

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente  
Vestiging Aalsmeer  
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer  
Tel. 0297-352525, fax 0297-352270

ISSN 1385 - 3015

## **EFFECT VAN LICHT EN FOTOSYNTHESE EN TEMPERATUUR OP DE BLADFOTOSYNTHESE EN CHLOROFYLFLUORESCENTIE VAN CYMBIDIUM**

Project 1423-02

M.G. Warmenhoven  
K. Uitermark  
Tj. Blacquièrè  
Aalsmeer, december 1999

Rapport 231  
Prijs f 30,00

Rapport 231 wordt u toegestuurd na storting van f 30,00 op banknummer 300 177 976 ten name van Proefstation Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 231, Effect van licht en temperatuur op de bladfotosynthese en chlorofylfluorescentie van Cymbidium'.

ISBN: 971240

# INHOUD

<b>SAMENVATTING</b>	5
<b>1. INLEIDING</b>	7
<b>2. MATERIAAL EN METHODE</b>	8
2.1 Opzet	8
2.2 Plantmateriaal	8
2.3 Klimaat + klimaatregistratie	8
2.4 Waarnemingen	8
<b>3. RESULTATEN EN CONCLUSIES</b>	10
3.1 Teeltomstandigheden	10
3.2 Bladfotosynthese en chlorofylfluorescentie	10
3.2.1 Bladfotosynthese	10
3.2.2 Chlorofylfluorescentie	12
3.3 Effecten behandelingen op groei en bloei	13
3.4 Conclusies	14
3.5 Aanbeveling	14
<b>4. DISCUSSIE</b>	15
<b>LITERATUUR</b>	16
<b>BIJLAGEN</b>	17

## **SAMENVATTING**

In de praktijk worden verschillende strategieën toegepast om Cymbidium te laten groeien en bloeien. Binnen deze strategieën worden soms zeer hoge instralingniveaus in de kas toegelaten. Het is niet goed duidelijk of Cymbidium daar tegen kan, of zelfs gebruik van kan maken. Uit eerder oriënterend onderzoek bleek dat de straling al snel te hoog zou kunnen zijn. Daarom zijn in deze proef aan Cymbidium fotosynthese- en chlorofylfluorescentie (CF) –metingen gedaan.

Doel in deze proef is om vast te stellen of de lichtintensiteit en/ of juist de temperatuur boven een bepaalde waarde de vegetatieve groei en dus de fotosynthese remt. Hiertoe zijn vier dagtemperaturen (18, 22, 26 en 30) gecombineerd met wel of niet het buitenscherm laten dicht lopen boven 300 Watt globale straling buiten de kas.

's Nachts was bij alle behandelingen de temperatuur op 17°C gehandhaafd. De CO<sub>2</sub>-concentratie varieert gedurende de dag tussen de 500 en 350 ppm. Aan het einde van de proefperiode hadden de ongeschermden planten tweemaal zoveel licht ontvangen als de geschermden planten.

Op 20 mei, 17 juni, 9 juli en 30 juli werd de fotosynthese snelheid en de efficiëntie van de fotosynthese gemeten. Voor beide metingen zijn steeds dezelfde bladeren op het midden van het blad gemeten.

Bij 18°C was de fotosynthese nog niet optimaal dit uit zich in een lagere fotosynthese en groei. Jonge bladeren reageerde sterker op licht- en temperatuur veranderingen dan oude bladeren. Boven de 30°C (kaslucht- en/of bladtemperatuur) nam de fotosynthese snel af bij een stijgende lichtintensiteit. Er werd een goede correlatie gevonden tussen de lichtintensiteit en de efficiëntie van de fotosynthese.

Bladlengte, bladbreedte en het aantal bladeren per scheut nemen af bij een teeltemperatuur boven de 26°C wanneer niet werd geschermd. De uiteindelijke conclusie is dat de lichtintensiteit een grotere invloed heeft op de fotosynthese dan de temperatuur heeft.

# 1. INLEIDING

De fotosynthese moet de nodige suikers aanmaken voor groei en onderhoud. In de praktijk zie je Cymbidium-planten met: gele bladeren in mestloze periode, vergeeld en verbrand blad in voorjaar en zomer, af en toe voelbaar warme bladeren. Hoe staat het met de fotosynthese van Cymbidium in de zomer? Als onderdeel van het project 'Ontwikkelen en toetsen van teeltstrategieën gericht op de sturing van groei en bloei bij Cymbidium' is in 1998 de CO<sub>2</sub>-opname en de efficiëntie van de fotosynthese gevolgd (Warmenhoven et al. 1998). Uit metingen op warme dagen bleek dat de Cymbidium 's morgens goed van start gingen, maar dat de opname van CO<sub>2</sub> en efficiëntie van fotosysteem II in de loop van de dag sterk terugliepen. Deze achteruitgang correspondeerde met een toename van de lichtintensiteit, maar ook met een toenemende bladtemperatuur. Uit dit onderzoek werd niet duidelijk welke van de factoren, lichtintensiteit of bladtemperatuur, verantwoordelijk was voor de afname in fotosynthese. Inzicht in de effecten van beide afzonderlijke factoren is van belang om de groei, en daarnaast eventueel de bloei te kunnen beheersen en sturen. Daarom is in 1999 een proef opgezet waarin geprobeerd is om deze factoren uit elkaar te trekken. Doel is om vast te stellen of de lichtintensiteit en/of juist de temperatuur boven een bepaalde waarde de vegetatieve groei en dus de fotosynthese remt.

De overallreactie voor fotosynthese is:

koolzuurgas + water + energie → suiker + zuurstof of



Koolzuurgas wordt via de huidmondjes ingevangen. Er zijn drie deels verschillende fotosynthesesystemen, het meest gangbare is de C<sub>3</sub>-fotosynthese. Cymbidium behoort tot de C<sub>3</sub>-planten (Pan et al., 1997).

Deze reactie vindt plaats in de groene delen van de plant. Het benodigde water voor de reactie is meestal voldoende aanwezig. Naast CO<sub>2</sub> en licht is ook temperatuur een sturende factor van de fotosynthese. Bij een toenemende lichtintensiteit en verhoging van de CO<sub>2</sub>-concentratie zal de fotosynthesesnelheid toenemen. Verhoging van de fotosynthesesnelheid leidt tot een verhoging van de productie van koolhydraten.

Absorptie van lichtenergie vindt plaats in de pigmenten van planten, *chlorofylen* en in mindere mate *carotenoïden*. Deze pigmenten zijn aanwezig in de membranen van de chloroplast. Lichtenergie wordt gebruikt om elektronentransport tot stand te brengen. Licht brengt de elektronen naar een hoger energieniveau. Na enige tijd raken de elektronen deze energie weer kwijt:

- de energie wordt overdragen door resonantie op pigmentmolecuul → start fotosynthese, een belangrijk eerste stap is de splitsing van water:  
 $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$
- stralingloos verval → energie komt vrij in de vorm van warmte
- een deel van deze elektronen valt terug naar grondtoestand → energie komt vrij in de vorm van fluorescentie, dat wil zeggen uitzenden van licht met een langere golflengte dan het opgevangen licht. Dit kan worden gemeten met een CF-meter.

Onderzoek heeft aangetoond dat er twee fotosystemen voorkomen: PSI en PSII.

Bij kamertemperatuur is het grootste deel van de fluorescentie-emissie afkomstig van PSII. In deze proef is de fotosynthese gemeten door de CO<sub>2</sub>-opname te bepalen. Met een CF-meter is de opbrengst aan fluorescentie te meten. Daarmee geeft CF-meting informatie over remming of schade aan het transport van elektronen van PSII.

## **2. MATERIAAL EN METHODE**

### **2.1 OPZET**

Om de effecten van licht en temperatuur van elkaar te scheiden werden vier dagtemperaturen gecombineerd met wel of niet schermen (buitenscherm) boven 300 Watt/m<sup>2</sup> globale straling. Er waren 192 planten verdeeld over acht geconditioneerde kasjes van elk 16 m<sup>2</sup> (bruto). Tabel 1 geeft een overzicht van de behandelingen.

### **2.2 PLANTMATERIAAL**

Voor de proef is gebruik gemaakt van de gele grootbloemige en laatbloeiende cultivar Gymer 'Cookbridge', deze planten hadden in het seizoen 98/99 voor het eerst gebloeid. De planten waren opgepot in 'oxygrow' (50% steenwolvlokken en 50% polyfenolvlokken). Met behulp van druppelaars is standaard voeding gegeven.

### **2.3 KLIMAAT + KLIMAATREGISTRATIE**

's Nachts was de temperatuur voor alle behandelingen 17°C. De CO<sub>2</sub>-concentratie werd ingesteld op 360 ppm. Elke tien minuten zijn de gemiddelde kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid (Fluconbox) en de lichtintensiteit (PAR-quantum sensor; Li-Cor; een cosinus gecorrigeerde vlakke licht sensor; meting  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PPF).

### **2.4 WAARNEMINGEN**

Per kas zijn vier planten gemerkt, aan elke plant zijn een oude en een jonge scheut gelabeld. Hieraan zijn weer twee bladeren gelabeld waaraan alle metingen gedurende de proefperiode verricht zijn. Om leeftijdsverschillen tussen planten zoveel mogelijk uit te sluiten zijn iedere keer twee ontvouwen bladeren genomen van uit het midden naar buiten. Aan het begin (4 mei 1999) en aan het einde (18 augustus 1999) van de teelt is van de gelabelde scheuten het aantal bladeren, bladlengte (vanaf het substraat) en de bladdiameter (op halve lengte) bepaald. Nadat alle planten gelabeld waren zijn de planten op 19 augustus teruggegaan naar het bedrijf van Jac. van Weerdenburg. Gedurende de proefperiode is regelmatig op heldere dagen de opname van CO<sub>2</sub>, met behulp van een fotosynthesemeter (LI-6200, meet CO<sub>2</sub> in gesloten systeem van Li-Cor). Het blad wordt ingeklemd in een transparante cuvet waarin de CO<sub>2</sub>-concentratie in de tijd wordt gemeten. De mate waarin het CO<sub>2</sub>-concentratie gedurende de meting afneemt is een maat voor de netto-fotosynthese, die uitgedrukt wordt in  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Per fotosynthesemeting zijn tegelijkertijd de volgende parameters bepaald: RV, Tblad, PPF, CO<sub>2</sub>, Photo en Rs (zie voor betekenis noot). Verder is met behulp van deze parameters de transpiratie berekend.

De efficiëntie van het fotosysteem II is met een chlorofylfluorescentiemeter (PAM-2000 van Walz) gemeten. Na een licht puls wordt de opbrengst (Yield) aan fluorescentie gemeten. Yield is een maat voor de efficiëntie van PSII, deze ligt tussen 0 en 1 (Bolher-Nordenkampf et al., 1989, Krause et al., 1984 en Genty et al., 1990). Bij een 'gezond gewas' zal dit rond 0,8 liggen.

**Tabel 1-      Temperatuur- en schermbehandeling in de 8 kassen**

<b>Temperatuur</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>18</b>
<b>Schermbij 300 Watt/m<sup>2</sup></b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>nee</b>	<b>nee</b>	<b>nee</b>	<b>Nee</b>

Afkortingen: RV - relatieve luchtvochtigheid, Tblad - bladtemperatuur, PAR - Photosynthetically active radiation, PPF - Photosynthetic Photon Flux (400 - 700 nm), CO<sub>2</sub> - CO<sub>2</sub>-concentratie in de meetkamer, Photo - netto fotosynthese snelheid, Rs - huidmondjes weerstand.

### 3. RESULTATEN EN CONCLUSIES

#### 3.1 TEELTOMSTANDIGHEDEN

In de ongeschermdde kas kan op een heldere dag de lichtintensiteit tot driemaal hoger zijn dan in de geschermdde kas (Bijlage 1). Vergelijkbare figuren kunnen ook voor de andere behandelingen gemaakt worden. Over de gehele proefperiode (van 10 mei tot en met 18 augustus) is de lichtintensiteit in de ongeschermdde kassen tweemaal zo hoog geweest als in de geschermdde kassen. De CO<sub>2</sub>-concentratie loopt in alle kassen in de nacht op tot circa 500 ppm en daalt gedurende de dag naar ongeveer 350 ppm. Figuur 2 in Bijlage 1 geeft de gerealiseerde temperatuur op 17 juni 1999, deze dag is representatief voor alle dagen.

Bij de lage temperaturen, 18 en 22°C nam in de loop van de dag de relatieve luchtvochtigheid enigszins af, er werden echter geen verschillen waargenomen tussen de behandelingen. Dit in tegenstelling tot de hoge temperaturen 26 en 30°C. Overdag daalde bij 30°C de relatieve luchtvochtigheid regelmatig tot circa 40% wanneer niet werd geschermd (Bijlage 1, Figuur 3).

#### 3.2 BLADFOTOSYNTHESE EN CHLOROFYLFLUORESCENTIE

In Bijlage 2 staande de opname van CO<sub>2</sub> en de efficiëntie van de fotosynthese op 20 mei en 17 juni 1999. Het is belangrijk te realiseren dat het moment opnames zijn. Ze zijn afhankelijk van de stand van het blad, de hoek waarbinnen de straling de kas binnen komt, de plaats van de plant in de kas en de lichtintensiteit die op dat moment het bladoppervlak bereikt. Daarnaast heeft de duur van een bepaalde lichtintensiteit op het blad invloed hebben fotosynthese en de efficiëntie van fotosysteem II.

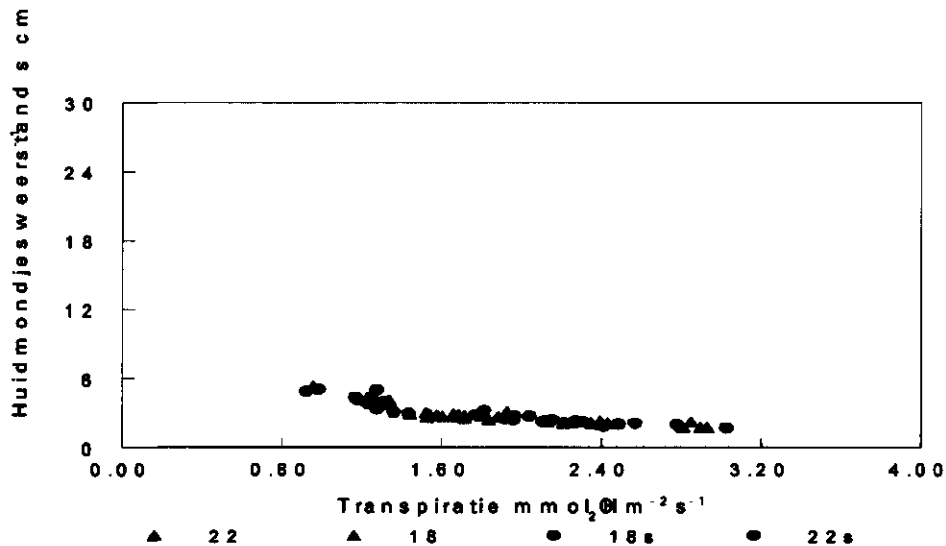
##### 3.2.1 Bladfotosynthese

De stralingssommen op de verschillende meetdagen (20 mei, 17 juni en 9 juli) zijn respectievelijk 877, 2074 en 2660 J/cm<sup>2</sup>.

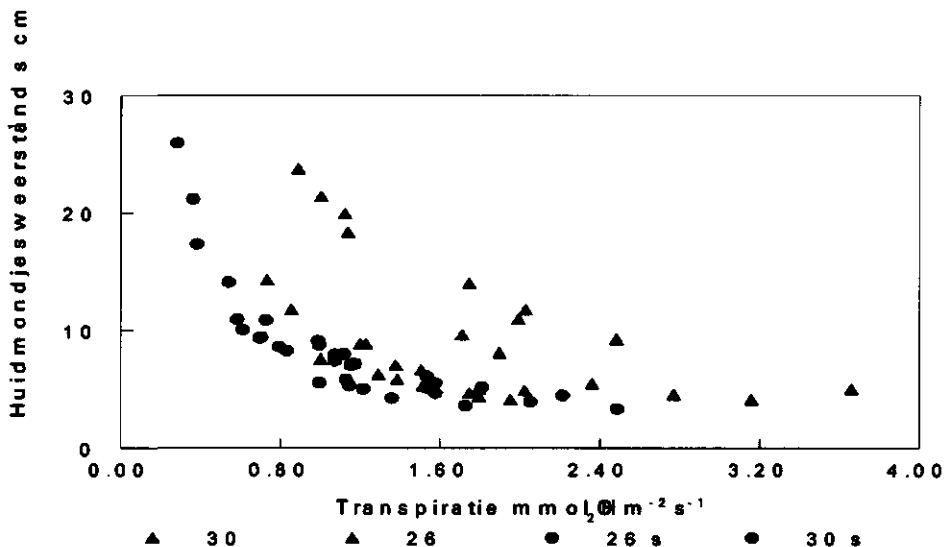
Tabel 2 geeft de **gemiddelde** fotosynthese en bladtemperatuur op 20 mei, 17 juni en 9 juli. De fotosynthese is bij een teelttemperatuur van 18°C in beide (wel of geen scherm) gevallen lager dan bij een teelttemperatuur van 22°C. De fotosynthese is bij deze kastemperatuur nog niet optimaal. In de behandeling met 22°C is gemiddeld een hogere fotosynthese waargenomen in de oudere bladeren (resultaten niet weergegeven). In beide behandelingen (18, 22) is de gemiddelde bladtemperatuur geschermd of ongeschermd gelijk. Tussen de metingen op 20 mei varieerde de bladtemperatuur 2 à 3°C. Een teelttemperatuur van 26°C leidde bij de ongeschermdde behandeling tot een hogere fotosynthese, vooral in de jongere bladeren. Gemiddeld is in de ongeschermdde behandeling de bladtemperatuur 2°C hoger. Bij een teelttemperatuur van 30°C werd de gemiddelde fotosynthese (Tabel 2) in de ongeschermdde behandeling gehalveerd en stopte zelfs wanneer de lichtintensiteit en bladtemperatuur beide hoog waren. De gemiddelde bladtemperatuur stijgt met 4°C ten opzichte van de geschermdde behandeling. Door de grote verschillen in lichtintensiteit varieerde de bladtemperatuur tussen de metingen 5 tot 7°C.

Op 30 juli 1999 is een tijdcyclus opgenomen in de ongeschermdede behandeling bij 22°C (Bijlage 2; figuren 9 en 10). De stralingssom op deze meetdag is 2484 J/cm<sup>2</sup>. In de loop van de dag neemt de fotosynthese af, de bladtemperatuur kan oplopen tot 36°C.

Wanneer de huidmondjesweerstand wordt uitgezet tegen de transpiratie (figuren 1 en 2) valt op dat de transpiratie in de ongeschermdede kas bij 30°C hoger is ten opzichte van alle andere behandelingen. Er is dus geen lagere verdamping bij 30°C ongeschermd, waardoor de lage RV in deze behandeling nog niet verklaard is.



**Figuur 1 -** Transpiratie x huidmondjesweerstand op 20 mei 1999



**Figuur 2 -** Transpiratie x huidmondjesweerstand op 17 juni 1999

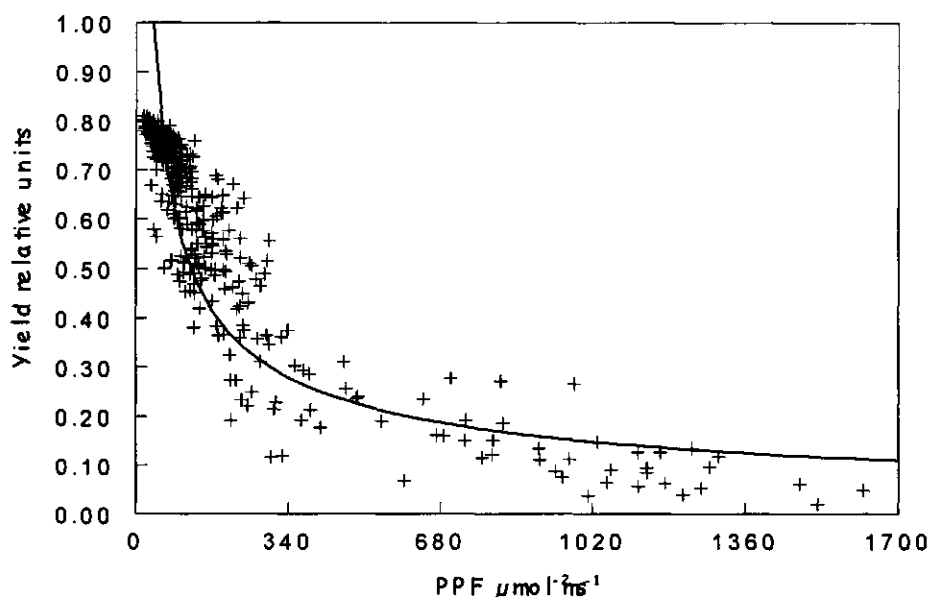


**Tabel 2 -** De gemiddelde fotosynthese  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  en bladtemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) bij de fotosynthese en de efficiëntie van fotosysteem II (Yield) over de dagen 20 mei, 17 juni en 9 juli

	Fotosynthese		Bladtemperatuur		Yield	
	wel scherm	geen scherm	wel scherm	geen scherm	wel scherm	geen scherm
18	4,4	5,3	21,3	21,1	0,60	0,57
22	6,0	6,2	25,4	25,1	0,73	0,68
26	4,8	6,2	27,6	29,9	0,74	0,57
30	6,3	3,7	32,1	36,8	0,73	0,59

### 3.2.2 Chlorofylfluorescentie

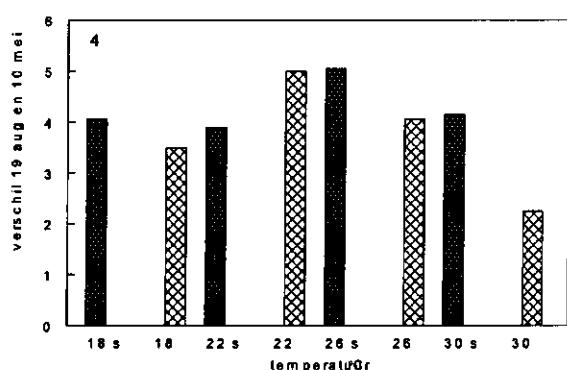
De efficiëntie van fotosysteem II (Yield) neemt af bij een stijgende lichtintensiteit onafhankelijk van de schermstrategie. In figuur 3 toont de correlatie tussen Yield en PAR voor de dagen 20mei, 17 juni en 9 juli. Gemiddeld was de Yield in de ongeschermden kassen lager dan in de ongeschermden kassen (Tabel 2). Ook hier is te zien dat een teelttemperatuur van  $18^{\circ}\text{C}$  niet optimaal is. Op 30 juli 1999 werd een tijdcyclus opgenomen in de ongeschermden behandeling bij  $22^{\circ}\text{C}$  (figuren 11 en 12 Bijlage 2). Ook hier liep de efficiëntie van fotosysteem II af bij een stijgende lichtintensiteit.



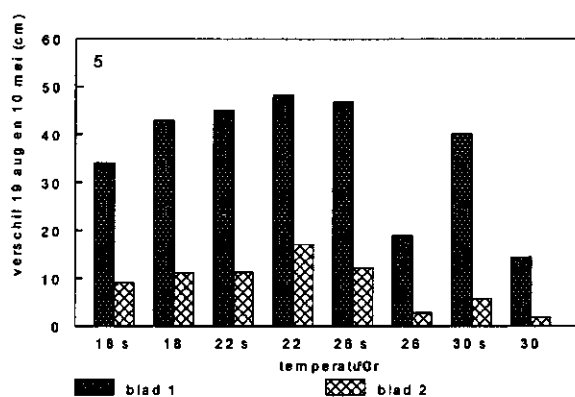
**Figuur 3 -** De correlatie tussen Yield en PAR voor de dagen 20mei, 17 juni en 9 juli

### 3.3 EFFECTEN BEHANDELINGEN OP GROEI EN BLOEI

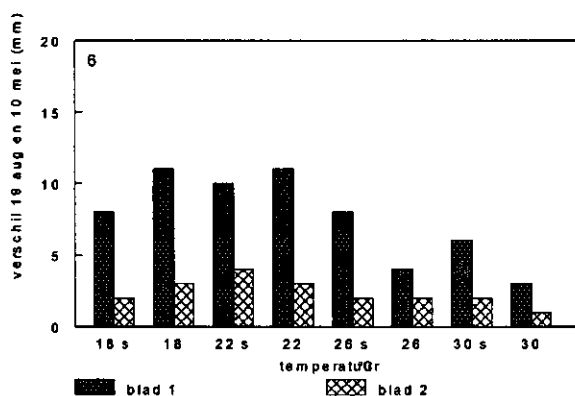
Door aan het begin en einde van de proef de gelabelde scheuten te meten is de invloed van de behandelingen op de groei vastgelegd. Zoals reeds vermeld zijn er per behandeling vier planten gelabeld. Per plant is daarna een jonge en een oude scheut gelabeld. Om leeftijdverschillen tussen planten zoveel mogelijk uit te sluiten zijn voor de lengte- en bladdiametermetingen iedere keer twee ontvouwen bladeren genomen vanuit het midden naar buiten. Verder is van de gelabelde scheuten het aantal bladeren geteld. Bij de oude scheuten zijn geen effecten waargenomen op de groei (lengte blad, aantal bladeren en diameter). Voor de jonge scheuten worden de resultaten weergegeven in de figuren 4 t/m 6.



*Figuur 4 -* Toename van het aantal bladeren tussen 10 mei en 18 augustus 1999



*Figuur 5 -* Toename van de bladlengte in cm tussen 10 mei en 18 augustus 1999



*Figuur 6 -* Toename van de bladbreedte in mm tussen 10 mei en 18 augustus 1999

Het aantal bladeren verschilt bij 18°C (geschermd /ongeschermd) nauwelijks. Bij 22°C geeft meer licht (ongeschermd) meer bladeren. De bladlengte, en in mindere mate de bladbreedte, neemt toe bij 18 en 22°C in de ongeschermdde behandelingen. Vanaf 26°C neemt het aantal bladeren, bladlengte en bladbreedte af in de ongeschermdde behandelingen.

### **3.4 CONCLUSIES**

Lichtintensiteit heeft een grotere invloed op de fotosynthese dan temperatuur.

### **3.5 AANBEVELING**

Om de groei in het gewas te houden zal bij hoog licht als de kastemperatuur > 26°C is geschermd moeten worden.

## 4. DISCUSSIE

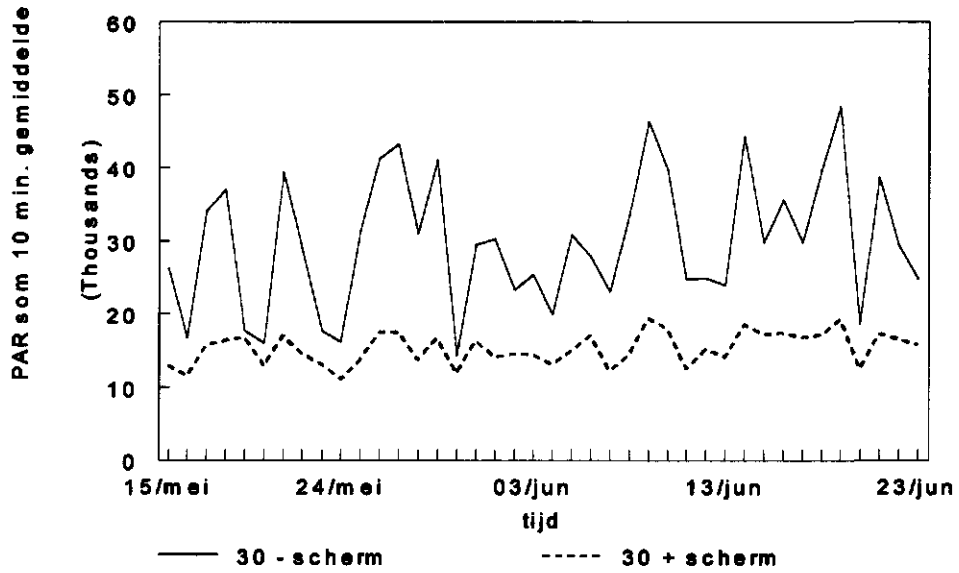
De relatief grote daling van de relatieve luchtvochtigheid bij 30°C ongeschermd tot 40% wordt niet verklaard door een lagere verdamping. Bij deze behandeling wordt juist een hogere verdamping (transpiratie) waargenomen. Deze hoge transpiratie wordt mogelijk veroorzaakt door een convectiestroom\* en /of de lage relatieve luchtvochtigheid. De fotosynthese is minder gevoelig voor hoge bladtemperatuur bij een 'lage kastemperatuur' (Berry et al., 1980). Mogelijk kan met een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie in de kas de gevoeligheid voor hoge temperatuur nog worden verlaagd.

\*De hoge lichtintensiteit veroorzaakt de hoge bladtemperatuur, de warmte zal worden verplaatst van het blad naar de omringende lucht. Hoe groter het verschil tussen bladtemperatuur en luchttemperatuur, des te groter de convectiestroom.

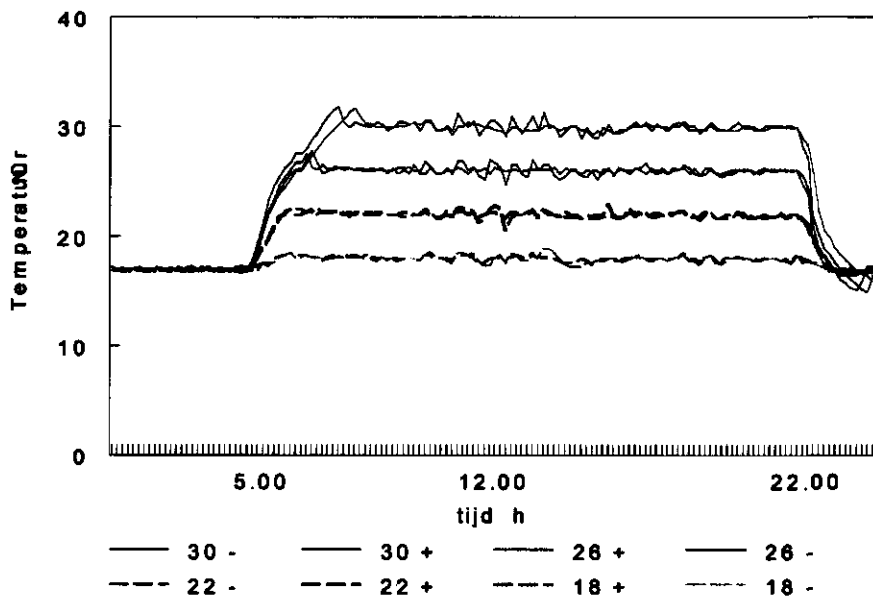
## LITERATUUR

- Berry, J. and O. Bjorkman, 1980. Photosynthetic Response and adaptation to temperature in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 491-543
- Bolhar-Nordenkamp, H.R., S.P. Long, N.R. Baker, G. Oquist, U. Schreiber and E.G. Lechner, 1989. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology* 3, 497-514
- Genty, B., J. Haribinson, J.-M. Briantias and N.R. Baker, 1990. The relationship between non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence and the rate of photosystem 2 photochemistry in leaves. *Photosynthesis Research* 25; 249-257
- Krause G.H. and E. Weis, 1984. Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. II. Interpretation of fluorescence signals. *Photosynthesis Research* 5; 139-157
- Pan, R.C., Q.S. Ye and C.S. Hew, 1997. Physiology of *Cymbidium sinense*: a review. *Scientia Horticulturae* 70; 123-129.
- Warmenhoven, M.G., K. Uitermark, Tj. Blacquièrè, 1998. Oriënterende fotosynthesemetingen bij *Cymbidium Arcadian Sunrise 'Golden Fleece'*. PBG Intern verslag 174.

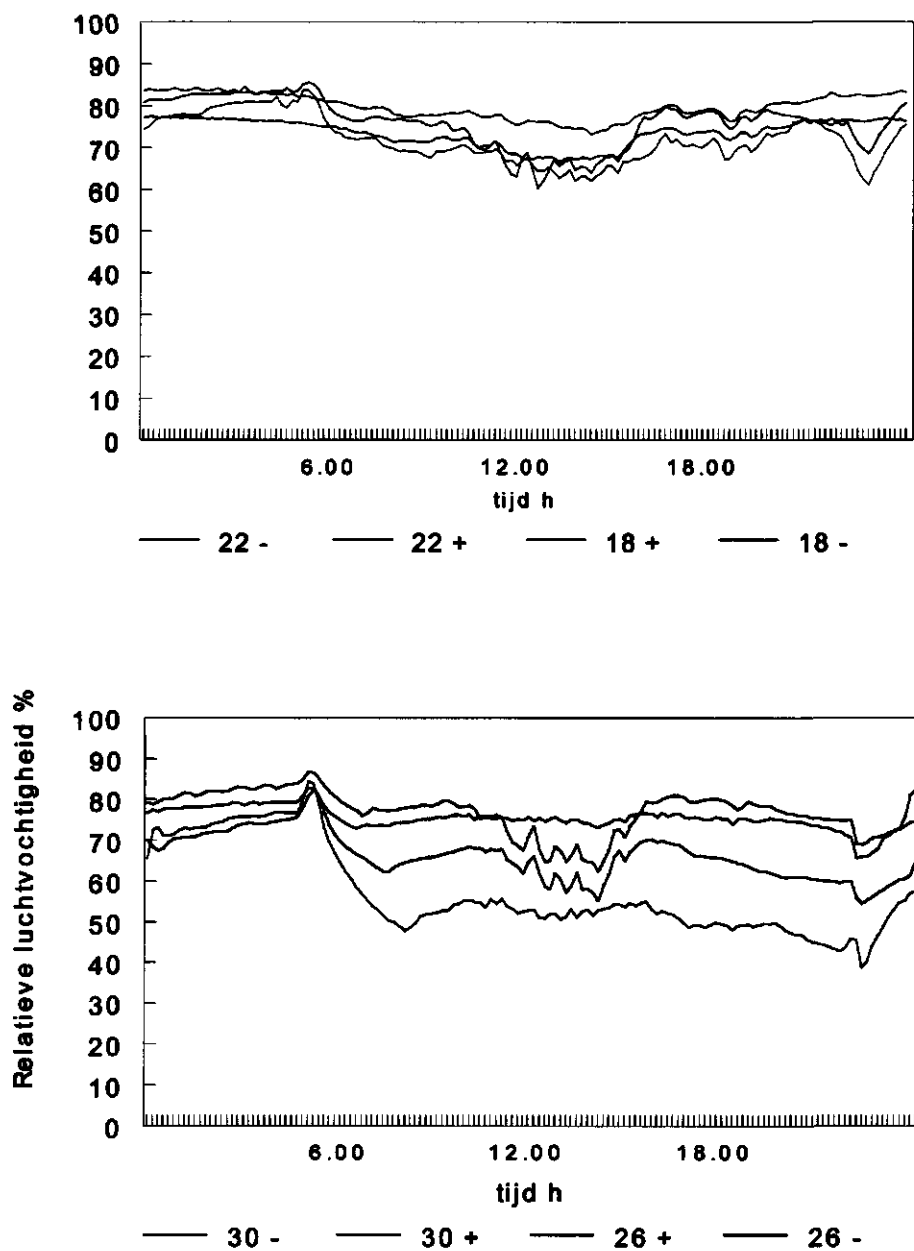
# BIJLAGE 1



**Figuur 1 - Dagsom van het PAR licht (PPF,  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) van 15 mei tot 23 juni 1999**

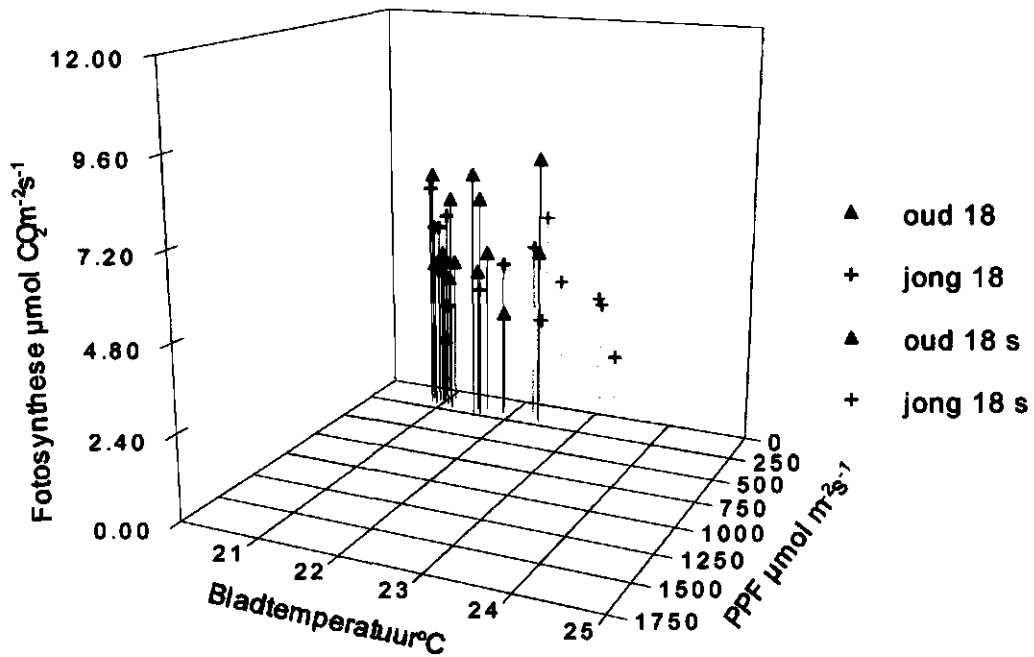


**Figuur 2 - Gerealiseerde kasttemperatuur op 17 juni 1999**

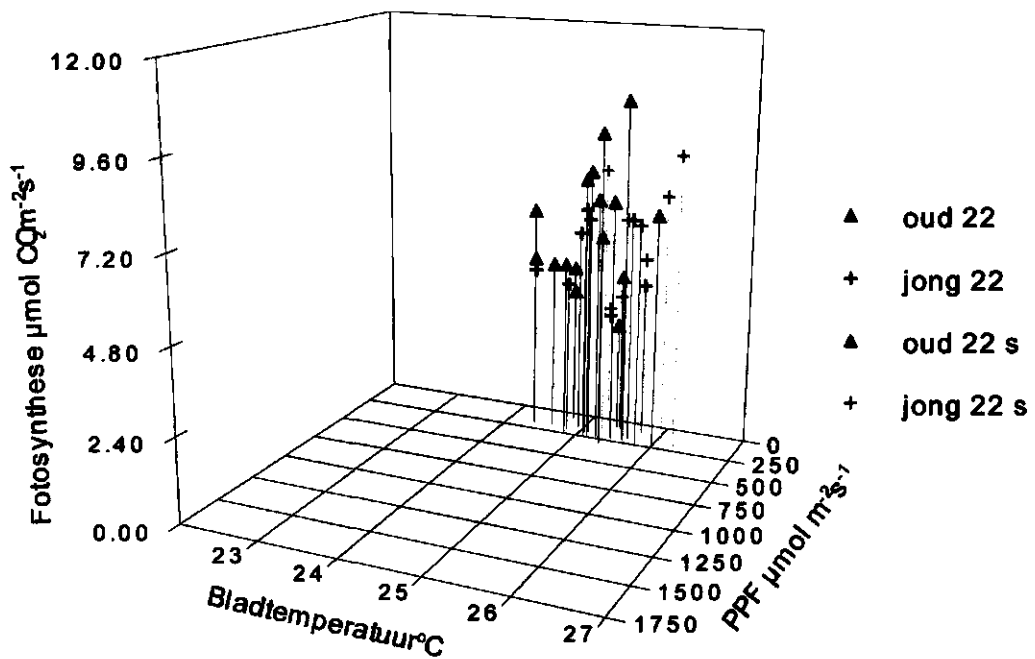


**Figuur 3 -** Relatieve luchtvochtigheid op 17 juni 1999

## BIJLAGE 2

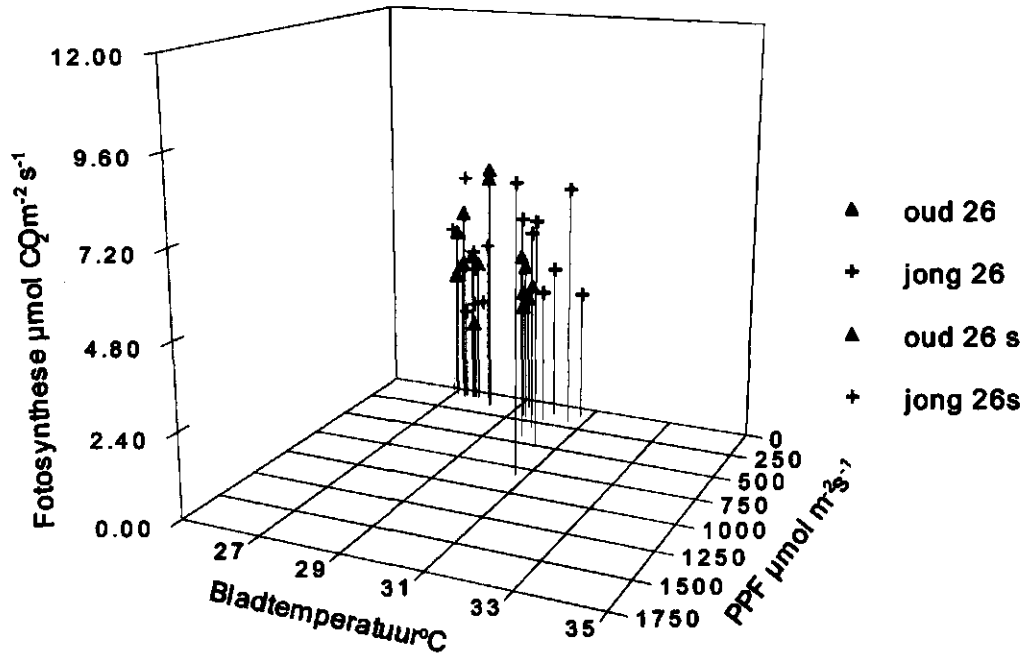


**Figuur 1 -** Fotosynthese x PAR x bladtemperatuur op 20 mei 1999 bij 18°C

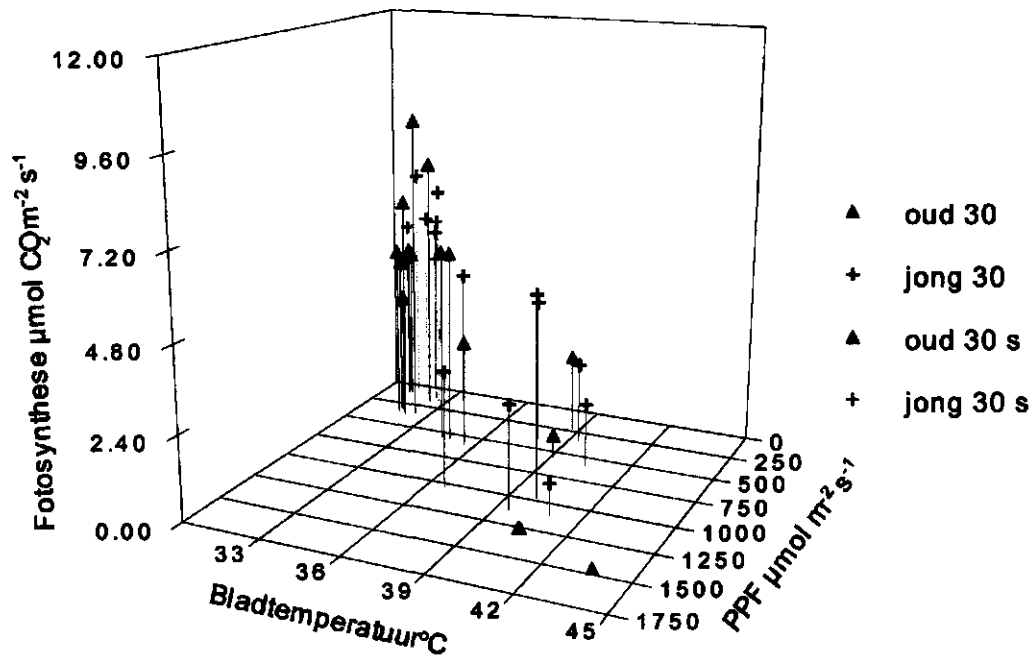


**Figuur 2 -** Fotosynthese x PAR x bladtemperatuur op 20 mei 1999 bij 22°C

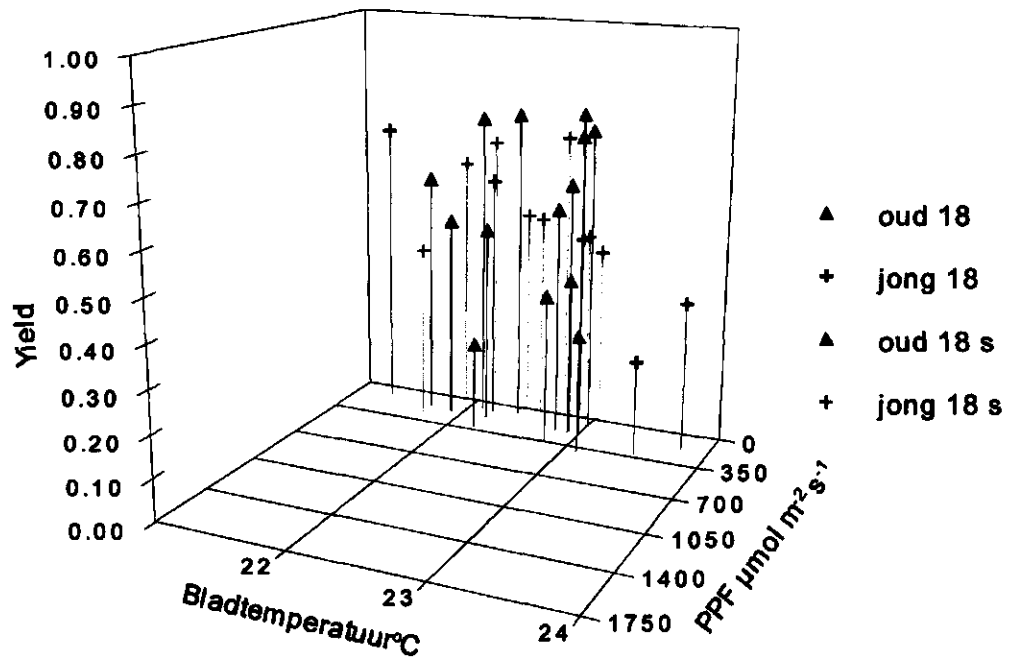




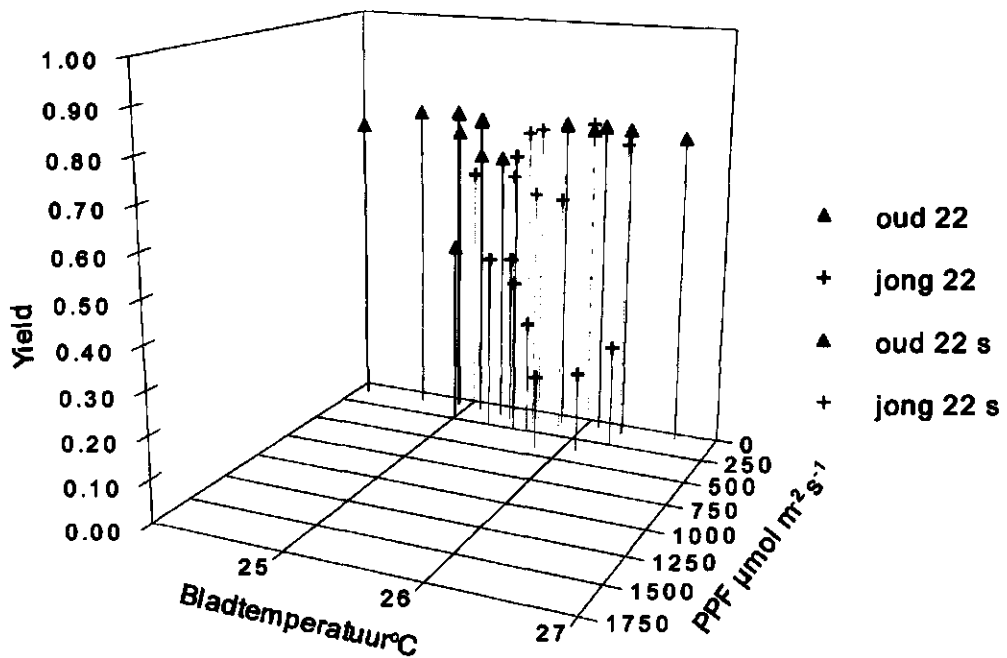
**Figuur 3 - Fotosynthese x PAR x bladtemperatuur op 17 juni 1999 bij 26°C**



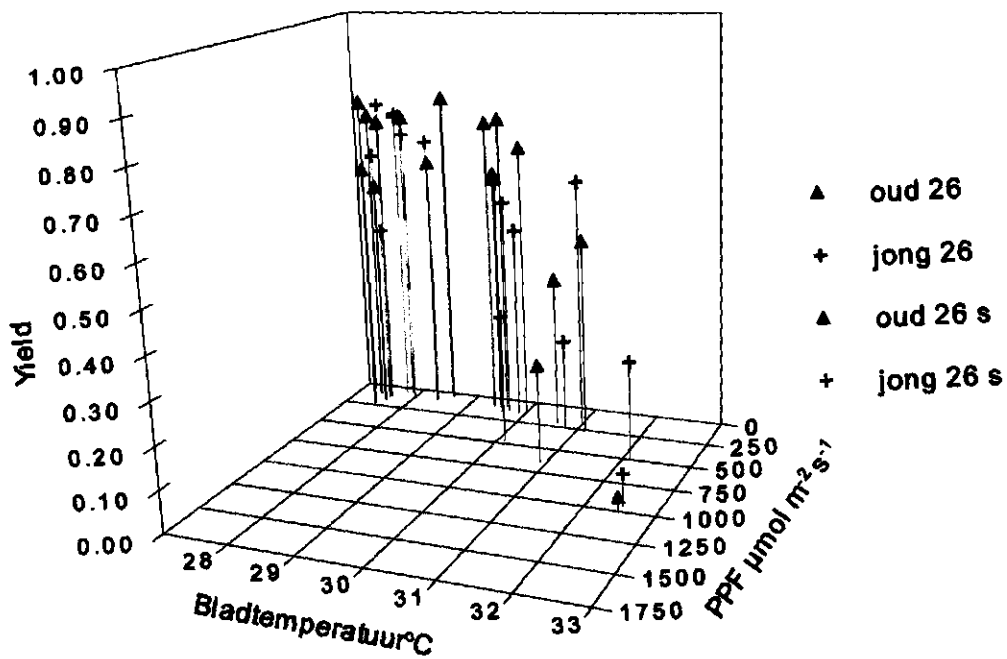
**Figuur 4 - Fotosynthese x PAR x bladtemperatuur op 17 juni 1999 bij 30°C**



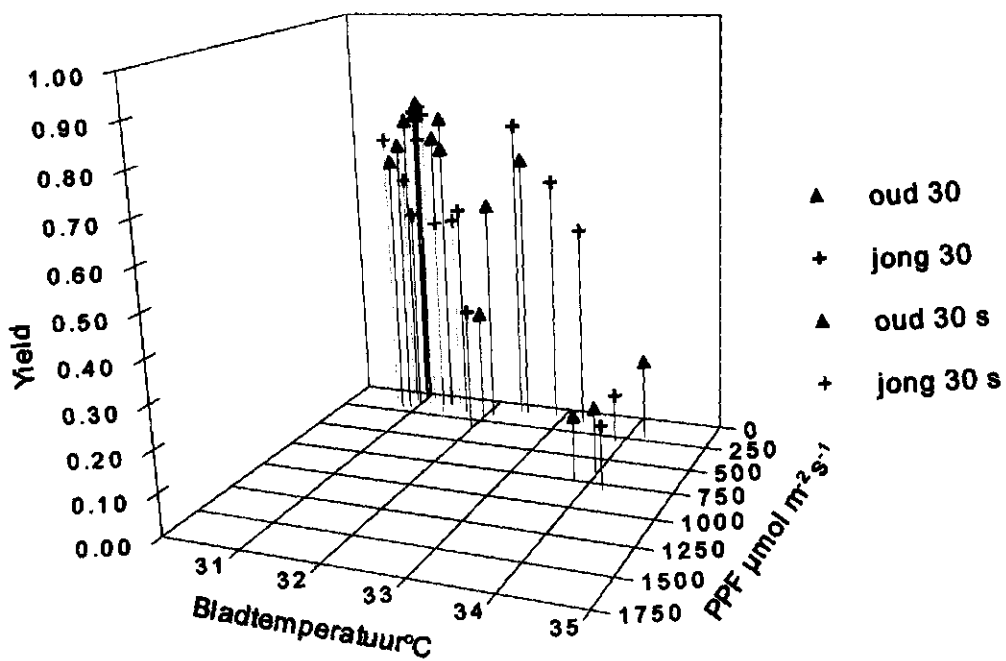
**Figuur 5 - Chlorofyl fluorescentie x PAR x bladtemperatuur op 17 juni 1999 bij 18°C**



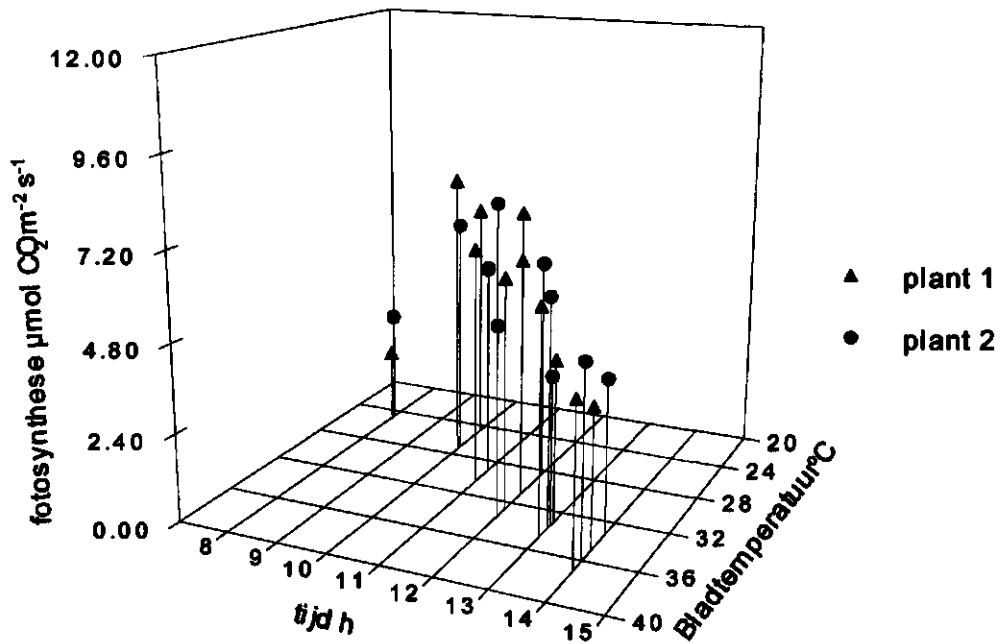
**Figuur 6 - Chlorofyl fluorescentie x PAR x bladtemperatuur op 17 juni 1999 bij 22°C**



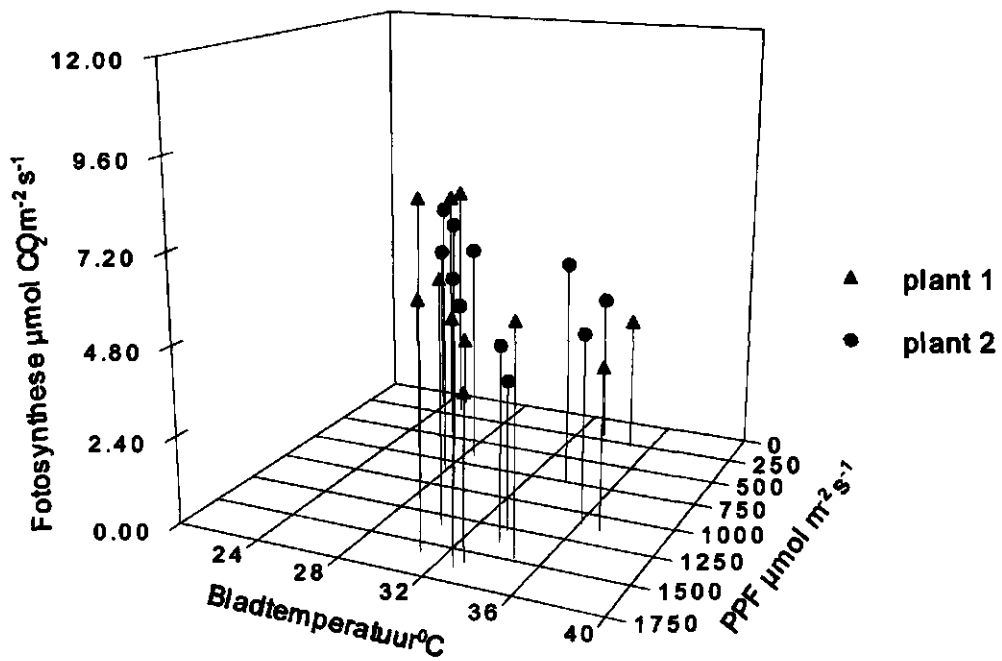
Figuur 7 - Chlorofyl fluorescentie x PAR x bladtemperatuur op 17 juni 1999 bij 26°C



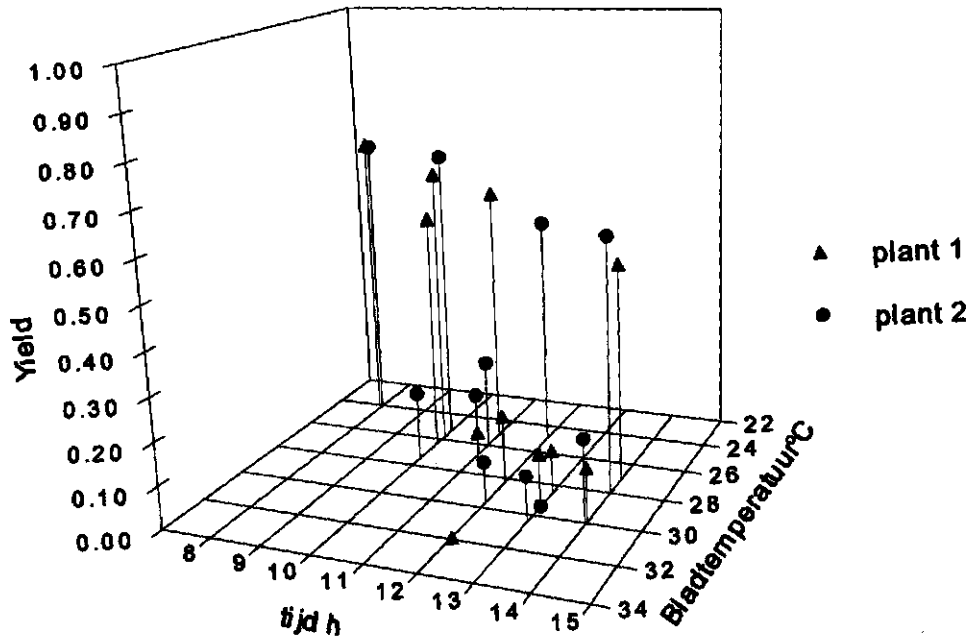
Figuur 8 - Chlorofyl fluorescentie x PAR x bladtemperatuur op 17 juni 1999 bij 30°C



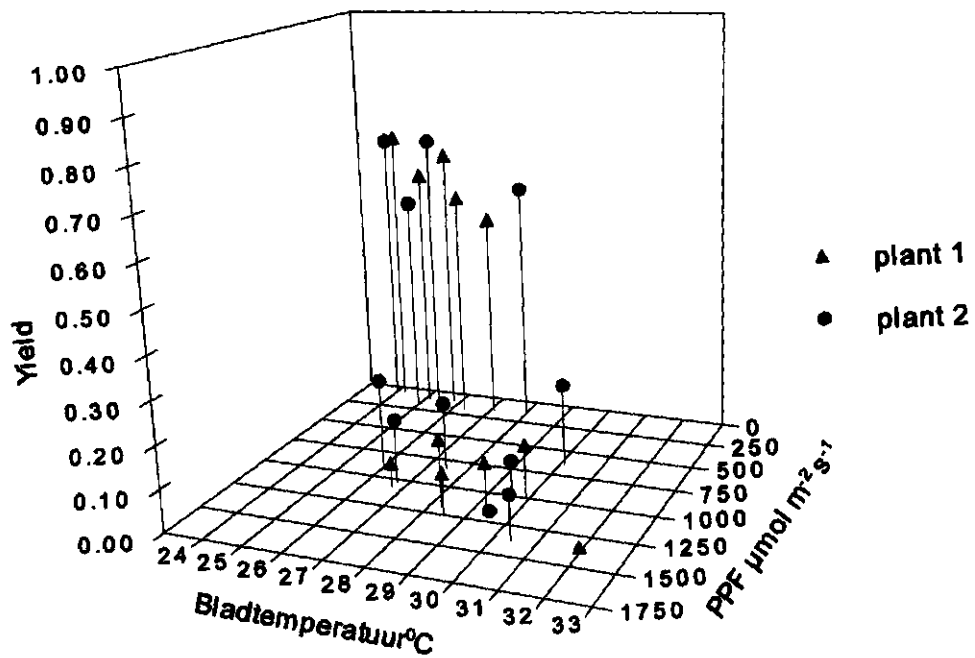
**Figuur 9 -** Fotosynthese x tijd x bladtemperatuur op 30 juli 1999 bij 22°C



**Figuur 10 -** Fotosynthese x PAR x bladtemperatuur op 30 juli 1999 bij 22°C



Figuur 11 - Yield x tijd x bladtemperatuur op 30 juli 1999 bij 22°C



Figuur 12 - Yield x PAR x bladtemperatuur op 30 juli 1999 bij 22°C