

# Beheersing intrinsieke kwaliteit potplanten met als pilot Ficus en Anthurium

Deelproject 1b. Bepaling intrinsieke kwaliteit van uitgangsmateriaal Ficus

Jan Snel, Henk Jalink, Rob van der Schoor, Susana Carvalho, Ep Heuvelink,  
Paul Dijkhuis & Helma Verberkt,

in samenwerking met Jan van Geest







# Beheersing intrinsieke kwaliteit potplanten met als pilot Ficus en Anthurium

Deelproject 1b. Bepaling intrinsieke kwaliteit van uitgangsmateriaal Ficus

Jan Snel, Henk Jalink, Rob van der Schoor, Susana Carvalho<sup>1</sup>, Ep Heuvelink<sup>1</sup>,  
Paul Dijkhuis<sup>2</sup> & Helma Verberkt<sup>3</sup>,

in samenwerking met Jan van Geest<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Wageningen Universiteit, leerstoelgroep Tuinbouwketens

<sup>2</sup> Plant Research International

<sup>3</sup> DLV Plant Wageningen

<sup>4</sup> Esperit Plants, 's Gravenzande

© 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



Dit project is gefinancierd door het productschap Tuinbouw (projectnummer 11973)

## **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](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	1
2 Doel	2
3 Experimentele opzet	3
4 Resultaten	5
5 Conclusies	9
6 Begrippen en afkortingen	10
7 Referenties	11
Bijlage I. Beeldmateriaal en gegevens	3 pp.
Bijlage II. MIPS - Multiple Imaging van Plant Stress	2 pp.



# 1 Inleiding

De teelt van potplanten kent een hoge graad van mechanisatie en geautomatiseerde kwaliteitsbeheersing. De kwaliteit waarop gestuurd wordt in de productie is echter een externe kwaliteit zoals vorm, grootte (zie proefschrift M. Dijkshoorn-Dekker, 2002), kleur, etc. De kwaliteit wordt ook steeds meer bepalend voor de prijs van het product zoals blijkt uit steeds grotere prijsfluctuaties op de klok tussen identieke soorten op dezelfde dag. Daarmee komt de behoefte aan intrinsieke kwaliteit duidelijk in beeld. Het gaat hierbij om de kwaliteit zoals die door de consument ervaren zal worden na aankoop van het product. Deze kwaliteit wordt beïnvloed door de teeltomstandigheden en zou gedurende het ontwikkelingsproces van de planten gemeten moeten kunnen worden om de teelt te kunnen optimaliseren. Hiermee kan de producent de consument tevreden stellen met zijn of haar aankoop. Een kwaliteitsaspect waarmee de consument ook in de toekomst blijft aankopen. Ook het onderscheid van de Nederlandse teler ten opzichte van de buitenlandse concurrentie wordt hiermee versterkt.

Aan de basis van de uiteindelijke productkwaliteit staat de kwaliteit van het uitgangsmateriaal: de homogeniteit van het uitgangsmateriaal zowel uitwendig als inwendig, bv. qua groeikracht, is sterk bepalend voor de kwaliteit van het gewas en de ontwikkeling daarvan. Om partijgericht te kunnen sturen in een teelt is homogeniteit binnen een partij van groot belang. Dit geldt zowel voor de uitwendige als de inwendige (intrinsieke) kwaliteit.

## **2 Doel**

Bepaling van de intrinsieke productkwaliteit om de groei­kracht van Ficus stekken te kunnen voorspellen.



## 3 Experimentele opzet

Er werden twee experimenten uitgevoerd met stekken van *Ficus benjamina* van plantenkwekerij Esperit Plant.

### Experiment 1

Drie stekken op plug in een steenwolblok werden gedurende minimaal 48 uur voor de eerste Mini-PAM metingen geacclimatiseerd aan de condities in de klimaatkamer (Fig. 1, Appendix). De klimaatkamer had de volgende setpoints: temperatuur 20°C, relatieve vochtigheid 80-85%. De verlichting bestond uit Philips TL buizen (58W, kleur 84) met een dag/nacht periode van 16/8 uur met een lichtintensiteit van ca. 40  $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  op planthoogte. De groei werd bepaald op basis van het geprojecteerde plantoppervlak. Dit werd gemeten in de MIPS-cabinet op de dag na de Mini-PAM meting. Na de MIPS meting werden de stekken opgepot (19 januari 2005) in 14cm potten met standaard potgrond. De planten werden gedurende twee weken opgekweekt in een compartiment van een Venlo type kas op de Kortenoord locatie van Wageningen UR. Na deze periode werden de planten teruggebracht naar de klimaatkamer op de leerstoelgroep Tuinbouwproductietekens voor de Mini-PAM en naar Plant Research International voor de MIPS metingen. De gemiddelde globale straling in het kascompartiment over de groeiperiode was 14 mol  $\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  (Fig. 2, Appendix).

### Experiment 2

De experimentele opzet van experiment 2 was vergelijkbaar met die van experiment 1, maar nu werd maar een stek per plug gebruikt om problemen met veranderende posities en overlappende bladeren ten gevolge van het oppotten in experiment 1 te voorkomen (zie hoofdstuk 2 resultaten). Van een aantal stekken werd een deel van het wortelstelsel verwijderd. Om directe effecten van wondstress uit te sluiten werd een acclimatisatieperiode van 5 dagen aangehouden tussen het oppotten en de eerste Mini-PAM en MIPS meting. De gemiddelde globale straling in het kascompartiment over de groeiperiode van twee weken was 67 mol  $\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  (Fig. 2, Appendix).

### Behandelingen

In beide experimenten werden twee partijen van verschillende achtergrond met elkaar vergeleken. In experiment 1 is een partij van een groene cultivar van 'goede kwaliteit' vergeleken met een partij van 'mindere kwaliteit' van een 'variegata' cultivar. De partijen werden geselecteerd op basis van het oordeel van de plantenkweker. In experiment 2 werden de batches gekozen op basis van verschillende herkomst: 'conventionele moederplant' en 'in vitro moederplant' van een 'golden' cultivar. De verwachting was dat de stekken van de in vitro moederplant meer groeikracht zouden bezitten. Van een deel van de stekken afkomstig van 'conventionele' moederplanten is een deel van het wortelstelsel verwijderd om stekken met breed spectrum aan groeikracht te verkrijgen. Dit resulteerde in de volgende planten (zie Fig. 3, Appendix): 100% plug (controle), 75% plug (25% van onderkant plug verwijderd), 50% plug (50% van onderkant plug verwijderd) en 25% plug (75% van onderkant plug verwijderd).

### Metingen

Non-destructieve metingen werden uitgevoerd aan 28 (Exp. 1) resp. 25 planten (Exp. 2) per partij. De behandelingen met kunstmatig aangebrachte verschillen in groeikracht werden uitgevoerd aan zes planten per behandeling.

#### *Puntmeting met de Mini-PAM Chlorophyll Fluorometer*

Met de Mini-PAM is de actuele PSII efficiëntie (=efficiëntie fotosynthese in het licht) gemeten. Per plug werd aan drie volledig ontwikkelde en aan het licht blootgestelde bladeren gemeten. De Mini-PAM metingen werden twee maal per dag uitgevoerd: 1 uur na het begin van de lichtperiode en 1 uur voor het begin van de donkerperiode. Voor deze twee metingen werden dezelfde bladeren gebruikt.

### *Multiple Imaging of Plant Stress (MIPS)*

Met de MIPS-cabinet (zie Fig. 1.4) werden van bovenaf chlorofylfluorescentie- en kleurenbeelden gemaakt van de gehele plant. De metingen werden gedaan na 30 s donkeradaptatie in de MIPS-cabinet. Uit de chlorofylfluorescentie-beelden werden de maximale PSII efficiëntie (potentiële fotosynthese in donker, gemeten na 30s donkeradaptatie) en het geprojecteerde plant oppervlak (LA) berekend.

De relatieve oppervlaktegroeisnelheid (RGR) werd berekend op basis van de begin- en eindgrootte van de planten zoals gemeten met de MIPS.

## **Berekeningen**

### *Geprojecteerd plantoppervlak*

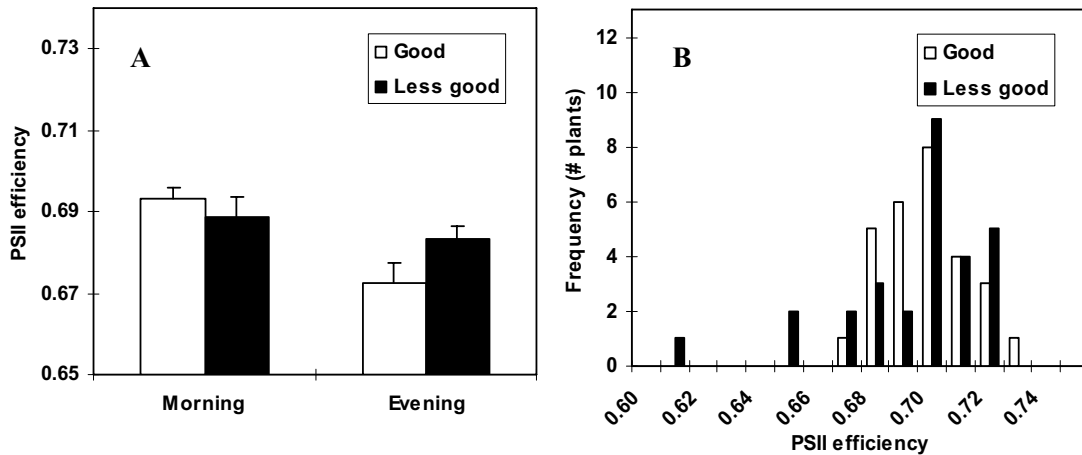
Eerst werd uit het MIPS beeld van de maximale fluorescentie ( $F_{max}$ , zie Fig. 1.5) de maximale waarde binnen de plant bepaald. Pixels die meer fluorescentie vertoonden dan 5% van de maximale waarde werden toegerekend aan de plant. De pixels met minder dan 5% van de maximale waarde werden als achtergrond beschouwd. Het geprojecteerde oppervlak werd berekend uit het totale aantal plantpixels vermenigvuldigd met het oppervlak per pixel.

### *Maximale PSII efficiëntie (PA)*

Voor elke plantpixel werd de maximale PSII efficiëntie berekend uit de gemeten minimale fluorescentie ( $F_0$ ) en de maximale fluorescentie ( $F_{max}$ ) volgens:  $PA = 1.4 \times (F_{max} - F_0) / F_{max}$  (zie Fig. 1.5 voor een beeld van de PA).

## 4 Resultaten

### Experiment 1

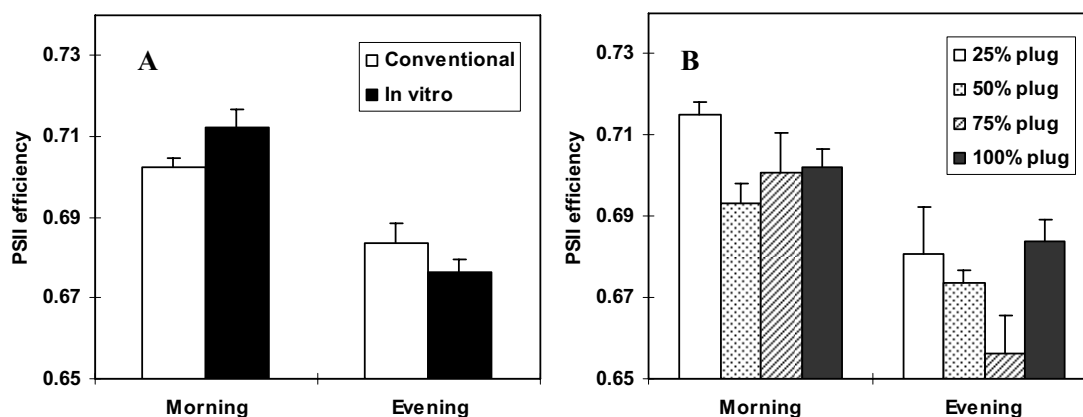


*Figuur 1. A: Actuele PSII efficiëntie (Mini-PAM) aan het begin van experiment 1, gemeten aan het begin en aan het eind van de lichtperiode aan een 'goede' en een 'mindere' partij. B: Verdeling van de PSII efficiëntie van de metingen 's morgens. Verticale balken in Fig. 1A geven de standaardfout van het gemiddelde (s.e.m).*

Experiment 1 leert dat de gemiddelde actuele PSII efficiënties in de 'goede' en 'mindere' partijen niet significant van elkaar verschillen (Fig. 1A), maar dat de 'mindere' partij minder homogeen was. Dit komt doordat de 'mindere' partij meer planten met een lage PSII efficiëntie bevat (Fig. 1B). De relatieve snelheid van de oppervlaktegroei (RGR) kon niet betrouwbaar bepaald worden in experiment 1 omdat elke plug 3 stekken bevatte en omdat de pluggen pas na de eerste MIPS meting werden opgepot. Achteraf bleek dat het oppotten dermate grote verschillen overlap tussen de stekken in de plug tot gevolg had dat deze niet verwaarloosbaar was ten opzichte van de groei van de plant. Het effect was ook niet voor alle planten gelijk: soms werd een te grote groei berekend, maar soms ook een negatieve groei.

## Experiment 2

Er kon geen significant verschil in actuele PSII efficiëntie aangetoond worden tussen stekken afkomstig van 'conventionele' en van 'in vitro' moederplanten (Fig. 2A). De verschillen in groeikracht ten gevolge van het verwijderen van een deel van de wortels resulteerden niet in een significant effect op de actuele PSII efficiëntie, maar wel in een grotere variatie (s.e.m.), zie Figuur 2B.



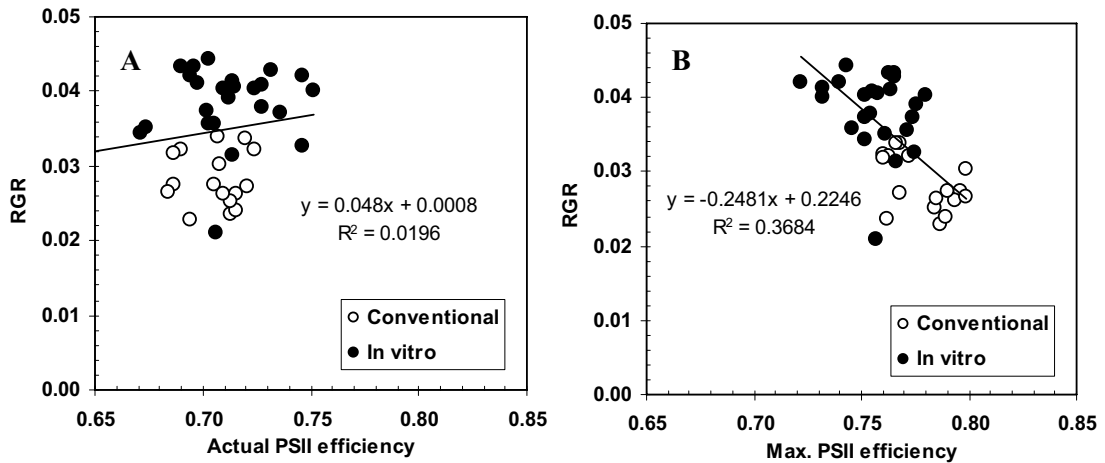
Figuur 2. Actuele PSII efficiëntie 's morgens en 's avonds gemeten met de Mini-PAM aan partijen afkomstig van 'conventionele' en 'in vitro' partijen (A) en (B) en aan planten van 'moerplanten' met vier niveaus van grootte plug. De verticale balken geven de s.e.m..

De metingen aan het eind van het experiment gaven vergelijkbare resultaten, maar de variatie binnen de behandelingen was echter veel kleiner (data niet getoond). In beide experimenten bleek de actuele PSII efficiëntie lager aan het eind van de dag (d.w.z. 1 uur voor het begin van de donkerperiode) dan aan het begin van de lichtperiode (Fig. 1A and 2A).

Tabel 1. Resultaten MIPS metingen aan partijen stekken van 'conventionele' en 'in vitro' moederplanten van experiment 2. De waarden zijn gemiddelden  $\pm$  s.e.m. Afkortingen: RGR = relatieve groeisnelheid geprojecteerd plantoppervlak.

	Conventioneel	In vitro
Initieel bladoppervlak	124.4 $\pm$ 7.4 cm <sup>2</sup>	42.2 $\pm$ 2.1 cm <sup>2</sup>
RGR	0.028 $\pm$ 0.001	0.039 $\pm$ 0.001
Max. PSII efficiëntie	0.779 $\pm$ 0.004	0.756 $\pm$ 0.003

Uit de MIPS metingen (Tabel 1) bleek dat, hoewel de stekken van de 'in vitro' moederplanten een stuk kleiner waren (66% lager geprojecteerd bladoppervlak) dan de stekken van 'conventionele' moederplanten, de stekken van 'in vitro' moederplanten een veel hogere RGR vertoonden bij een iets lagere maximale PSII efficiëntie (Tabel 1).

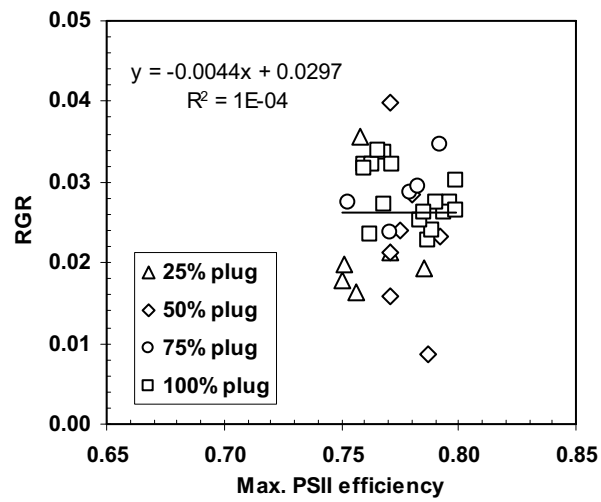


Figuur 3. Relatie tussen relatieve groeisnelheid oppervlaktegroei (RGR) en de actuele (A) en maximum (B) PSII efficiëntie van de 'conventionele' en 'in vitro' partijen bij het begin van experiment 2.

Voorspelling van de groeikracht (RGR) op basis van de intrinsieke kwaliteit van (PSII efficiëntie) vereist een duidelijke relatie tussen RGR en PSII efficiëntie. In experiment 2 waren er wel verschillen in RGR, maar bleek er geen relatie te bestaan tussen RGR en PSII efficiëntie van 'conventionele' and 'in vitro' partijen (Fig. 3). Door gedeeltelijke verwijdering van het wortelstelsel konden we verschillen in RGR opleggen. Stekken met 0% of 25% van de plug (incl. wortels) verwijderd hadden een significant hogere RGR dan stekken waarbij 50% of 75% van de plug verwijderd was (Tabel 2). Deze verschillen in RGR waren echter volgens Figuur 4 niet gecorreleerd aan de verschillen in maximum PSII efficiëntie aan het begin van het experiment (5 dagen na verwijdering plug).

Tabel 2. Relatieve groeisnelheid (RGR) van partij stekken van conventionele moederplanten uit experiment 2 met 4 verschillende mate van pluggrootte na verwijdering onderkant plug (100% plug is vergelijkbaar met de partij 'Conventioneel' uit Tabel 1).

Grootte plug	RGR
25%	0.022 ± 0.003
50%	0.023 ± 0.004
75%	0.029 ± 0.004
100%	0.028 ± 0.001



## 5 Conclusies

### Experiment 1

- Het is mogelijk om aan 'variegata' cultivars de PSII efficiëntie te meten.
- Met de MIPS is het geprojecteerde bladoppervlak nauwkeurig te meten voor groeimetingen.
- (om voldoende onderscheid te hebben is ca. 10% toename voldoende).
- Positie van de plant in MIPS-cabinet niet van belang.
- Er konden geen heldere conclusies getrokken worden over de mogelijke relatie tussen PSII metingen en intrinsieke groeikracht, want door het oppotten na de initiële metingen werden de 3 stekjes in een plug wat uit elkaar gedrukt, waardoor een vertekend beeld van groei (geprojecteerde bladoppervlakte) ontstond.

### Experiment 2

- Geen significant verschil in PSII efficiëntie tussen stek van 'conventionele moerplanten' en stek van 'moerplanten afkomstig van in vitro cultuur'.
- Over een periode van 24 dagen na oppotten hadden de planten van *in vitro* moerplanten een hogere relatieve groeisnelheid.
- Planten waarvan 0% of 25% van de plug met wortelstelsel verwijderd was hadden een significant hogere relatieve groeisnelheid dan planten waarvan 50% of 75% verwijderd was.
- Verwijdering van een deel van het wortelstelsel had geen invloed op de PSII efficiëntie.

### Eindconclusie

De hypothese dat de PSII efficiëntie gemeten aan een ficusstek juist voor oppotten voorspellende waarde heeft voor de groeikracht van deze stek wordt niet ondersteund door de metingen.

## 6 Begrippen en afkortingen

Afkorting	Omschrijving	Toelichting
Chlorofyl	Bladgroen.	Pigment verantwoordelijk voor lichtinvang in fotosynthese.
Fluorescentie	Uitzenden van licht door een pigment na belichting.	Chlorofyl zendt na lichtinvang een deel van het licht weer uit. Hieruit kan de efficiëntie van de fotosynthese berekend worden.
Fmax	Maximale fluorescentie.	
MIPS	Multiple Imaging of Plant Stress.	Methode voor meten stress met behulp van chlorofylfluorescentie-, warmte- en kleurenbeelden.
PA	Photosynthetic Activity.	Maximale efficiëntie van de fotosynthese.
PAR	Photosynthetic Active Radiation.	Licht met golflengte van 400 – 700nm.
RGB	Rood Groen Blauw.	Systeem voor opslaan kleurenbeelden.
s.e.m.	Standaardfout.	



## **7 Referenties**

Dijkshoorn-Dekker, M.W.C., 2002.

Crop quality control system : a tool to control the visual quality of pot plants. Wageningen Universiteit, ISBN 90-5808-701-8 - p. 118.

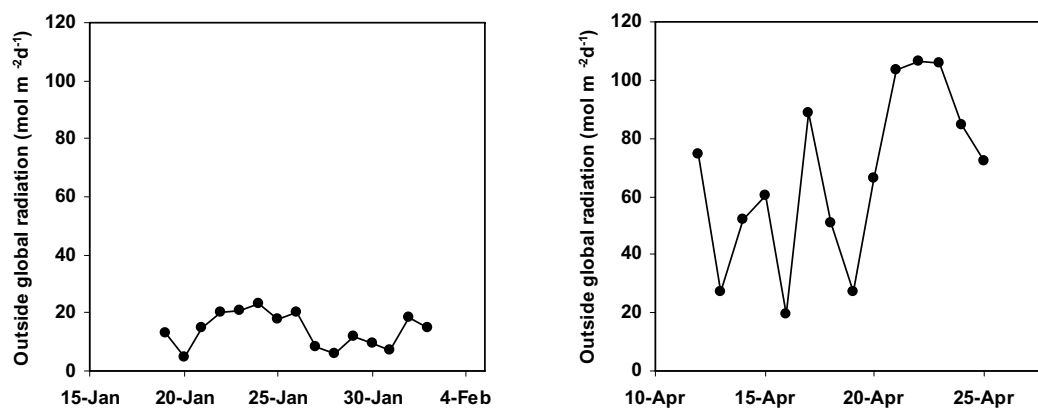


## Bijlage I.

### Beeldmateriaal en gegevens



Figuur 1.1. Algemeen overzicht van de klimaatkamer (A) en de Mini-PAM opstelling (B) in experiment 1.




Figuur 1.2. Dagelijkse globale straling in het kascompartment gedurende de groeiperiode van experiment 1 (A) resp. experiment 2 (B).



Figuur I.3. Grootte van de wortelstelsels in de vier niveaus van pluggrootte van stekken van de partij afkomstig van 'conventionele' moederplanten in experiment 2. In de meest rechtse foto is de onbeschadigde plug te zien als referentie.

### Multiple Imaging Plant Stress: MIPS-cabinet



- Sensorcompartment**
  - Temperatuur gecontroleerd
  - Digitale video camera
  - Laser
  - PC
- Plantcompartment**
  - Temperatuur gecontroleerd
  - Belichting
- Functionaliteit**
  - Chlorofylfluorescentie
  - Kleur (RGB)

Start faciliteit: 1 januari 2004

Figuur I.4. De MIPS-cabinet.

**MIPS**  
**Multiple Imaging Plant Stress**

Project title: Intrinsieke kwaliteit potplanten

FileDir := "F:\MIPS\Ficus Ep 2\"

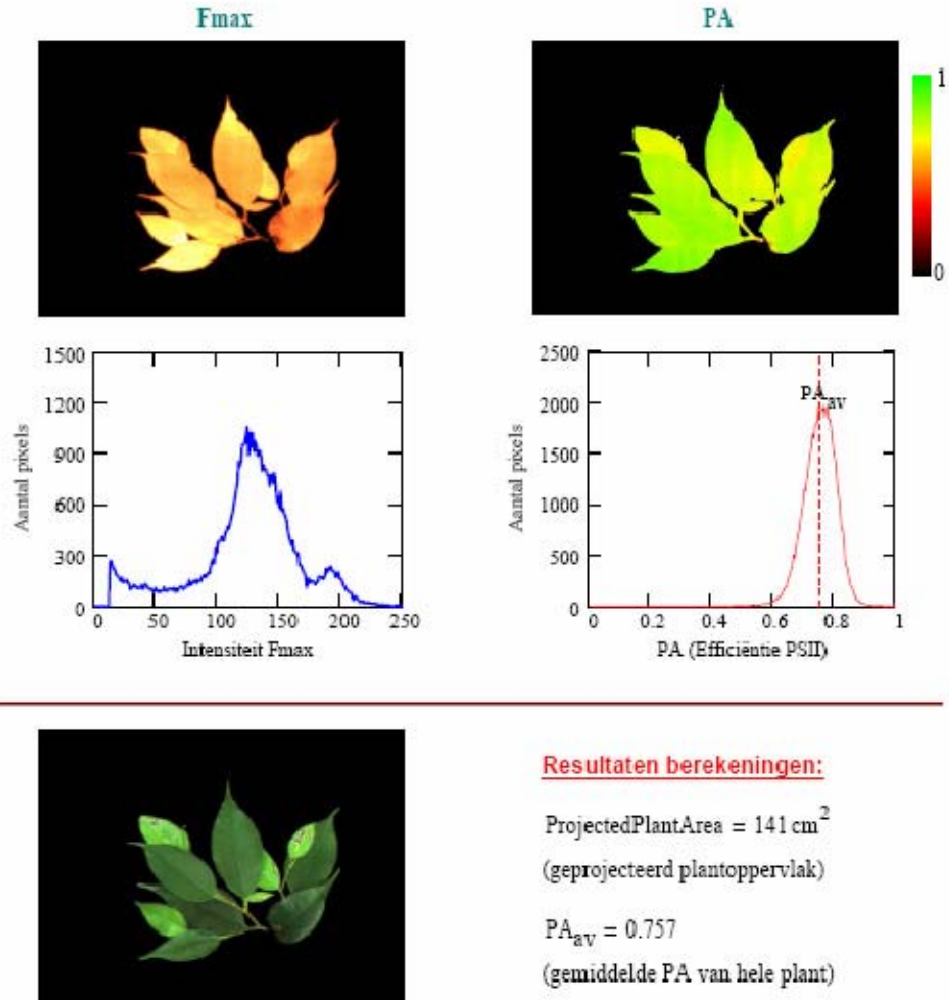
FileName := "B0P010N001"

☑ Reference: E:\Werk\Projecten\Potplanten\Ficus\Potplanten-areacalibration-v1.mcd(R)

AreaPerPixel =  $2.188 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$  (calibratie voor oppervlak pixel)

ThresholdMask := 0.05 StretchFactor := 10 (settings voor drempelen fluorescentiebeeld)

☑ Reference: E:\Werk\Projecten\Potplanten\Ficus\Potplanten-calculations-v3.mcd(R)



Ficus-analyse.mod

1

Figuur 1.5. Voorbeeld van berekening geprojecteerd plantoppervlak en gemiddelde maximale PSII efficiëntie van een ficusplant. De beelden zijn afkomstig van de MIPS-cabinet. De camera stond midden boven de plant (zie Fig 1.4).



## Bijlage II.

# MIPS - Multiple Imaging van Plant Stress

In de afgelopen jaren is veel kennis en ervaring opgebouwd met de interpretatie van actieve signalen (fluorescentie en luminescentie) en passieve signalen (spectroscopische veranderingen in het zichtbare en het infrarode deel van het lichtspectrum) in relatie tot het functioneren van bladeren en hele planten. De voortgang van het onderzoek verloopt weliswaar snel maar de toepassingen van onderzoeksresultaten in de praktijk laten nog op zich wachten. Hiervoor zijn naar onze mening twee redenen aan te geven:

- Door de complexiteit van de techniek laat de toegankelijkheid van onderzoeksresultaten te wensen over. Bovendien is ook de meeste apparatuur specifiek toegesneden op fundamenteel onderzoek.
- De spectroscopische detectiemethoden zijn meestal slechts gebaseerd op puntmetingen. Toepassingen in de tuinbouw en veredeling zijn daardoor beperkt omdat de variatie van de signalen in ruimte en tijd niet tot uitdrukking komt.

De miniaturisering van spectroscopische instrumenten maakt een revolutionaire fase door. Apparatuur voor geavanceerde spectroscopische analyses wordt steeds nauwkeuriger en kleiner met daaraan gekoppeld een sterke daling van de prijzen.

De toepassingen van MIPS op het gebied van stress zijn o.a.:

- Stress detectie aan planten en plantorganen in beschermde teelten zowel voor als na de oogst.
- Vroege screening van vitaliteit van kiemplanten.
- Orgaanspecifieke metingen bijvoorbeeld bloemen.
- Vaststellen van ziekten voordat deze met andere methoden aantoonbaar zijn.

## Fotosynthese

Planten absorberen licht als energiebron voor de aanmaak van suikers. Dit proces, de fotosynthese, is niet voor 100% efficiënt want er treden verliezen op, voor het grootste gedeelte in de vorm van warmte-ontwikkeling en voor een klein gedeelte in de vorm van fluorescentie. Fluorescentie is licht dat eerst is geabsorbeerd en daarna weer is uitgestraald met een iets andere kleur. Daardoor is het ook mogelijk om dit uitgestraalde licht te meten en daaruit kan de fotosynthese berekend worden. De verhouding tussen verliezen door warmte en verliezen door fluorescentie geeft informatie over aanpassing van de plant aan de omgeving. Zo kan groeivertraging door slechte groeiomstandigheden een indirect effect hebben op de fotosynthese. Dit resulteert in hogere verliezen via warmte en/of fluorescentie. Op die manier zegt fluorescentie in eerste instantie iets over de fotosynthese en soms, in tweede instantie, ook iets over groei en conditie van planten.

## Stress

Veelal wordt onderscheid gemaakt tussen stress ten gevolge van ongunstige abiotische omgevingsfactoren (abiotische stress) en stress ten gevolge van plagen en ziekten (biotische stress). Hieronder worden een aantal stressfactoren besproken.

### *Abiotische stress*

Van de abiotische stressfactoren zijn vooral temperatuur, licht, droogte en nutriënten van belang.

- **Temperatuur.** Voor een extreme temperatuurstress kan generaliserend worden opgemerkt dat groei en ontwikkeling van de plant zodanig geremd zijn dat de fotosynthese er weinig meer toe doet. De remming van de fotosynthese zou zelfs als beschermingsmechanisme kunnen fungeren om te voorkomen dat er schade

optreedt door zetmeelophoping. Dit geldt uiteraard alleen als er geen irreversibele beschadiging van het fotosyntheseapparaat is aangericht. Is dat wel het geval dan zijn de consequenties aanzienlijk voor de periode na de stress als hernieuwde groeiprocessen om assimilaten vragen.

- **Licht (fotoinhibitie).** Fotoinhibitie is een beschadiging van een eiwit van fotosysteem 2 wat leidt tot een geremd elektronentransport van het watersplitsend enzym naar de primaire donor van fotosysteem 2. Dit is het gevolg van een verstoord evenwicht tussen fysische processen in de redoxketen en chemische processen in de Calvin cyclus en een mogelijke oorzaak voor een langdurige blokkade van het fotosynthese apparaat, ook nadat de stress is opgeheven. De schade kan aanzienlijk zijn zeker bij hoge lichtintensiteiten. Fotoinhibitie kan met MIPS worden gekwantificeerd.
- **Droogte.** Bij droogtestress is er altijd een interactie is tussen de stressfactor en de klimaatsfactoren CO<sub>2</sub>-concentratie en temperatuur. Verhoging van de temperatuur leidt tot een verhoging van het dampdrukdeficit van de atmosfeer en een verhoging van de bladtemperatuur met als gevolg een hogere verdamping bij gelijkblijvende huidmondjesopening en een vrijwel gelijkblijvende fotosynthese. Verhoging van de CO<sub>2</sub>-concentratie leidt daarentegen tot een verhoging van de 'water use efficiency'. In hoeverre deze effecten compenseren is niet bekend. De regulering van de fotosynthese tijdens een droogte periode wordt in eerste instantie bepaald door de huidmondjes en in tweede instantie door processen op chloroplast niveau. De fasering van deze reguleringsmechanismen in de tijd bepaalt in hoeverre planten zich tegen droogte stress kunnen beschermen. Door warmtebeelden kan de waterhuishouding van de plant worden gekarakteriseerd. Eventuele combinatie met fluorescentiebeelden kan het beeld completeren.
- **Nutriënten.** Minerale voedingsstoffen die vaak als meststoffen moeten worden toegeleverd zoals stikstof en fosfor beïnvloeden zowel fotosyntheseprocessen als eerder genoemde groeiprocessen. Stikstof is belangrijk voor de synthese van RUBISCO (50% van het eiwit in (het blad). Stikstof tekort verlaagt de fotosynthese bij lichtverzadiging en verhoogt de gevoeligheid voor fotoinhibitie. De fotosynthese efficiëntie wordt daarentegen nauwelijks beïnvloed. Zo is het te verwachten dat een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie nauwelijks invloed zal hebben op de groei onder N-limitering tenzij de omgevingscondities fotoinhibitie in de hand werken. De effecten van stikstoftekort kunnen via de terugkoppeling op de fotosynthese met MIPS worden gemeten.

#### *Biotische stress*

- **Bladpathogenen.** In relatie tot fotosynthese zijn uiteraard de bladpathogenen het belangrijkste. Aantasting van het blad door bladpathogenen vermindert het fotosynthetiserend bladoppervlak. Daarnaast zijn er ook systemische effecten van bladpathogenen bekend. Dit betreft niet alleen remmende werkingen. Soms stimuleert het pathogeen bepaalde plantprocessen, om daar vervolgens zelf van te profiteren. Met behulp van de MIPS is de aantasting van het blad door bladpathogenen (o.a. botrytis, phytophthora, fusarium en xanthomonas) goed te meten.
- **Bodempathogenen.** In voorgaande studies bleken ook bodempathogenen een direct effect te hebben op de fotosynthese. Uit fotosynthese en fluorescentiemetingen bleek dat de fotosynthese meer was geremd, dan mag worden verwacht op basis van de geïnduceerde huidmondjessluiting t.g.v. een slecht functionerend wortelstelsel.