

Effecten van temperatuur op de fotosynthese van Cymbidium

Ad Schapendonk (Plant Dynamics BV)
Arca Kromwijk (PPO)



Productschap  Tuinbouw

Plant Dynamics B.V.

Gefinancierd door Productschap Tuinbouw

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Glastuinbouw
Maart 2005

Projectnummer: 417-17091

Plant Dynamics BV

Englaan 8

6703EW Wageningen

Tel. : 0317 - 482348

Fax : 0317 - 478301

E-mail : mail@plant-dynamics.nl

Internet : www.plant-dynamics.nl

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Linnaeuslaan 2a

: 1431 JV Aalsmeer

Tel. : 0297-352 525

Fax : 0297-352 270

E-mail : infoglastuinbouw.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 INLEIDING	4
1.1 Omrekeningsfactoren voor licht	4
2 MATERIAAL EN METHODEN	5
3 FOTOSYNTHESEMETINGEN	5
4 EFFECTEN VAN GROEI-TEMPERATUUR OP FOTOSYNTHESE	8
4.1 Fotosynthesemetingen in relatie tot licht	8
4.2 Fotosynthesemetingen in relatie tot CO ₂	10
5 EFFECTEN VAN SNELLE TEMPERATUURWISSELINGEN OP FOTOSYNTHESE	11
6 FLUORESCENTIEMETINGEN	13
7 CONCLUSIES	15

1 Inleiding

Naar aanleiding van een onderzoekvraag van de LTO commissie Cymbidium omtrent optimale teeltomstandigheden in relatie tot bloei, is een onderzoek gestart naar de effecten van de temperatuur op de bloei van Cymbidium. Bloei-inductie vraagt om een lage temperatuur, maar dat zou kunnen leiden tot een sterk verminderd aanbod van assimilaten door remming van de fotosynthese. Indirect kan deze remming door lage temperatuur leiden tot irreversibele beschadiging van de bladeren (fotoinhibitie), zichtbaar als geelverkleuring van de bladeren, vooral na periodes met hoge lichtintensiteit. In dat geval zou het raadzaam zijn om een compromis te zoeken tussen de meest optimale temperatuur voor bloeinductie en de fotosynthese zodat beide processen in balans blijven.

In het hier beschreven experiment is de assimilatie van Cymbidium bij lage temperatuur in kaart gebracht en is tevens de interactie met licht en CO₂ gekwantificeerd.

De metingen zijn uitgevoerd door de in fotosynthesemetingen gespecialiseerde onderneming Plant Dynamics B.V. in 2005 (week 3 en 4) op het PPO in Aalsmeer.

1.1 Omrekeningsfactoren voor licht

	daglengte uren	stralingssom J/cm ² per dag
januari	8.0	233
februari	9.7	478
maart	11.8	827
april	13.8	1345
mei	15.3	1748
juni	16.4	1808
juli	16.2	1764
augustus	14.6	1541
september	12.7	1025
oktober	10.7	603
november	8.8	291
december	7.6	173

	µmol/Klux
SON-T Plus 600 W	11.9
SON-T Agro 400W	12.0
GreenPower 400W	12.4
GreenPower 600W/230V	12.4
GreenPower 600W/400V	13.1

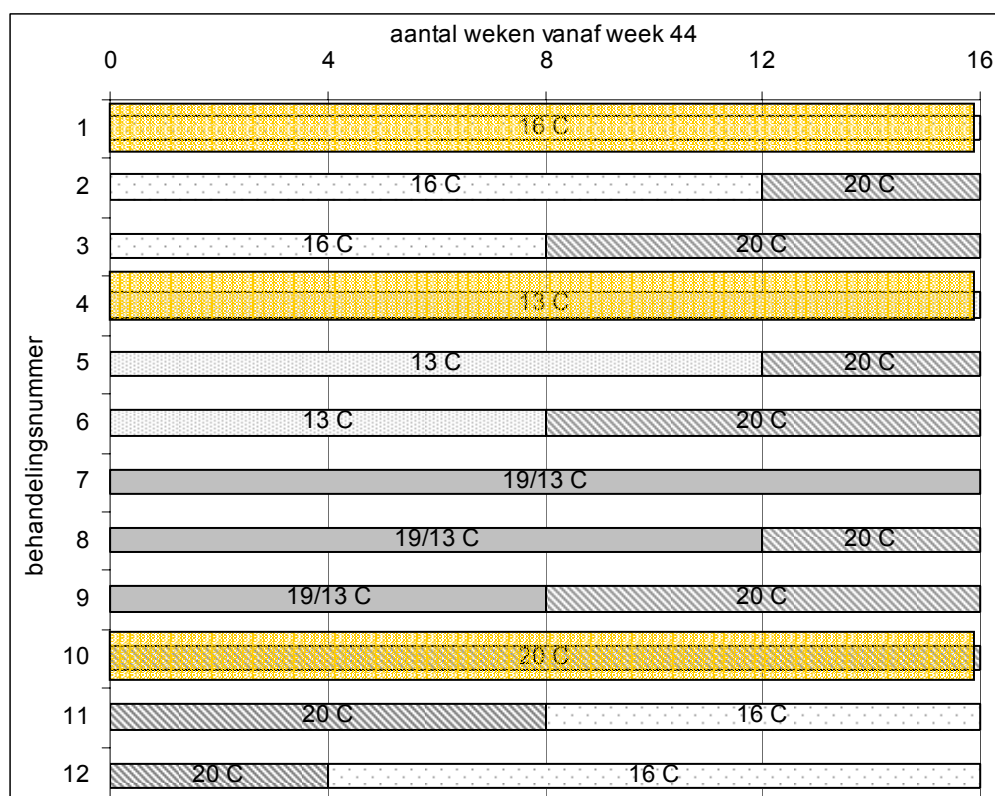
PAR (transmissie kasdek 75%)			greenpower 600W/400V	
100 µmol (= 175 J/cm ² ;8uur)	(=)	60 W/m ² globaal buiten	(=)	7600 lux
500 µmol (= 1750 J/cm ² ;16uur)	(=)	300 W/m ² globaal buiten	(=)	45600 lux

optimale lichtbenutting
lichtverzadiging

$$1 \text{ Watt/m}^2 \text{ PAR (daglicht)} = 4.56 \text{ } \mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ PAR}$$

2 Materiaal en Methoden

In week 3 en 4 van het jaar 2005 zijn fotosynthesemetingen verricht aan 3 temperatuur behandelingen: behandlingsnummer 10 (kas 112), 4 (kas 109) en 1 (kas 114), respectievelijk 20, 13 en 16 °C.



Metingen zijn uitgevoerd met de LiCor 6400 en een Growlab monitoring opstelling voorzien van een Hoogendoorn plantivity meter. In de meetcuvette van de LiCor 6400 kunnen lichtintensiteit, CO₂ concentratie, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid worden gevarieerd. Bij de cultivars 'Yonina' en 'Arcadian' is de fotosynthese onderzocht bij verschillende lichtintensiteiten. Verder zijn het verloop over de dag, de CO₂ response en de korte-termijn temperatuur response in de 13 °C behandeling van Arcadian in kaart gebracht.

3 Fotosynthesemetingen

Met de LiCor-6400 zijn metingen van fotosynthese, fluorescentie en verdamping verricht. Met rode en blauwe LED's wordt in de afgesloten cuvette de gewenste lichtintensiteit ingesteld en in een vaste volgorde van laag naar hoog gevarieerd. Om de effecten van CO₂ concentratie te bestuderen werd de lucht die door de meetcuvette stroomde eerst voorbehandeld en op de gewenste CO₂ concentratie en luchtvochtigheid afgesteld.

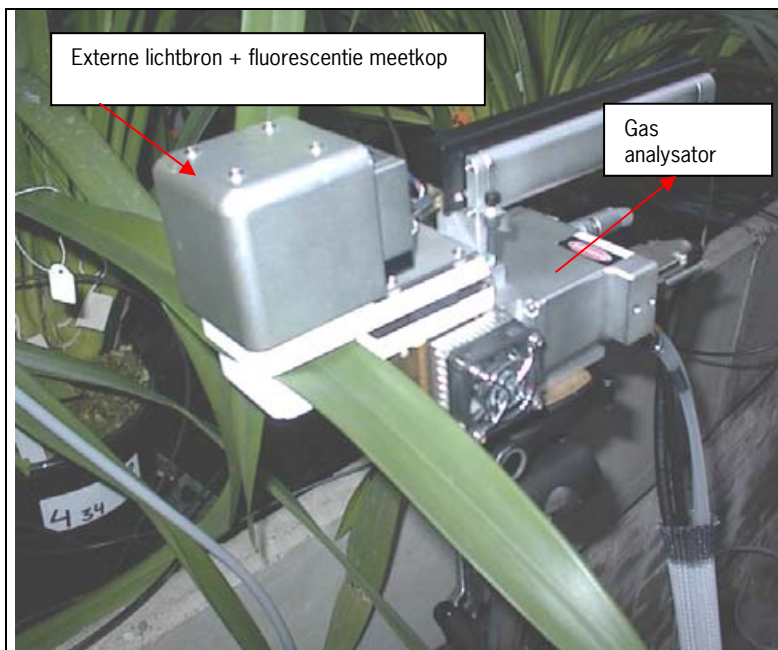


Fig. 1

LiCor-6400 meetapparatuur. Metingen zijn uitgevoerd met de LiCor 6400. In de meetcuvette van deze apparatuur kunnen de lichtintensiteit, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de reactie van de fotosynthese op deze veranderingen bepaald worden. De standaardcondities tijdens de metingen waren zoveel mogelijk gelijk aan de kascondities tenzij anders vermeld.



Fig. 2

Metingen met Growlab monitoring apparatuur:

- Bladtemperatuur.
- Luchttemperatuur.
- Fluorescentie/Stress metingen met de Plantivity meter.

Gedurende de maand januari werden in de 20 graden en de 13 graden behandeling elke 5 minuten waarnemingen gedaan die vervolgens gebruikt werden om de dagelijkse groei te berekenen.

Meetperiodes:

1. 20 januari-24 januari
10.30u metingen bij Arcadian 20 °C.
2. 24 januari- 28 januari
Arcadian 13 °C.

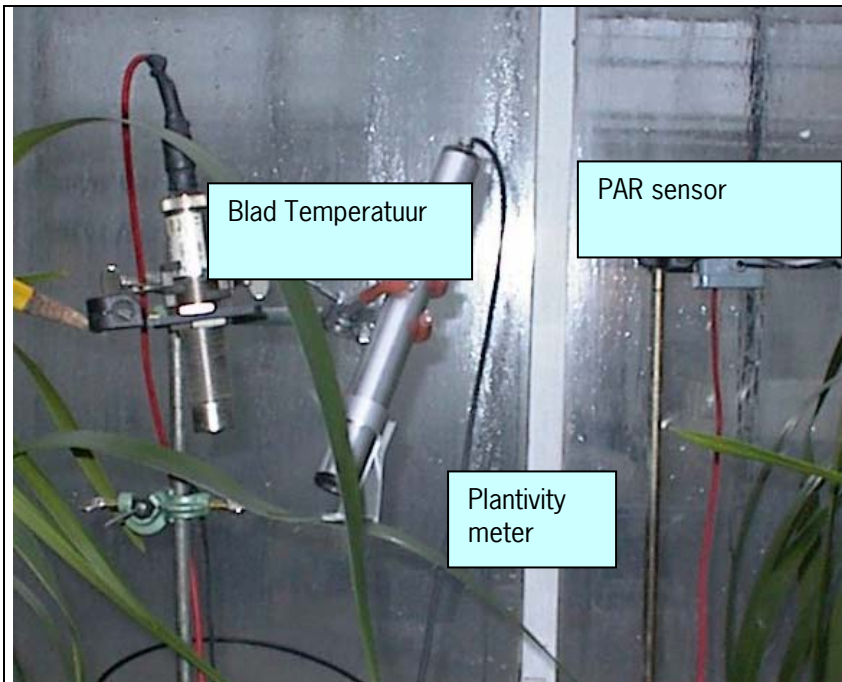


Fig. 3

Fluorescentie metingen

Detectie van geaccumuleerde stress in planten is belangrijk om tijdig maatregelen te kunnen nemen om de negatieve effecten van stress op de groei en ontwikkeling van kasgewassen tegen te gaan. De balans tussen groei en de hoeveelheid straling die door de plant wordt geabsorbeerd dient in evenwicht te zijn. De plant kan dit realiseren dmv regulering van de fotosynthese en de aanmaak van pigmenten die de plant beschermen als er teveel energie door het blad wordt geabsorbeerd (oxidatieve stress). Met behulp van fluorescentie parameters die werden geregistreerd met de plantivity meter wordt onderzocht of de temperatuur effecten op de langere termijn schade kunnen veroorzaken.



Fig. 4

De Plantivity meter meet elke 5 minuten met behulp van een zeer gevoelige sensor de verschillen tussen de basisfluorescentie van het bladgroen en de maximale fluorescentie tijdens een zeer krachtige korte lichtpuls. Tevens wordt de lichtintensiteit gemeten die op dat moment het blad bereikt via natuurlijk daglicht of assimilatie licht. Op basis van de gemeten lichtintensiteit en de verhouding tussen de basis fluorescentie en de maximale fluorescentie kan de energieopslag in de chloroplasten worden bepaald. Deze informatie maakt het mogelijk om de fotosynthese en de momentane groei te schatten.

Tijdens de metingen met de LiCor 6400 bij verschillende lichtintensiteiten werd de CO₂ concentratie op 600 ppm gehandhaafd. Om opwarming van de lucht in de cuvette te voorkomen werd de lucht met een Peltier koeling exact geregeld op de temperatuur in de kas. Door de wisselingen tussen de temperatuurbehandelingen was het onvermijdelijk om de luchtvochtigheid in de cuvette af te stemmen op de temperatuur. Vooral bij het verplaatsen van het meetinstrument van de hoge naar de lage temperatuur moest de vochtconcentratie worden verlaagd om condensatie te voorkomen. Hierdoor kan de RV tussen de behandelingen enkele procenten verschillen. Uit controle metingen bleek dit niet van invloed op de gepresenteerde resultaten. Alle metingen zijn verricht aan het 3^e volgroeide blad tenzij anders vermeld.

4 Effecten van groei-temperatuur op fotosynthese

4.1 Fotosynthesemetingen in relatie tot licht

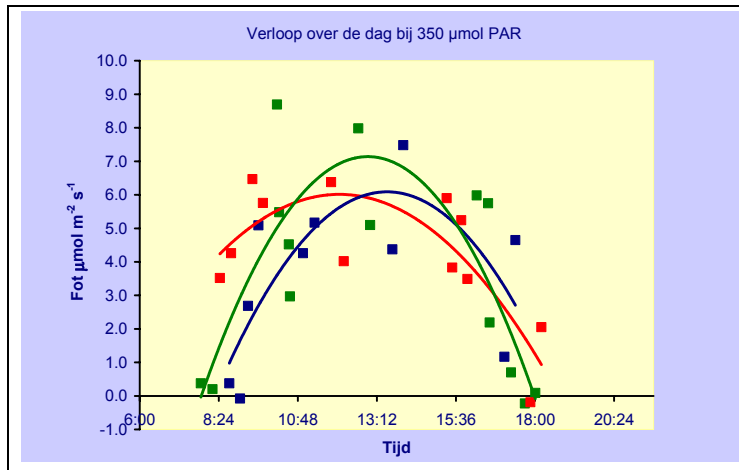


Fig. 5. Het verloop van de fotosynthese over de dag bij 3 kastemperaturen (rood 20 °C, groen 16 °C en blauw 13 °C) gemeten bij een constante lichtintensiteit van 350 µmol m⁻² s⁻¹ PAR. Metingen aan beide cultivars. De variatie in de fotosynthese wordt niet door variatie in licht veroorzaakt maar door andere omgevingsfactoren of intern ritme. Dat gecombineerd voor beide cultivars.

Het verloop van de fotosynthese volgt een intern ritme dat voornamelijk wordt bepaald door de openingstoestand van de huidmondjes (fig. 5). De metingen zijn namelijk allemaal bij dezelfde lichtintensiteit van 350 µmol m⁻² s⁻¹ PAR verricht en toch wordt een duidelijk dagverloop zichtbaar. 's Ochtends is er een temperatuurafhankelijke toename. De afname in de middag is echter niet afhankelijk van de behandelingstemperatuur.

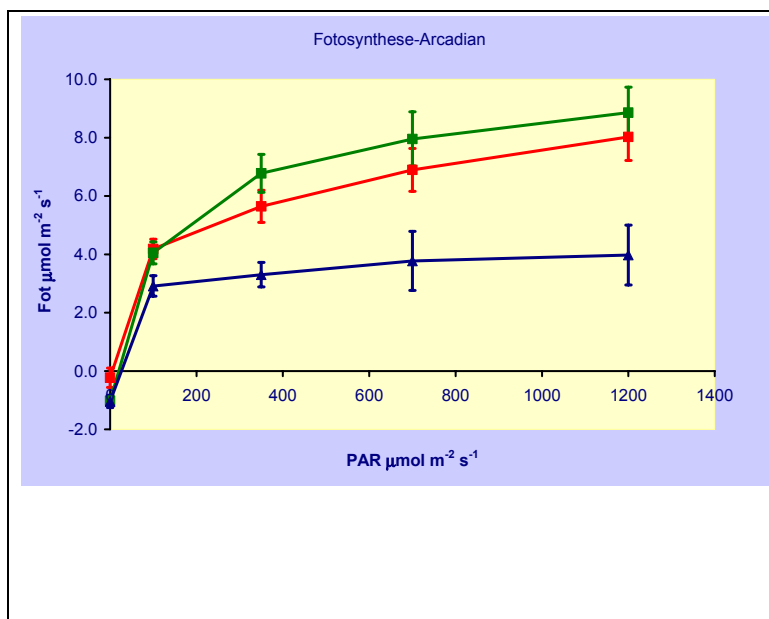


Fig. 6. Tot 100 µmol m⁻² s⁻¹ PAR is er een sterke toename in de fotosynthese en in dat traject zijn de verschillen tussen de behandelingen minimaal, (rood 20 °C, groen 16 °C en blauw 13 °C). In de donkerste wintermaanden komt de intensiteit in de kas zelden boven deze waarde en zal een lage temperatuur dus geen of een gering negatief effect hebben. Bij hogere lichtintensiteiten blijft de fotosynthese in de 13 °C behandeling sterk achter in vergelijking met de hogere temperatuurbehandelingen.

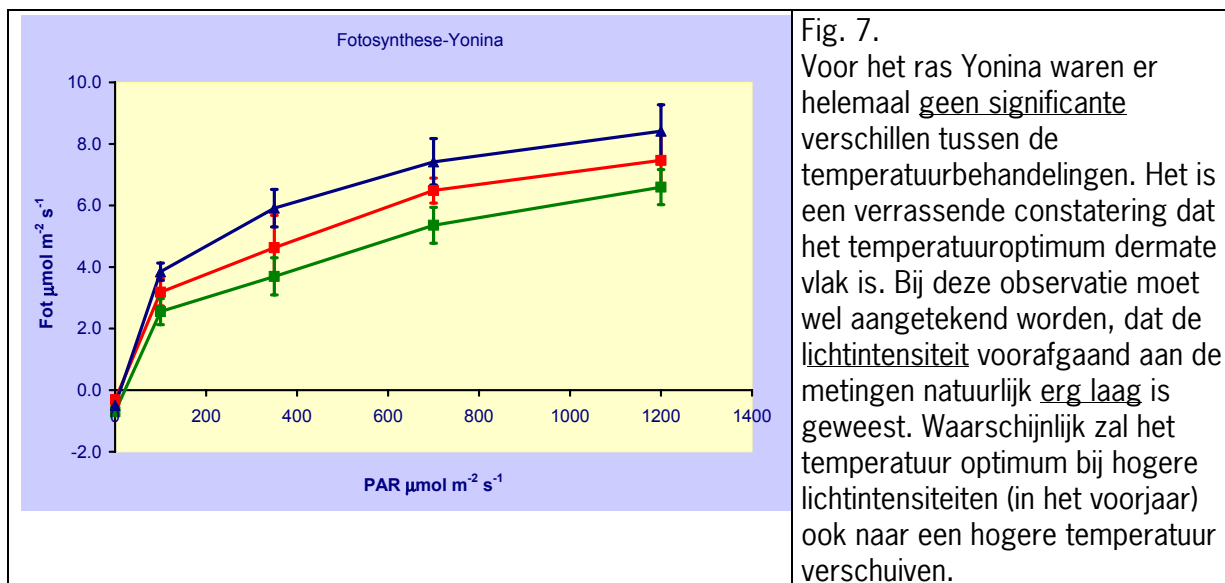


Fig. 7. Voor het ras Yonina waren er helemaal geen significante verschillen tussen de temperatuurbehandelingen. Het is een verrassende constatering dat het temperatuuroptimum dermate vlak is. Bij deze observatie moet wel aangetekend worden, dat de lichtintensiteit voorafgaand aan de metingen natuurlijk erg laag is geweest. Waarschijnlijk zal het temperatuur optimum bij hogere lichtintensiteiten (in het voorjaar) ook naar een hogere temperatuur verschuiven.

Resultaten licht:

Cymbidium gedraagt zich bij lage lichtintensiteiten als een schaduwplant met een steile toename van de fotosynthese bij lage lichtintensiteit maar lijkt daarnaast tolerant voor hoge lichtintensiteiten tot 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (ca. 600 Watt m^{-2} globale buitenstraling).

Gemiddelden over alle gemeten lichtresponsecurves						
		Photo	ETR	Cond	Fo	Fm
20 °C	Arcadian	4.17	38	0.013	328	1728
20 °C	Yonina	4.14	39	0.011	300	1597
16 °C	Arcadian	3.59	29	0.044	399	1751
16 °C	Yonina	2.10	27	0.009	307	1646
13 °C	Arcadian	1.95	24	0.023	380	1726
13 °C	Yonina	3.92	32	0.046	308	1569
		Fv/Fm	Fv/Fm'	NPQ	Trmmol	
20 °C	Arcadian	0.81	0.44	1.27	8.38	
20 °C	Yonina	0.81	0.48	0.79	6.50	
16 °C	Arcadian	0.77	0.41	1.45	5.27	
16 °C	Yonina	0.81	0.46	1.09	5.06	
13 °C	Arcadian	0.78	0.38	1.56	4.49	
13 °C	Yonina	0.80	0.50	0.78	6.04	

Effecten van lage temperatuur voor diverse parameters, gemiddeld voor alle lichttrappen in de gemeten licht response curves:

Photo: fotosynthese ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$): relatief gering effect voor Yonina, halvering voor Arcadian.
 ETR: electrontransport uit fluorescentie ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$): relatief gering effect voor Yonina, halvering voor Arcadian
 Cond (huidmondjesgeleidbaarheid ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) lage geleidbaarheid maar data zijn weinig consistent.
 Fo en Fm en Fv/Fm (fluorescentie data). Onder andere maat voor hoeveelheid chlorofyl en de schade die het blad heeft opgelopen door te lage temperatuur in combinatie met licht. Een waarde van Fv/Fm hoger dan 0.75 duidt op een gezond efficiënt blad.
 Fv/Fm': fluorescentie yield: maat voor de fotosynthese efficiency bij een bepaalde lichtintensiteit. De waarde geeft ongeveer het gedeelte van het licht aan dat op dat moment voor fotosynthese gebruikt wordt.
 NPQ is een maat voor stress opbouw. Arcadian is duidelijk gevoeliger dan Yonina.
 Trmmol: verdamping $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

4.2 Fotosynthesemetingen in relatie tot CO₂

De fotosynthese neemt vrijwel lineaire toe met de CO₂ concentratie bij alle temperatuur behandelingen. Dit is opmerkelijk en het betekent dat de fotosynthese van Cymbidium bij de hogere lichtintensiteiten zeer sterk wordt beperkt door de hoeveelheid beschikbaar CO₂ in het blad. Gezien de lage geleidbaarheid van de huidmondjes is deze observatie echter ook weer niet geheel onverwacht (Fig. 8).

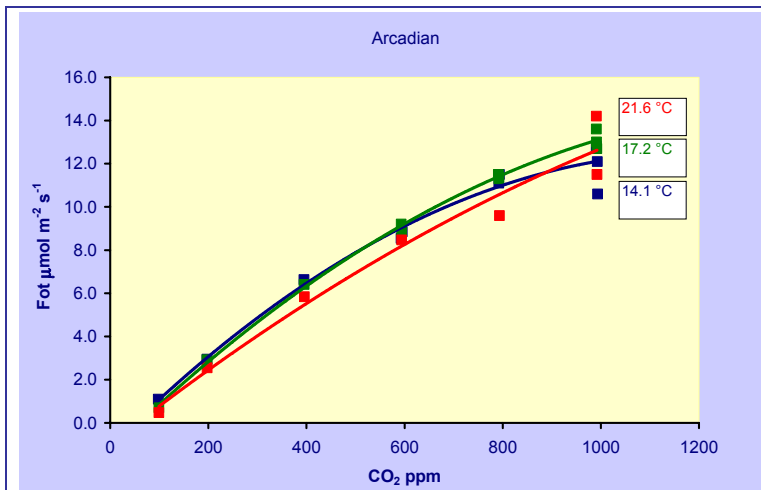


Fig. 8. Het effect van een toenemende CO₂ concentratie, gemeten bij een vaste hoge lichtintensiteit van 1000 $\mu\text{mol PAR}$. In afwijking van de metingen in figuur 6 is er nu geen duidelijk lagere fotosynthese in de 13 °C behandeling bij Arcadian. De reden voor deze discrepantie is niet duidelijk.

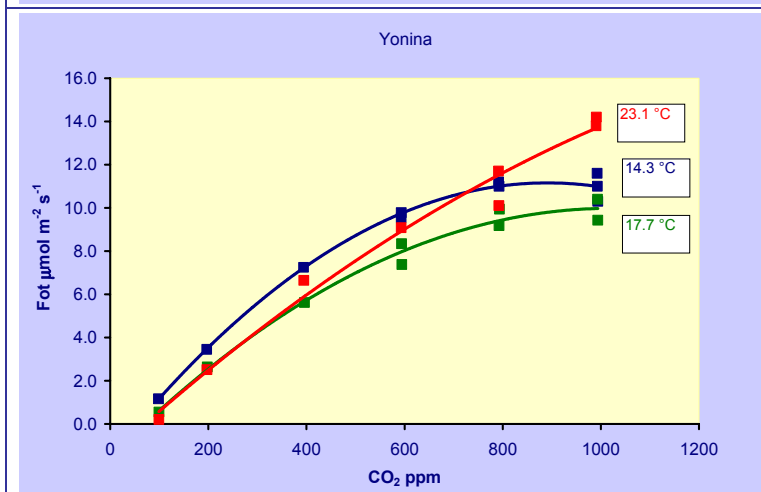


Fig. 9. Ook bij het ras Yonina reageert de fotosynthese zeer sterk op CO₂. Bij lagere geregistreeerde bladtemperaturen lijkt het positieve effect van CO₂ eerder op een bepaald niveau te stabiliseren dan bij Arcadian.

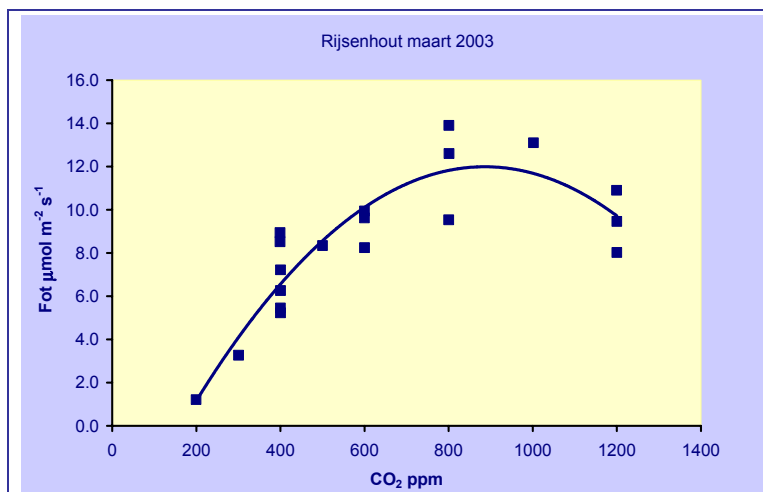


Fig. 10. Wanneer we de CO₂ response in figuur 8 en 9 vergelijken met de resultaten van een kasproef uit maart 2004 zien we een overtuigende gelijkheid tot 800 ppm. De geconstateerde afname van de response die in de cultivar Rijsenhout boven 800 ppm was gemeten, is bij de cultivars die nu getoetst zijn minder duidelijk, behalve voor Yonina bij de lagere temperaturen.

5 Effecten van snelle temperatuurwisselingen op fotosynthese

In het vorige hoofdstuk zijn de effecten van langdurige groei bij verschillende temperaturen beschreven. Het is uiteraard ook van belang om te weten hoe relatief snelle wisselingen in temperatuur doorwerken op de productiecapaciteit. In de volgende rubriek is zowel naar temperatuur-verhoging als -verlaging gekeken. Uitgangspunt in deze pilot studie was de 13 °C behandeling.

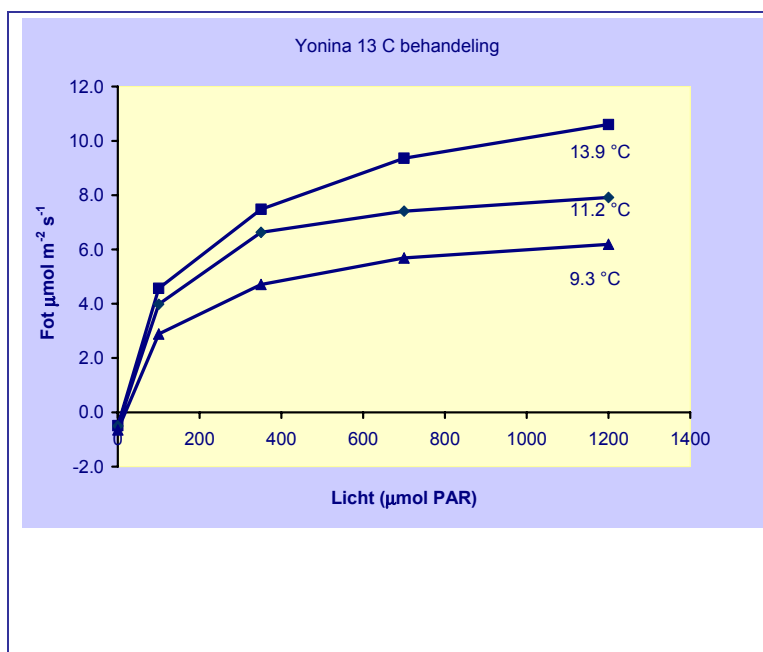


Fig. 11. In de 13 °C behandeling is onderzocht of een verdere daling van de bladtemperatuur nog consequenties had. Nadat de temperatuur in de cuvette met een Peltier koeling was verlaagd bleek dat inderdaad het geval te zijn. Op korte termijn resulteerde een daling van 13.9 °C naar 9.3 °C in een 40% afname van de maximale fotosynthesecapaciteit. Er zijn geen waarnemingen verricht om te bezien of deze trend ook op langere termijn gehandhaafd blijft.

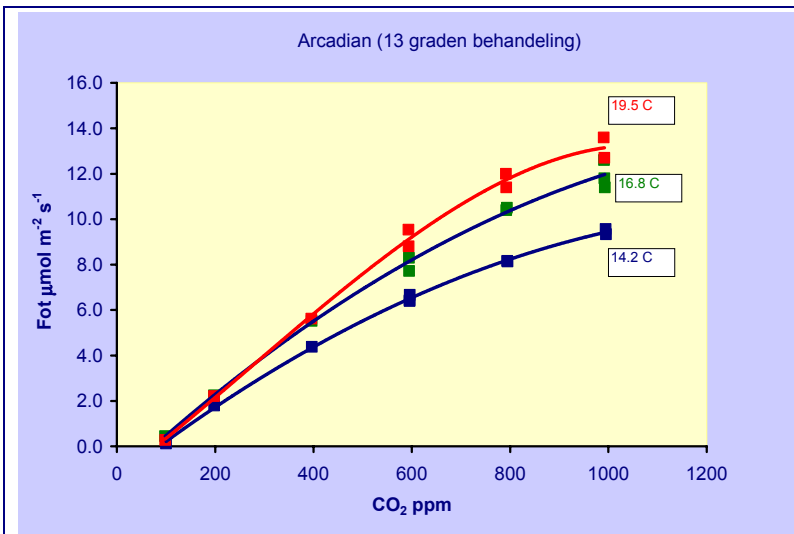


Fig. 12. Het positieve effect van CO₂ gemeten aan het 3e blad van het ras Arcadian bij een lichtintensiteit van 1000 μmol.m⁻².s⁻¹ PAR. Het verschil met figuur 8 is dat hier niet de 3 behandelingen worden vergeleken maar alleen de 13 °C behandeling waarbij het blad korte tijd werd blootgesteld aan hogere temperaturen. Er is dus op korte termijn een positief effect van een verhoogde temperatuur. Hierbij dient wel aangetekend te worden dat de metingen bij hoge lichtintensiteit zijn gedaan.

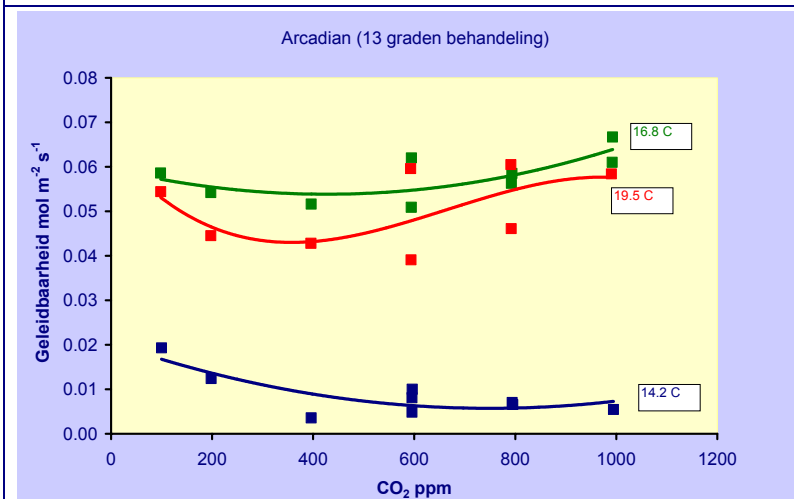


Fig. 13. Effect van temperatuurverhoging op de huidmondjes geleidbaarheid (dezelfde metingen als in figuur 12). De opwarming van het blad had een positief effect op de geleidbaarheid waardoor CO₂ makkelijker het blad in diffundeerde met als gevolg een momentaan positief effect op de fotosynthese. Hiermee wordt weer eens bevestigd dat de limitering van de fotosynthese bij lage temperatuur bij Arcadian niet de intrinsieke fotosynthese capaciteit betreft maar een gesloten toestand van de huidmondjes zoals in eerdere experimenten ook werd geconstateerd bij de remming van de fotosynthese door hoge temperaturen.

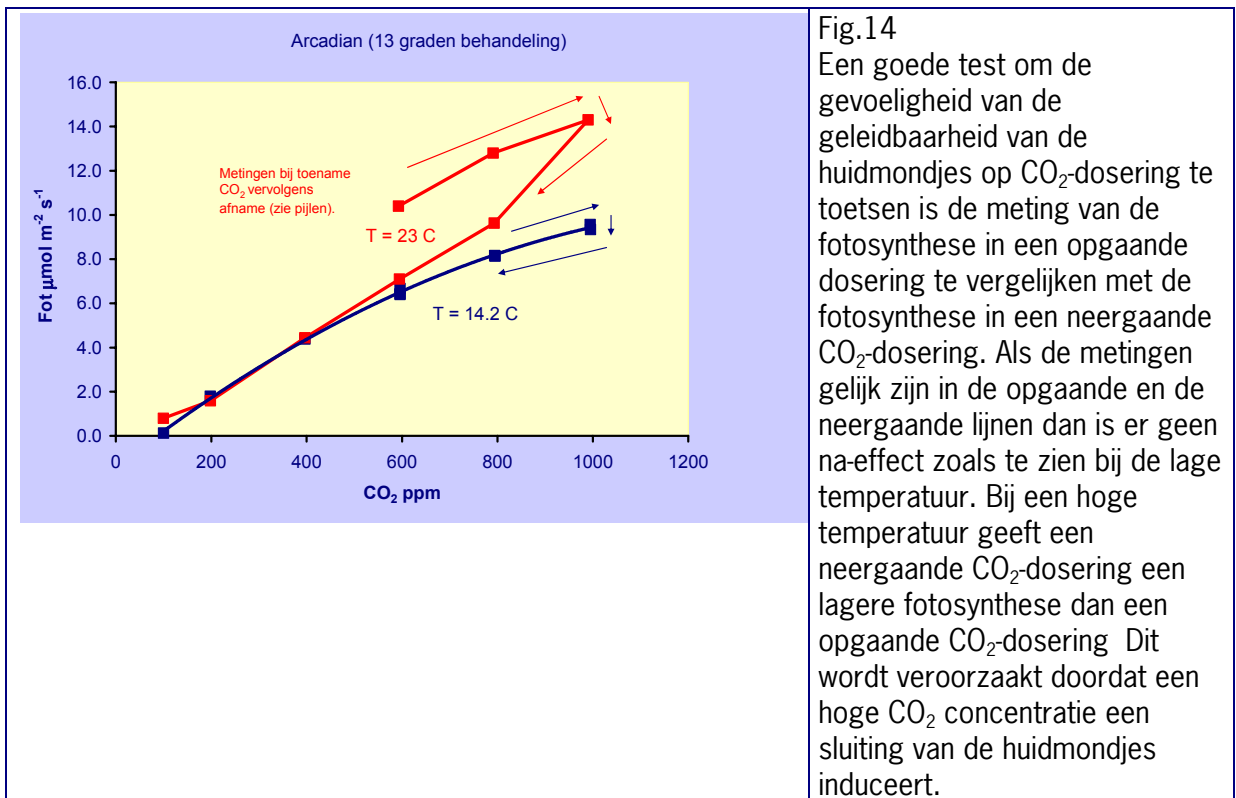


Fig.14
Een goede test om de gevoeligheid van de huidmondjes op CO₂-dosering te toetsen is de meting van de fotosynthese in een opgaande dosering te vergelijken met de fotosynthese in een neergaande CO₂-dosering. Als de metingen gelijk zijn in de opgaande en de neergaande lijnen dan is er geen na-effect zoals te zien bij de lage temperatuur. Bij een hoge temperatuur geeft een neergaande CO₂-dosering een lagere fotosynthese dan een opgaande CO₂-dosering Dit wordt veroorzaakt doordat een hoge CO₂ concentratie een sluiting van de huidmondjes induceert.

6 Fluorescentiemetingen

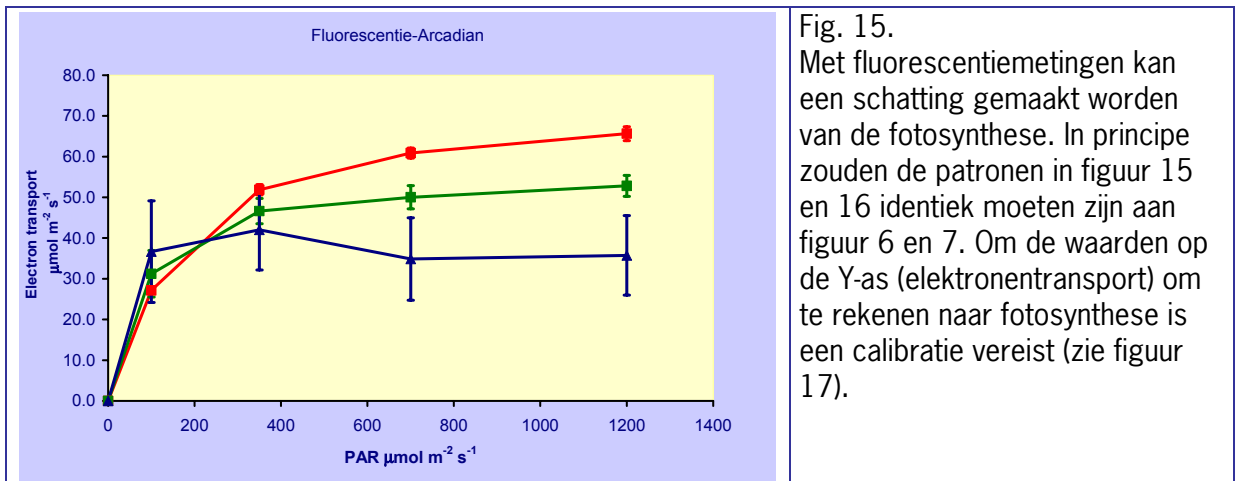


Fig. 15.
Met fluorescentiemetingen kan een schatting gemaakt worden van de fotosynthese. In principe zouden de patronen in figuur 15 en 16 identiek moeten zijn aan figuur 6 en 7. Om de waarden op de Y-as (elektrontransport) om te rekenen naar fotosynthese is een calibratie vereist (zie figuur 17).

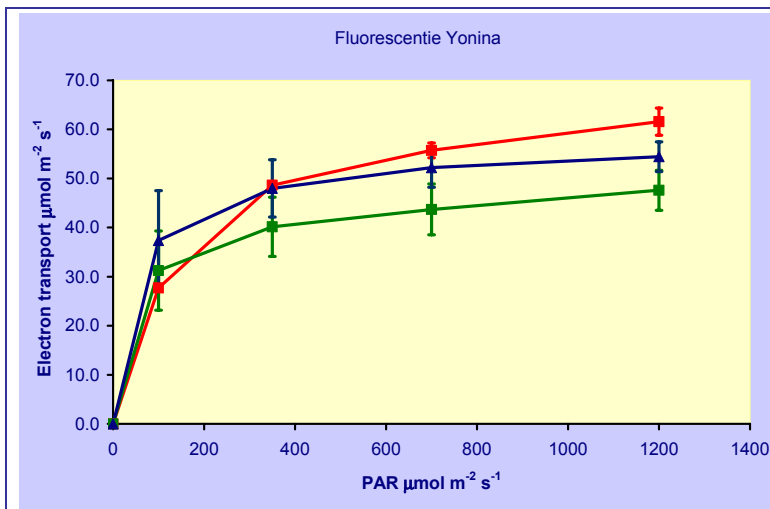


Fig. 16.

De trend van de fluorescentiemetingen komt zeer goed overeen met die van de fotosynthese metingen ondanks het feit dat op het eerste gezicht de rangorde van de 20 °C en 13 °C lijken omgewisseld. Het gaat hier echter om zeer kleine verschillen maar de algehele trends komen erg goed overeen.

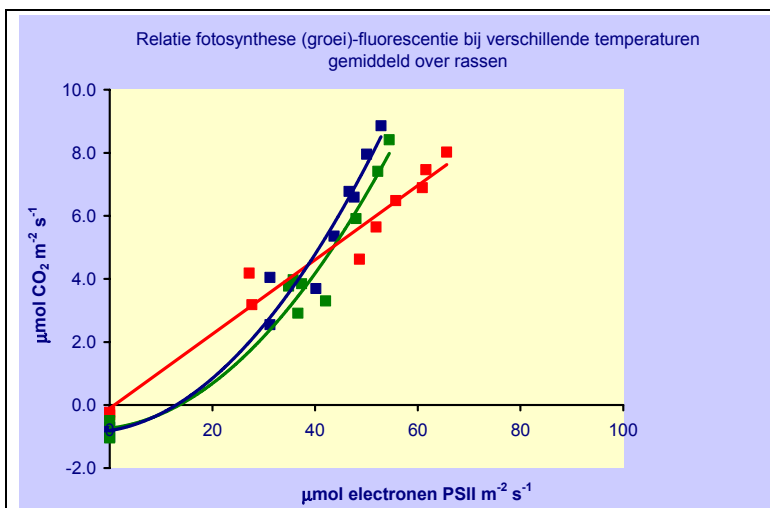


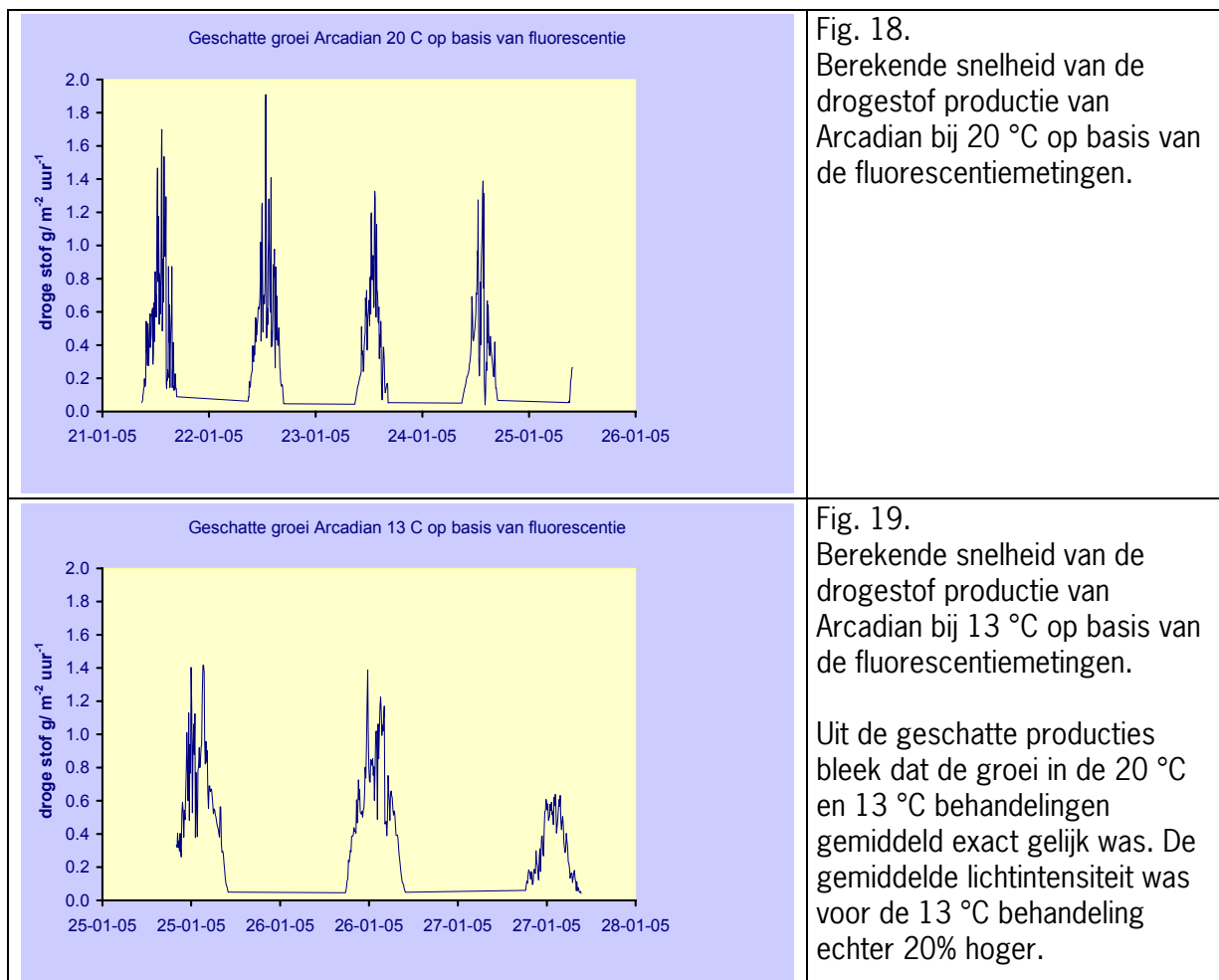
Fig. 17.

Relatie tussen het elektrontransport, gemeten met fluorescentie, en de fotosynthese. Het is duidelijk dat er een zeer significante correlatie tussen beide parameters is. Daar staat tegenover dat de correlatie temperatuurafhankelijk blijkt te zijn. Bij het gebruik van de plantivity meter dient hiermee rekening te worden gehouden.

Plantivity metingen Gemiddelden over 3 dagen (1 meting per 5 minuten)					
Arcadian	20 °C		13 °C		
Plantivity	dag	Nacht	dag	nacht	°C
blad T	19.5	19.6	13.4	12.7	°C
kas T	20.1	19.9	13	12.5	°C
Ds productie	0.49		0.50		g m ⁻² uur ⁻¹
PAR	45		55		µmol m ⁻² s ⁻¹

Gemiddelde dag en nacht temperatuur van het blad, de gemiddelde PAR en de berekende drogestof productie voor het ras Arcadian opgekweekt bij 20 °C en bij 13 °C. Door de heersende lage lichtintensiteit is er in de drogestof productie bij 20 °C en 13 °C nauwelijks verschil. Bij hogere lichtintensiteit zal het verschil waarschijnlijk toenemen. Een groter probleem zou bij hoge lichtintensiteit het gevaar voor fotoinhibitie kunnen zijn. Dit is een veel voorkomende beschadiging van bladeren door de combinatie van hoog licht en lage temperatuur en komt tot uiting in een

vergelijking van de bladeren. In de huidige experimenten was hiervan geen sprake .



7 Conclusies

Uit de resultaten van de fotosynthesemetingen kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De karakteristieke licht response curve bij Cymbidium laat een zeer hoog rendement zien van het licht tot 100 μmol (dit komt overeen met ca. 8000 lux SON-T). Daarboven neemt het rendement snel af.
- Onder de heersende lage lichtcondities in de winter heeft een verlaging van de temperatuur tot 13 °C geen negatieve gevolgen voor de fotosynthese van de onderzochte Cymbidium rassen. Hoewel Cymbidium in vergelijking met andere kasgewassen een lage fotosynthese heeft, zijn de waarden bij alle temperatuur behandelingen voor winterse omstandigheden relatief hoog met maxima van 8 – 10 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$. Dit is vrijwel gelijk aan de waarden die in het voorjaar werden gemeten, en zelfs hoger dan waarden in de zomer

waar de temperatuurafhankelijke sluiting van de huidmondjes een rol gaat spelen (PT 11.416 en 11.816).

- Ook bij lichtintensiteiten hoger dan 100 $\mu\text{mol PAR}$ blijkt dat de fotosynthese relatief weinig wordt beïnvloed door lage temperatuur. Er is weliswaar een gering negatief effect (vooral bij Arcadian) maar een halvering van de fotosynthese bij een teruggang van 20 naar 13 °C is in vergelijking met de meeste kasgewassen betrekkelijk gering. Voorzichtigheid blijft echter geboden bij langdurige blootstelling aan hoge lichtintensiteiten bij lage temperatuur. Die condities waren in deze proef echter niet aan de orde. Uit eerdere metingen bleek de ondanks de grote spreiding in de metingen dat er een optimale bladtemperatuur voor de fotosynthese is bij de verschillende lichtintensiteiten. Dit optimum wordt iets hoger bij hogere lichtintensiteiten: van ca. 24°C bij 100 tot 27°C bij 1200 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.
- De fotosynthese van Cymbidium neemt 's ochtends snel toe tot 9.00 uur en neemt vervolgens na 16.00 uur snel af. Dit is vergelijkbaar met eerdere observaties, waar bovendien werd aangetoond dat de afname van de fotosynthese vaak is gecorreleerd met de bladtemperatuur. Bij bladtemperaturen boven de 27 – 28 °C sluiten de huidmondjes tussen de 12 en 14 uur. Bij lagere temperaturen wordt de huidmondjessluiting later (na 16 uur) geconstateerd. Deze waarnemingen worden hier bevestigd.
- Cymbidium reageert zeer positief op CO₂ dosering. De geregistreerde effecten werden nauwelijks beïnvloed door de temperatuurbehandeling. Dus CO₂ doseren blijft lonend ook bij lage temperatuur en lage lichtintensiteit.