil tussen de snelgroeiende White Moon en de langzaamgroeiende Pink Twilight voor wat betreft CO₂ opname gedurende de nacht. Bij het begin van de donkerperiode, de eerste 3 uur, is er geen netto CO₂ opname. Pas na 4 uur donker begint de netto CO₂ opname. In het licht is er maar op één tijdstip (21.00 uur) een duidelijk hoger CO₂ opname gemeten bij White Moon waardoor de CO₂ opname veel hoger blijkt te zijn t.o.v. de opname bij Pink Twilight, al is er een grote mate van variatie tussen individuele planten. Er zijn verder tijdens de lichtperiode geen CO₂ opname metingen uitgevoerd. Als White Moon gedurende de hele lichtperiode een hogere CO₂ opname vertoont dan zou dit de groeiverschillen kunnen verklaren.

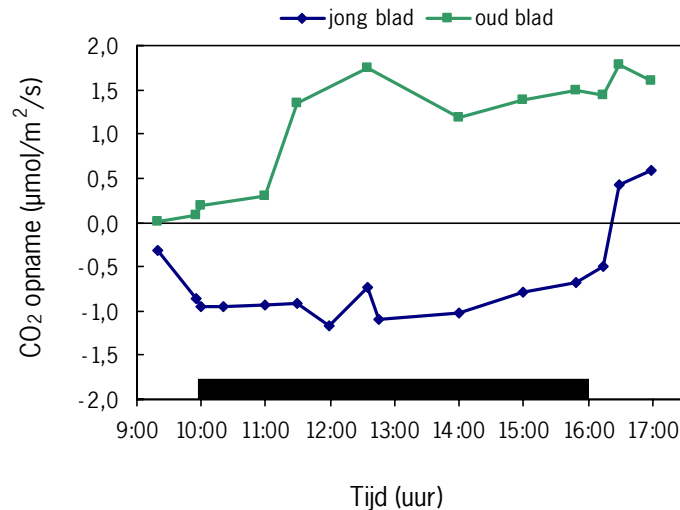
In deze metingen is het lichtperiode ongewoon lang geweest (18 uur), waarin de CO₂ opname wordt niet gehandhaafd in de lichtperiode, maar daalt uiteindelijk voor beide rassen naar 0.



Figuur 5. CO₂ opname (µmol/m²/s) gedurende de dag- en nachtperiode bij twee cultivars van Phalaenopsis, t.w. White Moon (roze lijn) en Pink Twilight (groene lijn). De zwarte balk geeft de donker periode aan. De metingen zijn uitgevoerd onder invloed van 90 µmol/m²/s lichtintensiteit en 400 ppm CO₂, bij 28.0°C en 1.0 kPa dampdrukdeficiet. n=4.

3.6 Jong vs. Oud blad

Bladleeftijd heeft een groot effect op de CO₂ opname van *Phalaenopsis*. Jong blad neemt 's nachts geen CO₂ op, maar vertoont respiratie. Pas als het licht wordt komt na circa een half uur de netto CO₂ opname op gang. Het jonge blad vertoont dus geen CAM metabolisme, maar C3 metabolisme zoals ook gevonden is door Guo & Lee (2006). Het oude blad neemt in het donker CO₂ op volgens het CAM metabolisme. CO₂ opname stijgt aanzienlijk 1.5 uur na de start van de donkerperiode tot 1.75 μmol/m²/s. Na 1 uur licht is de CO₂ opname nog steeds hoog en bedraagt 1.61 μmol/m²/s.



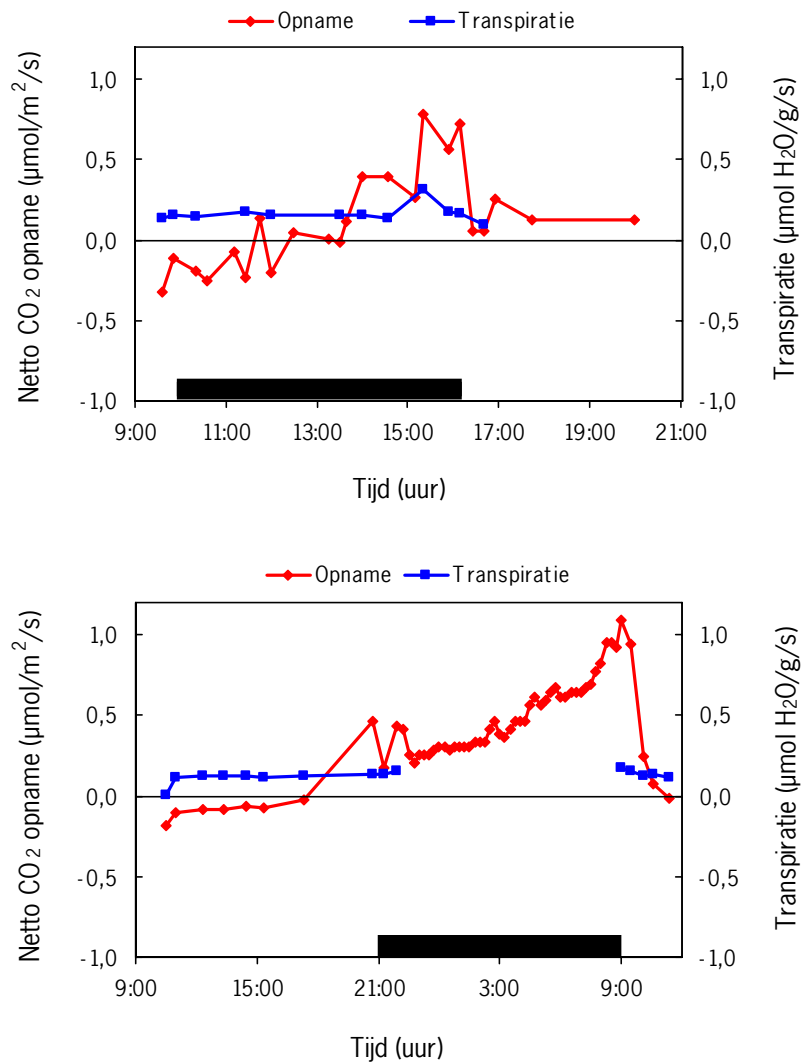
*Figuur 6. CO₂ opname (μmol/m²/s) gedurende de dag- en nachtperiode bij *Phalaenopsis* cv. *White Moon* op jonge bladeren (blauwe lijn) en oudere bladeren (groene lijn). De zwarte balk geeft de donker periode aan. De metingen zijn uitgevoerd onder invloed van 90 μmol/m²/s lichtintensiteit en 400 ppm CO₂, bij 28.7°C en 1.5 kPa dampdrukdeficiet. n=4.*

Door deze resultaten moeten de CO₂ opname profielen mogelijk herzien worden, omdat deze grafiek (jong vs. oud blad) aangeeft dat *Phalaenopsis* in staat is om op twee verschillende manieren tegelijkertijd CO₂ op te nemen. Kromwijk *et al.* (2005) vonden dat CO₂ opname al begon vóór de donker periode en dat 800 ppm CO₂ de CO₂ opname stimuleerde aan het begin van de donker periode. Dit werd hier niet waargenomen, maar dit zou mogelijk verklaard kunnen worden door het tegenovergestelde opname patroon tussen jong en oud blad, welke een overlap vertoont tijdens de overgang van licht naar donker.

In eerdere studies (Kromwijk *et al.*, 2005; Schapendonk, 2005) werd aan één *Phalaenopsis* blad tegelijk gemeten, en men vond dat er relatief weinig CO₂ opname gemeten kon worden overdag. Hier wordt duidelijk dat het anders kan liggen: wanneer gemeten wordt aan een hele plant, zullen het jonge blad zich als C3 gedragen en dus ook CO₂ op kunnen nemen overdag. Wel is het zo dat de opname erg laag is, waardoor het moeilijk te meten is. Wanneer de CO₂ opname van een *Phalaenopsis* plant of gewas wordt beschouwd, kan dat wel degelijk een andere beeld geven dan wanneer de focus alleen op oudere of alleen op jonge bladeren van *Phalaenopsis* is.

Alle andere metingen in dit rapport zijn gedaan aan intacte planten. Dat betekent dat de gemeten CO₂ opname een combinatie was van beide type bladeren (jong blad - C3 en oud blad - CAM). De CO₂ opname die gemeten wordt aan hele planten in het donker lijken plaats te vinden uitsluitend door het oude blad.

3.7 Lange vs korte dag/nacht cyclus



*Figuur 7. CO₂ opname ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), rode lijn en transpiratie ($\mu\text{mol H}_2\text{O}/\text{g}/\text{s}$), blauwe lijn gedurende de dag- en nachtperiode bij *Phalaenopsis cv. White Moon* bij een nacht van 6 uur (boven) en 12 uur (onder). De zwarte balk geeft de donker periode aan. De metingen bij lage CO₂ (boven) zijn uitgevoerd onder invloed van $90 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ lichtintensiteit en 400 ppm CO_2 , bij 28.1°C en 1.2 kPa dampdrukdeficiet en de metingen bij hoge CO₂ (onder) onder invloed van $90 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ licht intensiteit en 400 ppm CO_2 , bij 27.8°C en 0.6 kPa dampdrukdeficiet. $n=4$.*

Over het algemeen is het CO₂ opname patroon redelijk vergelijkbaar tussen de lichtregimes 12/12 en 6/6. In het donker is er netto CO₂ opname en in de lichtperiode vindt respiratie plaats. Wel zijn er verschillen te zien tussen beide patronen. Bij de 12/12 behandeling start al vóór de donkerperiode de netto CO₂ opname, terwijl bij 6/6 dit 4 uur duurt. Direct bij de start van de donkerperiode, stijgt de CO₂ opname in de 12/12 uur behandeling waarna het weer daalt tot 0 na 2.5 uur na het einde van de donkerperiode. Bij de 6/6 behandeling, daalt ook de CO₂ opname direct bij de start van de lichtperiode, maar de netto CO₂ opname wordt niet 0, maar bedraagt gemiddeld $0.12 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Het feit dat het bij het 6/6 regime 5 uur duurt voor er CO₂ opname plaats vindt kan resulteren in een lagere malaatconcentratie. Dat betekent dat de fotosynthese in de lichtperiode mogelijk beperkend is bij 6/6 als de capaciteit voor binding tot malaat beperkend is in de donkerperiode. Dat zou kunnen resulteren in minder groei. De

planten zouden dit echter kunnen opvangen door in het licht de huidmondjes te openen en CO₂ op te nemen door binding aan Rubisco (C3), m.n. door jongere bladeren. Bij de bovenste Figuur (6/6) zou je dan vóór 10:00 al CO₂ opname moeten meten en dat zien we niet. Na 16:00 is er echter wel CO₂ opname.

We hebben gemeten dat jong blad overdag CO₂ vastlegt en C3 metabolisme vertoont. Dus de resultaten sluiten niet uit dat de lagere CO₂ opname in het donker bij 6/6 gecompenseerd wordt door CO₂ opname overdag waardoor de fotosynthese gelijk kan zijn tussen 6/6 en 12/12 uur licht/donker.

CAM metabolisme wordt meestal gestimuleerd door korte dag omstandigheden, maar ook het omgekeerde werd waargenomen bij *Kalanchoë* (Warmenhoven *et al.*, 2005). Uit de resultaten hier blijkt dat een 6/6 regime zeker niet beter is vergeleken met een 12/12 regime. De resultaten geven geen inzicht in de manier waarop CO₂ wordt opgenomen (CAM of C3).

Met betrekking tot de interpretatie van de hier gepresenteerde resultaten kan het volgende gezegd worden. Er is CO₂ opname gemeten als maat voor de fotosynthese. Bij C3 metabolisme wordt opgenomen CO₂ direct gebruikt voor de fotosynthese, maar bij CAM metabolisme wordt het opgenomen CO₂ eerst opgeslagen in de vorm van malaat. Pas in het licht wordt CO₂ weer vrijgemaakt en gebruikt voor fotosynthese. Het meten van CO₂ opname is dus bij CAM metabolisme een indirecte manier om de potentiële fotosynthese te bepalen, want het is niet zeker dat het opgenomen CO₂ ook daadwerkelijk voor fotosynthese gebruikt wordt. Zoals eerder genoemd is het mogelijk bij hoge temperaturen dat malaat weglekt uit de vacuole en de opgeslagen CO₂ dus niet meer gebruikt kan worden voor fotosynthese.

3.8 Conclusies

- De CO₂ opname van Phalaenopsis cv. White Moon begint niet gelijk als het donker wordt bij 6/6 licht/donker, maar komt na 1 uur op gang. Bij 12/12 licht/donker begint het al voordat het donker wordt.
- Bij een 6/6 uur dag/nacht behandeling komt de CO₂ opname trager op gang dan bij een 12/12 uur dag/nacht behandeling.
- Een hoge CO₂ concentratie in de lucht heeft een positief effect op de CO₂ opname in de donker periode, en ook in het licht is de CO₂ opname hoger.
- Een verhoogde dampdrukdeficiet heeft weinig invloed op de CO₂ opname van Phalaenopsis, maar in combinatie met een verhoogde temperatuur (zomerse condities) wordt de CO₂ opname ernstig verstoord.
- Het opname profiel van het snelgroeende ras White Moon verschilt niet van die van het langzaamgroeende ras Pink Twilight, en verklaard dus niet het verschil in groeisnelheid tussen beide rassen.
- Bladeren van Phalaenopsis van verschillend leeftijd vertonen een verschillende CO₂ opname profiel. Jong blad vertoont een C3 metabolisme en neemt CO₂ op in het licht. Oudere bladeren daarentegen vertonen een overwegend, maar niet uitsluitend, CAM metabolisme (facultatief).
- In het donker lijkt het doseren van CO₂ een minder effect te hebben dan in het licht. Omdat fotosynthese vindt plaats in het licht door jonge bladeren, kan het zinvol kan zijn overdag CO₂ te doseren, tenzij licht beperkend is.
- Voorkom een té hoge temperatuur in combinatie met een hoge VPD in de kas. Onder deze condities wordt geen CO₂ opgenomen. Waarschijnlijk blijven de huidmondjes 's nachts gesloten.

4 Referenties

Guo, W.-J. & Lee, N., 2006.

Effect of leaf and plant age, and day/night temperature on net CO₂ uptake in *Phalaenopsis amabilis* var. *formosa*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131: 320-326.

Kromwijk, A., N. van Mourik, H. Schüttler, P. van Os, R. Werwijn & A. Schapendonk, 2005.

Daglengthe en lichtintensiteit bij Phalaenopsis. PPO rapport 41717008 en 41717016.50 blz.

Schapendonk, A.C.H.M., 2005.

Belichting Phalaenopsis. Plant Dynamics. 21 blz.

Warmenhoven, M., N. Marissen & J.A.M. Kromwijk, 2003.

Invloed van licht en CO₂ bij Phalaenopsis. PPO rapport GT133017. 17 blz.

Warmenhoven, M., N. Marissen & F. van Noort, 2005.

Crassulaceën-metabolisme in Kalanchoë. PPO rapport 41313009. 27 blz.

