

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

ORIËNTERENDE FOTOSYNTHESEMETINGEN BIJ CYMBIDIUM ARCADIAN SUNRISE 'GOLDEN FLEECE'

Proef 1423

M.G. Warmenhoven
T. Blacquièrre
K. Uitermark

Aalsmeer, december 1998

Intern verslag 174

INHOUD

SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	9
2. MATERIAAL EN METHODEN	10
3. RESULTATEN EN DISCUSSIE	12
3.1 ORIËNTERENDE METINGEN VAN MAART 1998	12
3.2 METINGEN JULI EN AUGUSTUS 1998	13
3.2.1 Buiten klimaat op meetdagen	13
3.2.2 Fotosynthese en licht	13
3.2.3 Fotosynthese en Yield gedurende de dag	14
3.2.4 Fotosynthese en bladtemperatuur	15
3.2.5 Fotosynthese en huidmondjesweerstand en transpiratie	17
3.3 AANBEVELING	19
3.4 VERVOLG ONDERZOEK	19
LITERATUUR	20
BIJLAGE 1	21

SAMENVATTING

In de praktijk worden verschillende strategieën gebruikt om Cymbidium te laten groeien en bloeien. Het is niet duidelijk in welke mate factoren zoals bemesting, temperatuur en licht op de afzonderlijke vegetatieve en generatieve fasen invloed hebben. Als onderdeel van het projectvoorstel 'Ontwikkelen en toetsen van teeltstrategieën gericht op de sturing van groei en bloei bij Cymbidium' zijn oriënterend fotosynthese- en chlorofylfluorescentie (CF) –metingen gedaan. Op 20 juli 1998 is alleen de CF gemeten, terwijl op 6, 10 en 20 augustus naast CF ook de fotosynthese nog werd gemeten. De CO₂-concentratie was voor alle meetdagen gelijk aan die van de buitenlucht. Voor beide metingen is steeds het midden van het blad gebruikt.

Er wordt een grotere correlatie gevonden tussen de efficiëntie van de fotosynthese (Yield) en de temperatuur dan tussen Yield en de lichtintensiteit. Yield neemt af bij een stijgende lichtintensiteit. Bij een voldoende lage bladtemperatuur (ca. 25°C) blijft de fotosynthese optimaal tot ca. 700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPF. De optimale kasttemperatuur lijkt op deze meetdagen bij 25°C te liggen, dit is ook de temperatuur die in de literatuur genoemd wordt. Op alle dagen stijgt de bladtemperatuur boven de kasttemperatuur, dit kon oplopen tot een verschil van 12°C. Tot een bladtemperatuur van 33°C wordt de afname van de fotosynthese voornamelijk verklaard door het sluiten van de huidmondjes. Bij een stijgende bladtemperatuur boven de 33 °C daalt de fotosynthese; dit kon niet alleen verklaard worden door het sluiten van de huidmondjes.

1. INLEIDING

Als onderdeel van het projectvoorstel 'Ontwikkelen en toetsen van teeltstrategieën gericht op de sturing van groei en bloei bij *Cymbidium*' zijn in 1998 fotosynthese- en chlorofyl fluorescentie (CF) metingen gedaan.

De overall-reactie voor fotosynthese is:

koolzuurgas + water + energie → suiker + zuurstof of



Koolzuurgas wordt via de huidmondjes ingevangen. Er zijn drie verschillende fotosynthesesystemen, het meest gangbare is de C_3 -fotosynthese. *Cymbidium* behoort tot de C_3 -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_2 en licht is ook temperatuur een sturende factor van de fotosynthese. Bij een toenemende lichtintensiteit en verhoging van de CO_2 -concentratie zal de fotosynthesesnelheid toenemen. Verhoging van de fotosynthesesnelheid kan leiden tot een verhoging van de producten van koolhydraten.

Absorptie van lichtenergie vindt plaats in de pigmenten van planten, *chlorofylen* en in mindere mate *carotenoiden*. 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 onderdeel 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_2 -opname te bepalen. Met een CF-meter is de opbrengst van fluorescentie gemeten. Daarmee geeft CF-meting informatie over remming of schade aan het transport van elektronen van PSII.

Doel is om met behulp van fotosynthese- en CF-metingen inzicht te krijgen in factoren die van invloed zijn op de groei van *Cymbidium*.

Fotoinhibitie – schade aan het fotosyntheseapparaat als gevolg van overmatig licht. In de literatuur onderscheidt men twee soorten; reversibele fotoinhibitie en irreversibele fotoinhibitie (Hideg et al. 1997). Reversibele fotoinhibitie laat een snel herstel (uren) van de fotosynthese zien na een periode van hoog licht. Bij irreversibele fotoinhibitie is dit herstel langzaam (dagen). Bij beschadiging van het fotosyntheseapparaat zal de efficiëntie van de fotosynthese afnemen. De opname en verwerking van CO_2 neemt dus af en remt de groei.

2. MATERIAAL EN METHODEN

In deze proef is met behulp van een fotosynthesemeter (LI-6200, meet CO₂ in gesloten systeem van Li-Cor) de CO₂opname gemeten. Per fotosynthesemeting zijn tegelijkertijd de volgende parameters bepaald: RV, Tblad, PPF, CO₂, Photo en Rs (zie voor betekenis noot). Verder wordt met behulp van deze parameter de transpiratie berekend. Met een chlorofylfluorescentiemeter (PAM-2000 van Walz) is de Yield gemeten. Yield is een maat voor de efficiëntie van PSII die ligt tussen 0 en 1 (Bolher-Nordenkamp et al., 1989, Krause et al., 1984 en Genty et al., 1990). Bij een 'gezond gewas' zal dit rond de 0,8 liggen.

In maart 1998 is gedurende drie dagen (van 8.00 tot 10.15 uur) een zevental gezonde planten doorgemeten met de PAM-2000. Van deze planten is elk blad op drie plaatsen gemeten, te weten basis, midden en punt van het blad. Daarbij zijn ook de bladeren genummerd van jong naar oud en is de leeftijd van de bulb genoteerd (uit voorafgaand onderzoek is de bulbleeftijd bekend geworden). Met behulp van het statistisch programma Genstat is gezocht naar correlaties tussen de verschillende parameters en zijn gemiddelden tabellen samengesteld. Op de meetdagen was de lucht bewolkt. Opgemerkt moet worden dat op de eerste meetdag de lichtintensiteit (gemiddeld 34 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPF) op bladniveau tweemaal zo hoog was als op de twee volgende dagen. De lichtniveaus waren zeer laag, op een zomersé dag kan het lichtniveau wel oplopen tot 1400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPF. De gemiddelde kastemperatuur van 8.00 tot 10.15 uur was voor alle dagen gelijk, namelijk 17°C. Na deze eerste oriënterende metingen zijn op 20 juli, 6,10 en 20 augustus regelmatig gedurende de dag de opname van CO₂ en de chlorofylfluorescentie naast elkaar gemeten (op 20 juli alleen CF). Hierbij zijn steeds dezelfde volgroeide bladeren van een zevental gezonde bulbën gemeten. Dit waren volgroeide bladeren van relatief 'jonge' bulbën. Als meetpositie is voor het midden van het blad gekozen, dit naar aanleiding van de CF-metingen van maart 1998.

De metingen zijn gedaan aan Cymbidium Arcadian Sunrise 'Golden Fleece'. Dit is een grootbloemige vroegbloeiende Cymbidium. De planten waren opgepot met 'oxygrow' (50% steenwolvlakken en 50% polyfenolvlakken). Met behulp van druppelaars is standaard voeding gegeven. Voor de aanvang van de zomerperiode is het kasdek licht gekrijt. Bij een stralingsintensiteit van 600 W/m² liep het energiescherm dicht, dit neemt ongeveer 35% van het licht weg. Op meetdagen is daarom deze instelling geblokkeerd. Een half uur na zonsopgang werd de dosering van CO₂ gestart tot 700 ppm. De luchtramen openden bij een setpoint van 20°C waarna de dosering van CO₂ werd gestopt. Voor alle meetdagen gold dat op het tijdstip van de eerste metingen de ramen al zover en lang open waren dat in de kas de CO₂-concentratie gelijk was aan de buitenconcentratie. De klimaatgegevens tijdens deze dagen zullen bij de resultaten worden behandeld. Ook is de som van de fotosynthese per dag berekend, hierbij wordt aangenomen dat de overgang naar het volgende meettijdstip lineair verloopt.

Afkortingen: RV - relatieve luchtvochtigheid, Tblad - bladtemperatuur, PAR - Photosynthetically active radiation, PPF - Photosynthetic Photon Flux (400 - 700 nm), CO₂ - CO₂-concentratie in de meetkamer, Photo - netto fotosynthese snelheid, Rs - huidmondjes weerstand.

Gemeten parameters chlorofyl fluorescentie

Per CF-meting zijn tegelijkertijd de volgende parameters bepaald:

bladtemperatuur, PAR, Y, F_o , q_p , q_n , F_m' , F_m en ETR.

In programmatuur van de PAM-2000 worden de volgende formules gebruikt bij het berekenen van de parameters:

$$Y = (F_m' - F_t) / F_m' = \Delta F / F_m'$$

$$F_t = F_v + F_o$$

$$F_v = F_m - F_o$$

$$q_p = (\Delta F / F_m') - (F_m' - F_o)$$

$$q_n = (F_m - F_m') / (F_m - F_o)$$

$$NPQ = (F_m - F_m') / F_m'$$

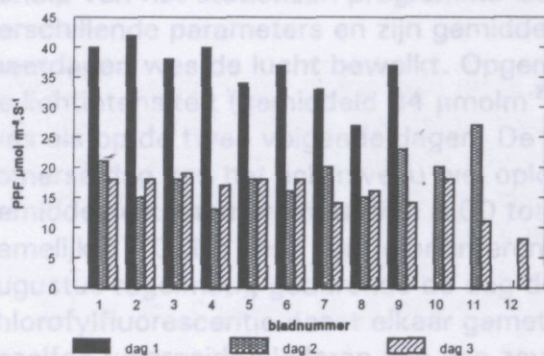
Afkortingen: Y - fluorescentie yield, q_p - fotochemische quenching van chlorofylfluorescentie, q_n - non-fotochemische quenching van chlorofylfluorescentie,

F_m' - maximale fluorescentie na belichten, F_m - maximale fluorescentie (na donker adaptatie), F_o - minimale fluorescentie, ETR - elektronentransport, F_v - variabele fluorescentie, F_t - fluorescentie op tijdstip x, NPQ - non-fotochemische quenching onafhankelijk van F_o .

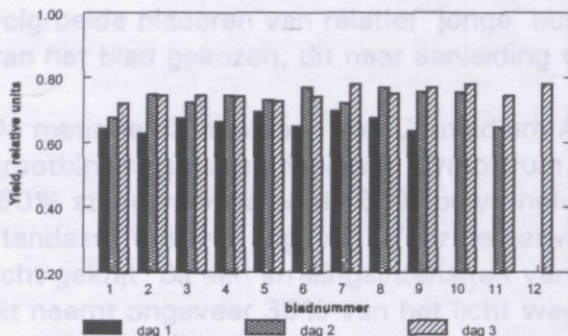
3. RESULTATEN EN DISCUSSIE

3.1 ORIËTERENDE METINGEN VAN MAART 1998

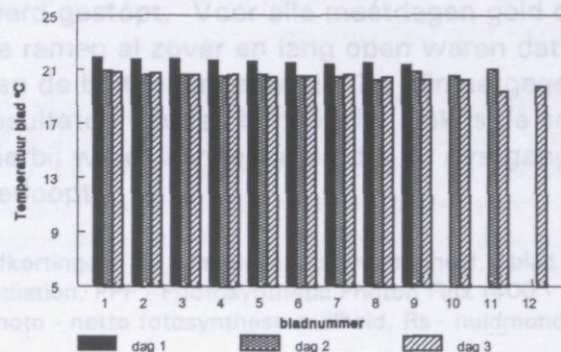
Buiten de correlaties die volgens de formules kunnen worden verwacht zijn er geen correlaties gevonden. Bij deze lage lichtintensiteit bleken bladleeftijd, bulbleeftijd en positie van meten geen invloed te hebben op de CF-parameters. Wel moet worden opgemerkt dat de variatie bij de bladbasis- en bladpunt-metingen (resultaten niet weergegeven) groter was dan wanneer in het midden van het blad werd gemeten. In het vervolg is het midden van het blad als meetpositie genomen. De hogere lichtintensiteit (Figuur 1) op de eerste dag laat een lagere Yield (Figuur 2) zien. Dit correleert met de hogere bladtemperatuur (Figuur 3) op de eerste dag.



Figuur 1 - Lichtintensiteit(PPF $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)



Figuur 2 - Yield PSII per dag per blad (van jong naar oud)

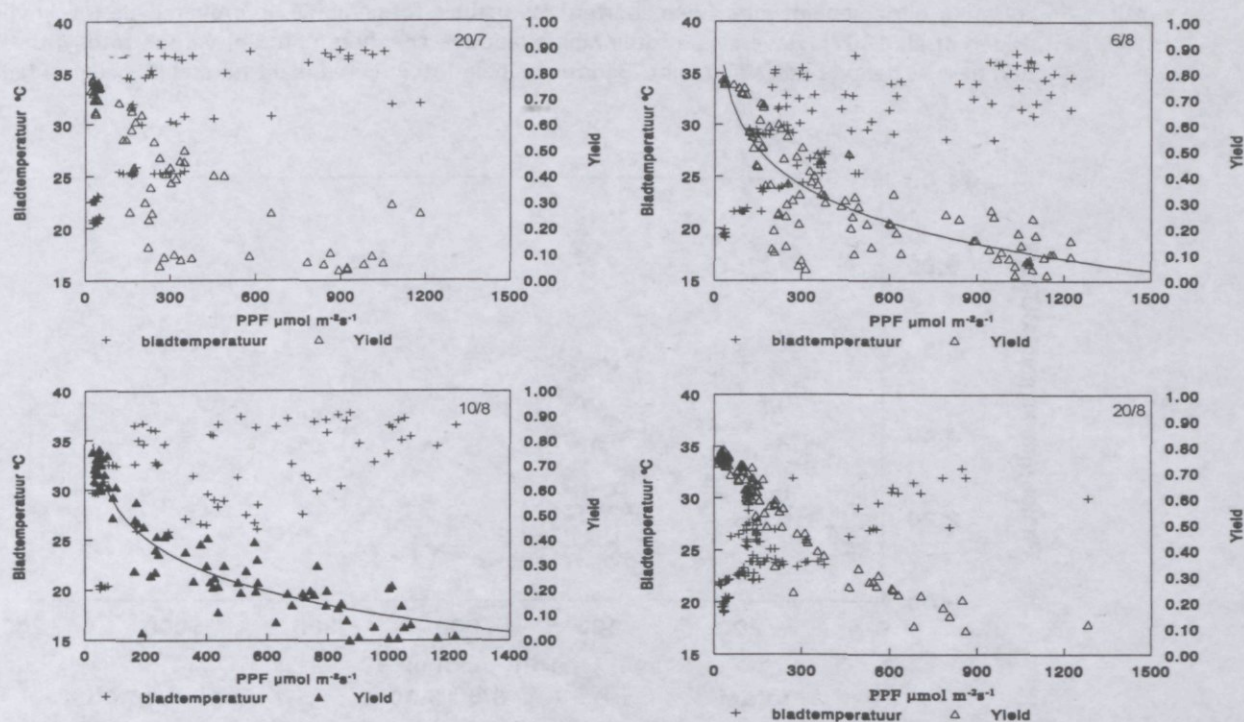


Figuur 3 - Bladtemperatuur per dag per blad (van jong naar oud)

3.2 METINGEN JULI EN AUGUSTUS 1998

3.2.1 Buitenklimaat op meetdagen

In Bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van het klimaat buiten de kas. Op 20 juli en 10 augustus komt de buitentemperatuur (Bijlage 1; Figuur 1) boven 30°C en is er de gehele dag een strak blauwe lucht. Ook 6 augustus heeft een strak blauwe lucht, echter de buitentemperatuur kent hier maar een maximum van 25°C. 20 augustus is een half bewolkte dag waarin zon en wolkendek elkaar regelmatig aflossen met een maximum buitentemperatuur van 20°C. In Figuur 2 van Bijlage 1 is goed te zien dat 20 augustus een halfbewolkte dag is. Verder is duidelijk dat ook bij een strak blauwe dag de lichtintensiteit soms toch iets fluctueert. De dip (Bijlage 1: Figuur 2) die steeds rond 8 uur 's morgens optreedt, is zeer waarschijnlijk het gevolg van het feit dat de PAR-meter tijdelijk in de schaduw meet. De stralingssom is voor de eerste drie dagen nagenoeg gelijk (Bijlage 1: Figuur 3). De hogere instraling na 16.00 uur zorgt er voor dat de relatieve luchtvochtigheid in de kas daalt tot 25% op 6 augustus (Bijlage 1: Figuur 4).



Figuur 4 - Correlatie Yield en PPF en bladtemperatuur en PPF op 20 juli, 6, 10 en 20 augustus 1998.

3.2.2 Fotosynthese en licht

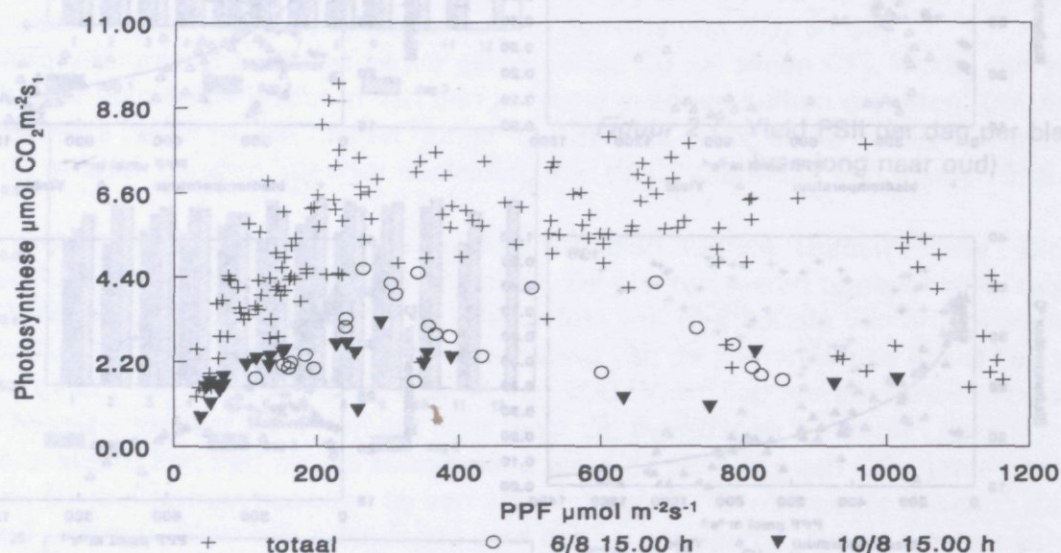
De invloed van licht en temperatuur op de fotosynthese is in de praktijk moeilijk van elkaar te scheiden. Bij een stijgende lichtintensiteit stijgt naast de temperatuur in de kas ook de bladtemperatuur. Op alle meetdagen neemt de efficiëntie van de fotosynthese af bij een stijgende lichtintensiteit (Figuur 4) en bladtemperatuur. De efficiëntie van de

fotosynthese (Yield) neemt op 20 juli en 10 augustus, als de buitentemperatuur 30°C is af bij een lagere lichtintensiteit dan op andere dagen. De grotere variatie in de efficiëntie van de fotosynthese op 20 juli, 6 en 10 augustus is mogelijk toe te schrijven aan reversibele fotoinhibitie* of waterstress van de fotosynthese tussen 15.00 - 18.00 uur. Factoren die hierbij een rol spelen zijn de buitentemperatuur (Bijlage 1: Figuur 1) in combinatie met een hoge lichtintensiteit (Bijlage 1: Figuur 2). Met uitzondering van 20 augustus, werd geen correlatie gevonden tussen PPF en bladtemperatuur.

Wanneer fotosynthese wordt uitgezet tegen PPF (Figuur 5) blijft de fotosynthese optimaal tot ca. 700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPF, mits de bladtemperatuur voldoende laag blijft. De metingen gedaan na 15.00 uur (op 6 en 10 augustus) zijn met aparte symbolen weergegeven. Min of meer onafhankelijk van de lichtintensiteit blijft in deze periode de fotosynthese laag. Bij bovengenoemde meetdagen kan men echter nog niet spreken van irreversibele fotoinhibitie van de fotosynthese. Hiervoor zijn twee redenen aan te voeren:

- 1) De F_0 -quenching (Bijlage 1: Figuur 5) van chlorophyllfluorescentie stijgt niet in de middag, alhoewel het licht fluctueert gedurende de dag. Uit de literatuur (Krause et al., 1984) is bekend dat in het geval van fotoinhibitie F_0 -quenching licht stijgt.
- 2) Als we de fotosynthese en Yield tegen de tijd in een grafiek zetten (Figuur 6), dan zien we dat aan het einde van elke dag de efficiëntie van de fotosynthese weer toeneemt.

* Fotoinhibitie – schade aan het fotosyntheseapparaat als gevolg van overmatig licht. In de literatuur onderscheidt men twee soorten; reversibele fotoinhibitie en irreversibele fotoinhibitie (Hideg et al. 1997). Reversibele fotoinhibitie laat een snel herstel (uren) van de fotosynthese zien na een periode van hoog licht. Bij irreversibele fotoinhibitie is dit herstel langzaam (dagen).

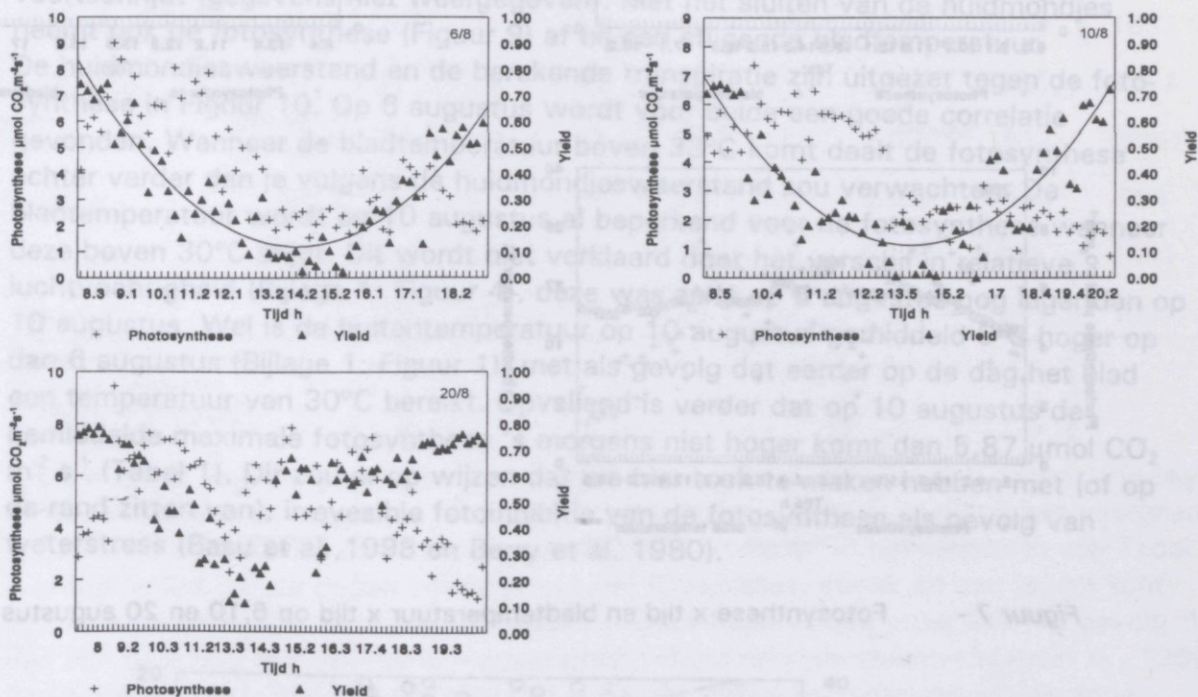


Figuur 5 - Fotosynthese en lichtintensiteit op 6, 10 en 20 augustus 1998

3.2.3 Fotosynthese en Yield gedurende de dag

Door de lage lichtintensiteit (Bijlage 1: Figuur 2) voor ca. 8.00 uur en na ca. 17.20 uur is op alle meetdagen de fotosynthese lager/dalende. Op 6 augustus neemt de fotosynthese vanaf ca. 16.00 uur weer toe (Figuur 6). Na 16.30 uur treedt op 10 augustus een zeer licht herstel op in de fotosynthese van 1.79 tot 2.32 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (meer hierover later). Rond 12.00 uur loopt op 20 augustus het energiescherm dicht - lichtintensiteit in de kas daalt tot ca. 100 PPF $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (gegevens niet

weergegeven) - door een tijdelijke stijging van de lichtintensiteit (buiten), hetgeen resulteert in een halvering van de fotosynthese (Figuur 6). Nadat het scherm handmatig geopend wordt stijgt de fotosynthese. Het is beter om bij dagen met sterk afwisselende lichtintensiteiten het energiescherm niet dicht te laten lopen. Als het eenmaal dicht is kan het soms wel uren duren voordat het weer open loopt. Bij deze relatief lage bladtemperaturen herstelt de fotosynthese snel na een tijdelijk hoge lichtintensiteit.

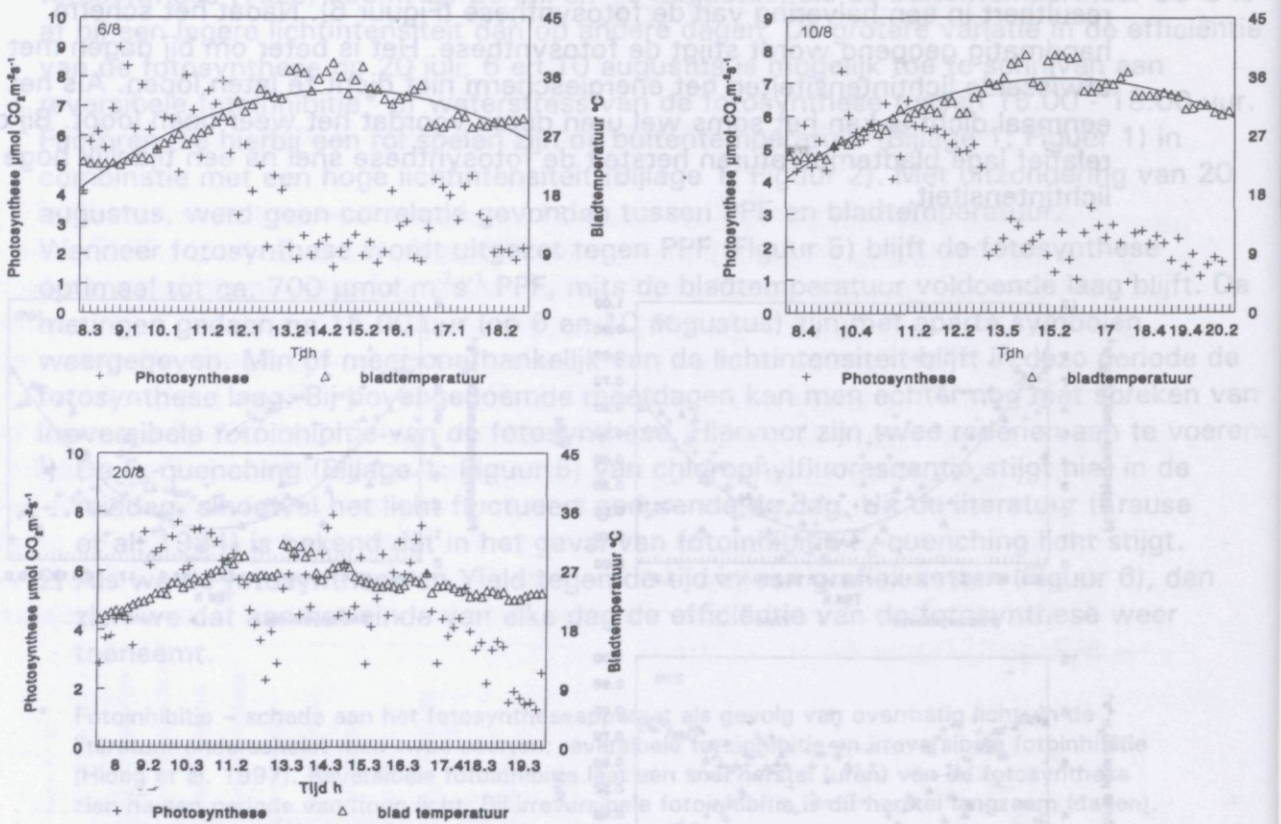


Figuur 6 - Fotosynthese x tijd en Yield x tijd op 6, 10 en 20 augustus 1998

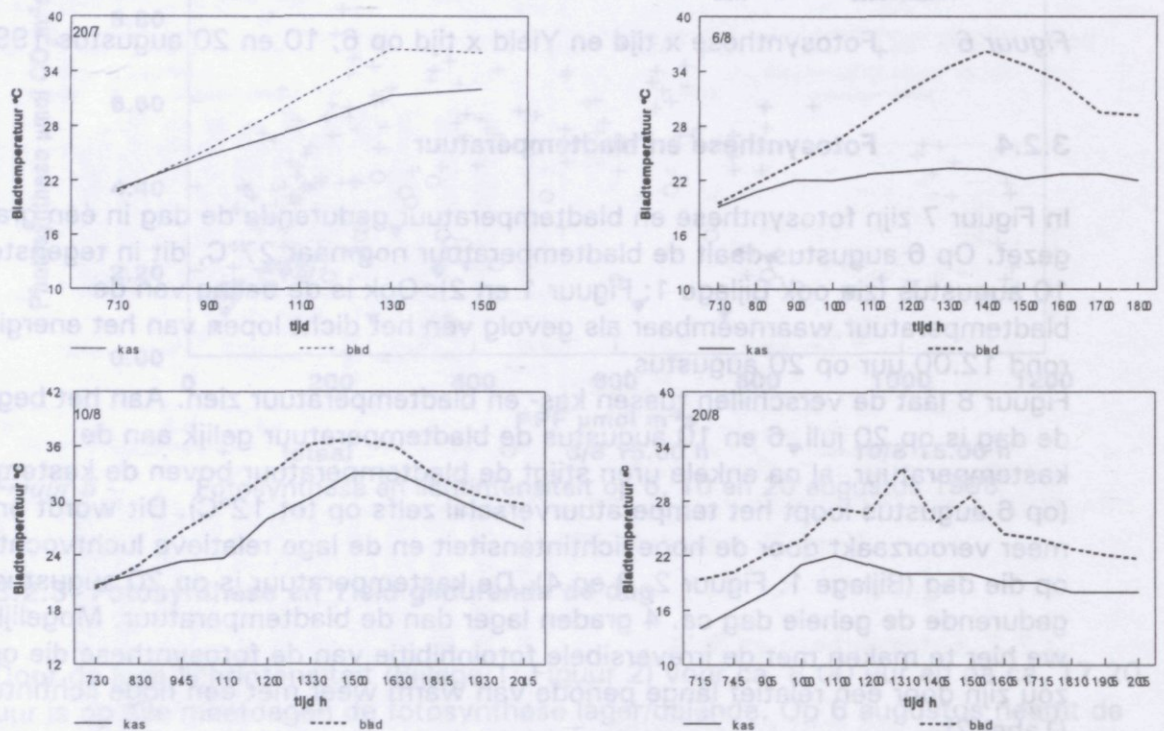
3.2.4 Fotosynthese en bladtemperatuur

In Figuur 7 zijn fotosynthese en bladtemperatuur gedurende de dag in één grafiek gezet. Op 6 augustus daalt de bladtemperatuur nog naar 27°C, dit in tegenstelling tot 10 augustus (zie ook Bijlage 1: Figuur 1 en 2). Ook is de daling van de bladtemperatuur waarneembaar als gevolg van het dicht lopen van het energiescherm rond 12.00 uur op 20 augustus.

Figuur 8 laat de verschillen tussen kas- en bladtemperatuur zien. Aan het begin van de dag is op 20 juli, 6 en 10 augustus de bladtemperatuur gelijk aan de kastemperatuur, al na enkele uren stijgt de bladtemperatuur boven de kastemperatuur (op 6 augustus loopt het temperatuurverschil zelfs op tot 12°C). Dit wordt onder meer veroorzaakt door de hoge lichtintensiteit en de lage relatieve luchtvochtigheid op die dag (Bijlage 1: Figuur 2, 3 en 4). De kastemperatuur is op 20 augustus gedurende de gehele dag ca. 4 graden lager dan de bladtemperatuur. Mogelijk hebben we hier te maken met de irreversibele fotoinhibitie van de fotosynthese die ontstaan zou zijn door een relatief lange periode van warm weer met een hoge lichtintensiteit (Tabel 2).



Figuur 7 - Fotosynthese x tijd en bladtemperatuur x tijd op 6,10 en 20 augustus 1998



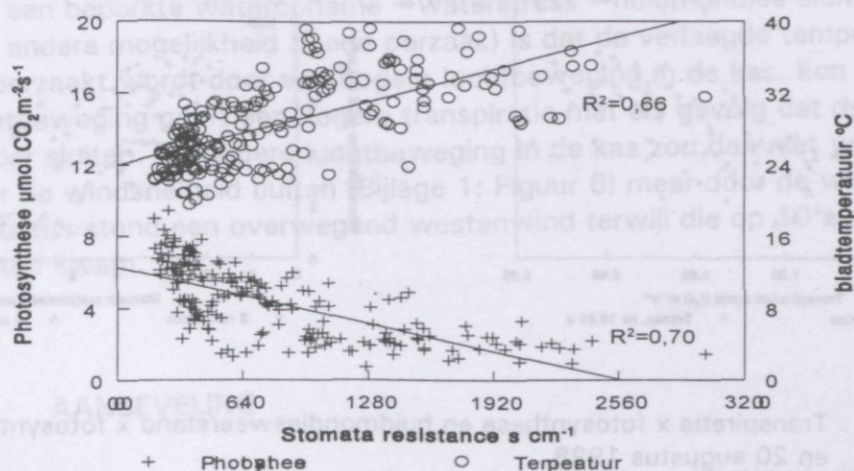
Figuur 8 - Temperatuur in blad (gemiddelde; n=7) en kas op 6 juli, 6, 10 en 20 augustus 1998

3.2.5 Fotosynthese en huidmondjesweerstand en transpiratie

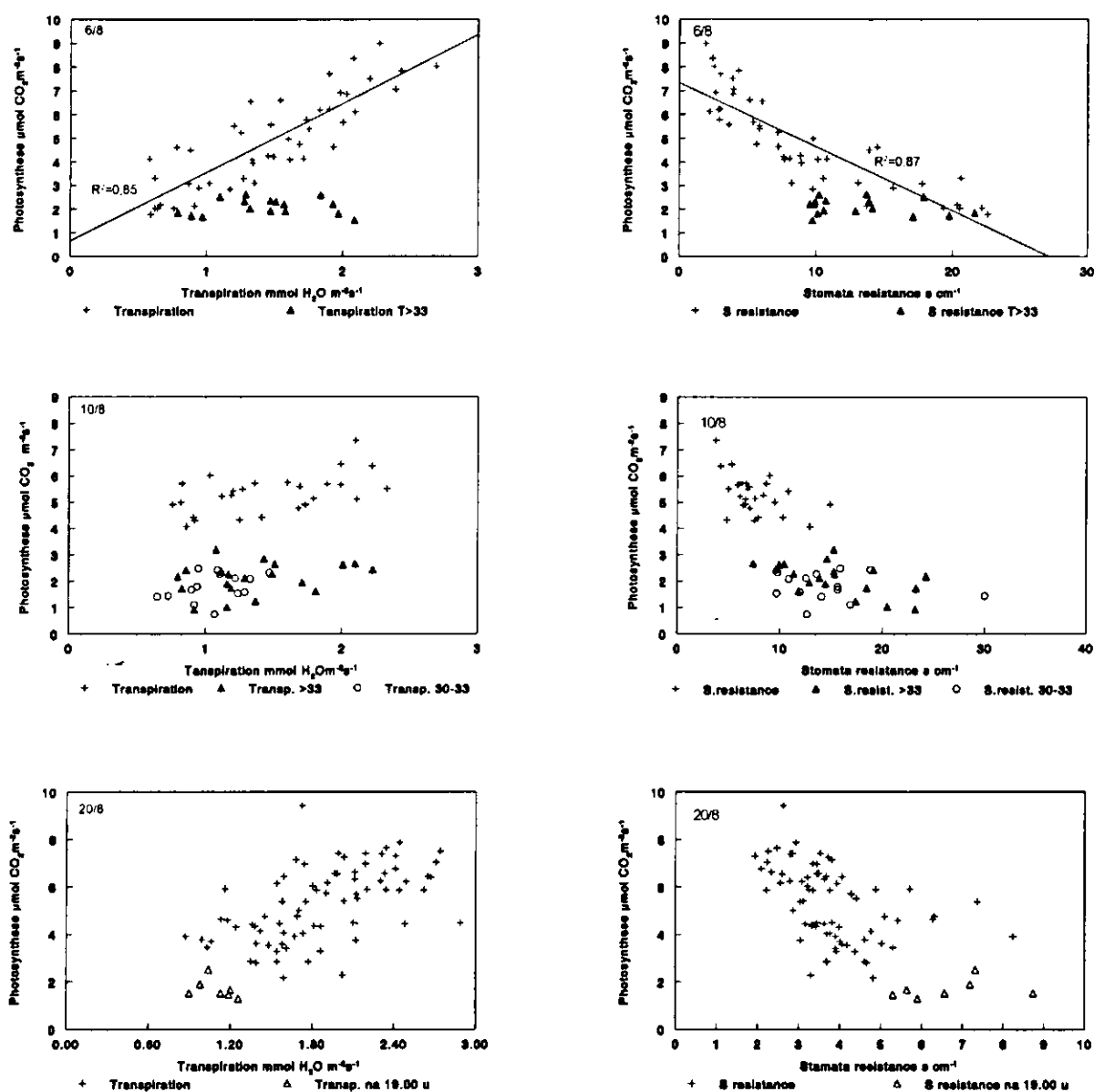
Van sommige plantensoorten (b.v. Anthurium) is bekend dat rond een uur of twaalf de huidmondjes sluiten (middagdepressie). De waarnemingen van 20 augustus geven geen aanleiding om aan te nemen dat Cymbidium Arcadian Sunrise 'Golden Fleece' een middagdepressie heeft.

Op 6 en 10 augustus gaan de huidmondjes steeds verder dicht als de tijd voortschrijdt (gegevens niet weergegeven). Met het sluiten van de huidmondjes neemt ook de fotosynthese (Figuur 9) af bij een stijgende bladtemperatuur.

De huidmondjesweerstand en de berekende transpiratie zijn uitgezet tegen de fotosynthese in Figuur 10. Op 6 augustus wordt voor beide een goede correlatie gevonden. Wanneer de bladtemperatuur boven 33°C komt daalt de fotosynthese echter verder dan je volgens de huidmondjesweerstand zou verwachten. De bladtemperatuur wordt op 10 augustus al beperkend voor de fotosynthese wanneer deze boven 30°C stijgt. Dit wordt niet verklaard door het verschil in relatieve luchtvochtigheid (Bijlage 1: Figuur 4), deze was zelfs op 6 augustus nog lager dan op 10 augustus. Wel is de buitentemperatuur op 10 augustus gemiddeld 5°C hoger op dan 6 augustus (Bijlage 1: Figuur 1), met als gevolg dat eerder op de dag het blad een temperatuur van 30°C bereikt. Opvallend is verder dat op 10 augustus de gemiddelde maximale fotosynthese 's morgens niet hoger komt dan 5,87 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tabel 1). Dit zou er op wijzen dat we hier toch te maken hebben met (of op de rand zitten van), irreversible fotoinhibitie van de fotosynthese als gevolg van waterstress (Basu et al., 1998 en Berry et al. 1980).



Figuur 9 - Correlatie huidmondjesweerstand x fotosynthese en huidmondjesweerstand x temperatuur op 6, 10 en 20 augustus 1998



Figuur 10 - Transpiratie x fotosynthese en huidmondjesweerstand x fotosynthese op 6,10 en 20 augustus 1998.

Tabel 1 - Maximale fotosynthese (gemiddeld per meettijdstip) $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, fotosynthese $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$ en de lichtsom J/cm^2 op 6,10 en 20 augustus.

	6 augustus	10 augustus	20 augustus
Maximale fotosynthese	7,05	5,87	6,97
Som fotosynthese	174861	140796	219033
Lichtsom	2400	2400	1500

Tabel 2 - Maximale buitentemperatuur °C, kastemperatuur °C, en stralingssom J cm⁻² in week 32 en 33.

	Buitentemperatuur			kastemperatuur			stralingssom		
	32	33	34	32	33	34	32	33	34
Maandag *	21	31	23	24	33	25	1977	2346	1779
Dinsdag	20	30	22	23	31	25	2059	2250	1857
woensdag	19	27	23	22	27	26	1045	2091	2117
donderdag **	25	19	22 ⁺	27	23	23 ⁺	2457	1827	1599 ⁺
vrijdag	26	24	19	29	25	22	2303	1413	994
zaterdag	27	20	18	29	23	23	2474	983	1501
zondag	23	22	18	27	25	22	2318	1973	1007

* vet = 10 augustus
** vet = 6 augustus
+ vet = 20 augustus

Als we kijken naar de geschatte som van de fotosynthese zien we dat ondanks de lagere lichtintensiteit op 20 augustus, er meer CO₂ wordt opgenomen. Zoals uit het voorgaande is gebleken is vooral de bladtemperatuur bepalend in deze. In het overzicht van Tabel 2 wordt duidelijk dat de dagen voorafgaand aan 6 augustus, koeler en een lagere lichtintensiteit hadden dan die voor 10 augustus. Deze hoge temperatuur kan het gevolg zijn van een beperkte wateropname → waterstress → huidmondjes sluiten (Berry et al., 1980). Een andere mogelijkheid (mede oorzaak) is dat de verlaagde temperatuurtolerantie veroorzaakt wordt door een hogere luchtbeweging in de kas. Een hogere luchtbeweging geeft een hogere transpiratie met als gevolg dat de huidmondjes verder sluiten. De hogere luchtbeweging in de kas zou dan niet worden veroorzaakt door de windsnelheid buiten (Bijlage 1: Figuur 6) maar door de windrichting. Op 6 augustus stond een overwegend westenwind terwijl die op 10 augustus uit het oosten kwam.

3.3 AANBEVELING

Wanneer op een dag de bewolking en zon elkaar regelmatig afwisselen is het raadzaam om het 'energiescherm' niet te laten dichtlopen (in verband met threshold en de tijd nodig voor openen en sluiten).

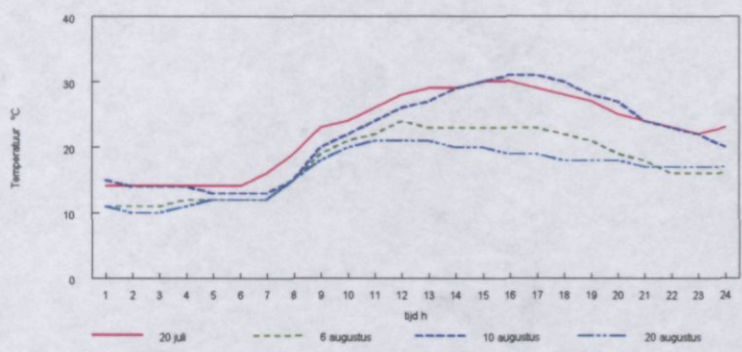
3.4 VERVOLG ONDERZOEK

In vervolgonderzoek zal in geconditioneerde kassen worden gekeken naar de invloed van CO₂, lichtintensiteit en temperatuur en hun interacties op de fotosynthesesnelheid en -efficiëntie (Yield).

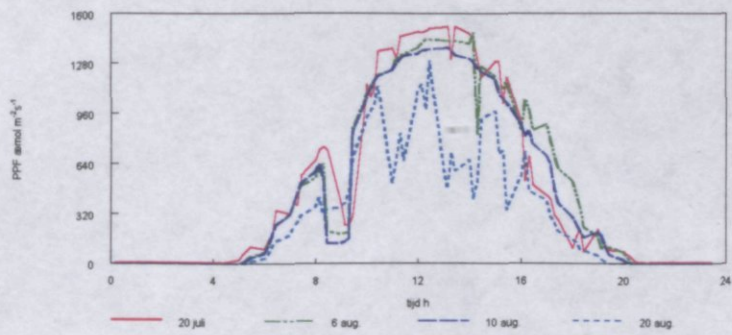
LITERATUUR

- Basu, P.S., A. Sharma and N.P. Sukumaran, 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by waterstress. *Photosynthetica* 35(1): 13-19.
- 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
- Hideg E. and N. Murata, 1997. The irreversible photoinhibition of photosystem II complex in leaves of *Vicia faba* under strong light. *Plant Science* 130, 151-158
- 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.

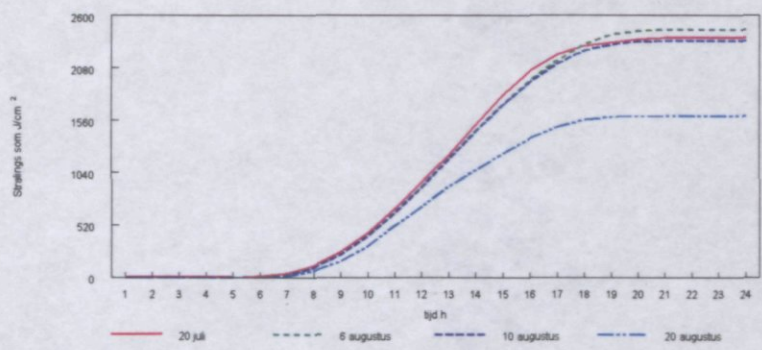
BIJLAGE 1



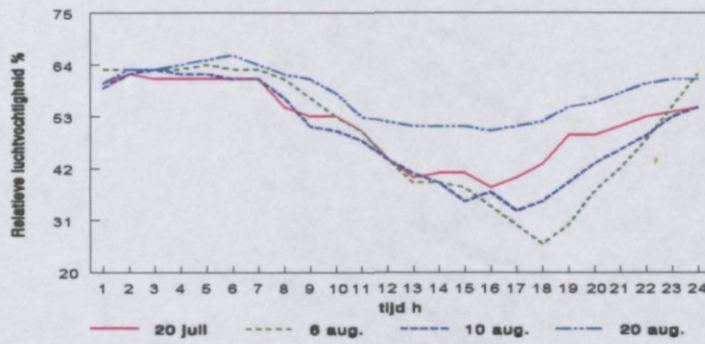
Figuur 1 - Buitentemperatuur tijdens de meetdagen (uur gemiddelde)



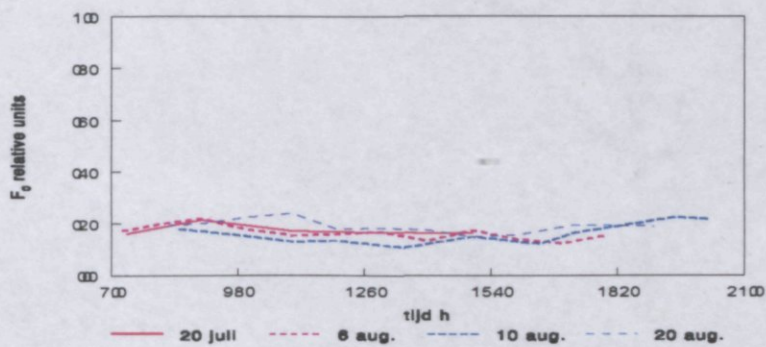
Figuur 2 - PAR-licht buiten tijdens de meetdagen (15 minuten gemiddelde)



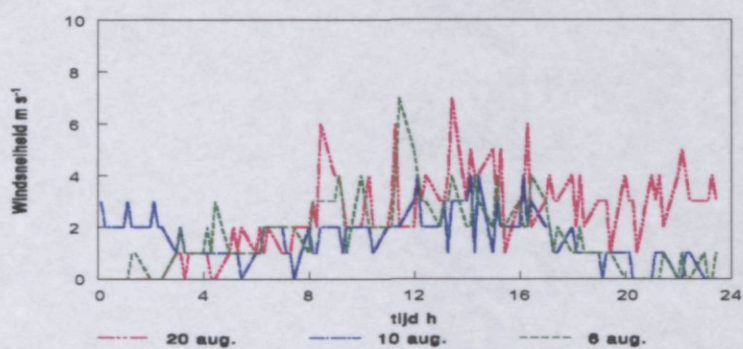
Figuur 3 - Stralingsom tijdens de meetdagen



Figuur 4 - Relatieve luchtvochtigheid (%) in de kas tijdens de meetdagen



Figuur 5 - F_0 quenching van chlorofyl fluorescentie metingen in juli en augustus



Figuur 6 - Windsnelheid buiten (15 minuten gemiddelde)