

Beheersing intrinsieke kwaliteit potplanten met als pilot Ficus en Anthurium

Deelproject 2. Bepaling intrinsieke kwaliteit van Ficus en Anthurium

Jan Snel, Paul Dijkhuis, Henk Jalink, Rob van der Schoor & Helma Verberkt,

in samenwerking met Albert van Os, Leon van Rijn & Jan van Geest





Beheersing intrinsieke kwaliteit potplanten met als pilot Ficus en Anthurium

Deelproject 2. Bepaling intrinsieke kwaliteit van Ficus en Anthurium

Jan Snel, Paul Dijkhuis, Henk Jalink, Rob van der Schoor & Helma Verberkt¹,
in samenwerking met Albert van Os², Leon van Rijn³ & Jan van Geest⁴

¹ DLV Plant, Wageningen

² IMAC, Bleiswijk

³ RijnPlant, de Lier

⁴ 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
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	1
1.1 Bepaling bladvergelijking m.b.v. Chl b/a verhouding met chlorofyl fluorescentie	1
1.2 Bepaling fotosyntheseverdeling over een plant	1
1.3 Bepaling temperatuursverdeling binnen een plant	1
2 Doel	2
3 Ontwikkeling meetmethoden	3
3.1 Chlorofyl b/a	3
3.2 Fotosyntheseverdeling	3
3.3 Temperatuurverdeling	6
3.4 Conclusies	8
4 Lichtschade en fotosyntheseverdeling	9
4.1 Anthurium	9
4.2 Ficus	13
4.3 Conclusies lichtschade en fotosyntheseverdeling	15
5 Begrippen en afkortingen	16
6 Referenties	17

1 Inleiding

Multiple Imaging of Plant Stress (MIPS)

Met de MIPS kunnen een aantal aspecten van de intrinsieke kwaliteit gemeten worden aan hele planten: efficiëntie van de fotosynthese, kleur, bladtemperatuur en geprojecteerd plantoppervlak. Naast een gemiddelde waarde per plant is vooral ook de verdeling van deze meetparameters over de verschillende plantonderdelen een mogelijke indicator voor ontwikkeling en veroudering. In deelproject 2 komen de volgende aspecten van intrinsieke kwaliteit aan de orde.

1.1 Bepaling bladvergelings m.b.v. Chl b/a verhouding met chlorofyl fluorescentie

Het fotosyntheseapparaat in planten maakt gebruik van twee versies van het bladgroen (chlorofyl) om licht in te vangen: chlorofyl a en chlorofyl b. De hoeveelheid chlorofyl a en b verandert tijdens de ontwikkeling van het blad. Met andere woorden: de verhouding tussen chlorofyl a en chlorofyl b verandert daarmee ook. Dat betekent dat de verhouding tussen chlorofyl a en chlorofyl b een indicator is voor bladontwikkeling. Plant Research International en Plant Dynamics hebben een methode ontwikkeld en gepatenteerd om deze z.g. Chl b/a verhouding te meten om daarmee de bladontwikkeling en -veroudering non-destructief te kunnen bepalen. Nu is de methode nog uitgevoerd als een puntmeting met een meetoppervlak van ca. 10mm. Omdat deze methode is gebaseerd op het meten van chlorofylfluorescentie, is zij echter op termijn in te bouwen in de MIPS. Een groot voordeel van deze methode boven directe kleurmeting is dat deze methode veel minder gevoelig is voor storende reflecties van het blad. In deelproject 2 wordt onderzocht of deze methode toepasbaar is op potplanten.

1.2 Bepaling fotosyntheseverdeling over een plant

De fotosynthese is niet in alle delen van een plant gelijk. Fysiologische leeftijd en uitwendige factoren (o.a. licht en luchtvochtigheid) spelen hierbij een rol. Vooral de vermindering van de vitaliteit van de plant ten gevolge van schade door overbelichting in combinatie met gebrekkige transpiratie zal op deze manier beeldvormend in kaart gebracht worden. Voor kwantificering van de symptomen is ontwikkeling van software nodig.

1.3 Bepaling temperatuursverdeling binnen een plant

De bladtemperatuur is afhankelijk van instraling, kleur, fotosynthese en ademhaling en anderzijds van verdamping en afgifte warmte door straling en overdracht aan de omringende lucht. Binnen een gewas kunnen aanzienlijke gradiënten optreden. Met beeldvormende thermische camera's kan de verdeling van de bladtemperatuur over een plant gemeten worden. Deze geeft o.a. inzicht in het microklimaat in het gewas waardoor koude en vochtige gebieden te identificeren zijn met een groter risico op kwaliteitsverlies door bv. pathogenen. Ook zijn mogelijk plantorganen met een hoger metabolisme op te sporen. Te hoge temperaturen kunnen duiden op teveel instraling en/of te weinig verdamping. Dit kan directe schade geven in de vorm van vergeling en/of verbranding.

2 Doel

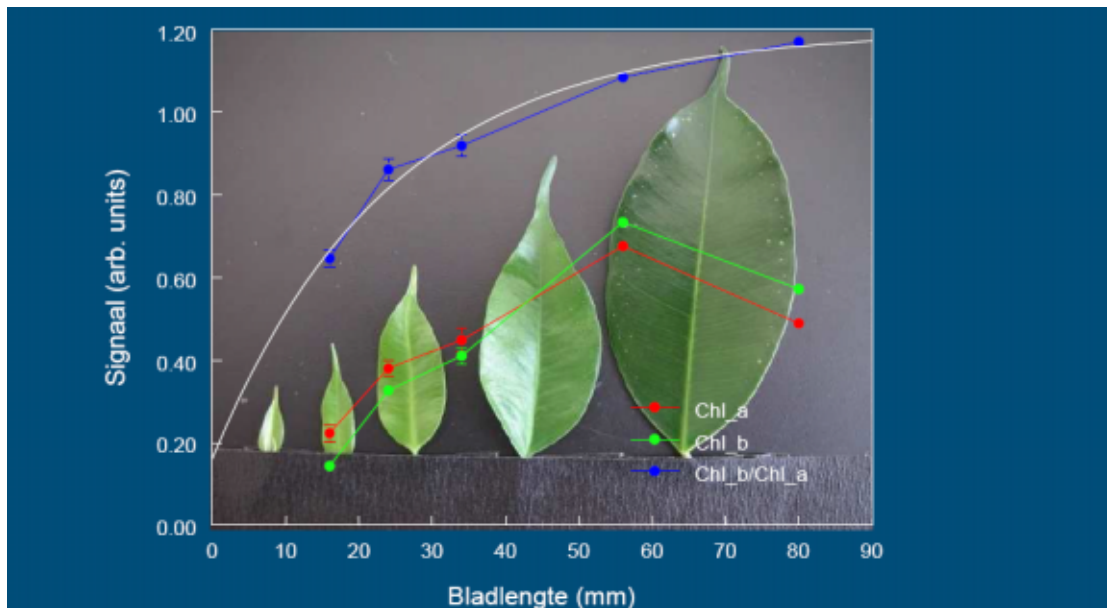
Ontwikkeling van non-destructieve methode(n) om met behulp van MIPS de intrinsieke kwaliteit van potplanten te kunnen meten en daarmee te komen tot een optimalere teelt en oogst.

In deelproject 2 wordt gewerkt met materiaal van verschillende kwaliteit aangeleverd vanuit de praktijk. Er zullen, op basis van experimenten, meetprotocollen worden ontwikkeld en beschreven om kwaliteitsparameters als bladvergeling, plantgrootte, bladtemperatuur, verdeling fotosynthese goed te kunnen meten aan een gehele plant.

3 Ontwikkeling meetmethoden

3.1 Chlorofyl b/a

Uit eerder werk aan tabaksplanten is gebleken dat de Chl b/a sterk afneemt bij oudere bladeren. Een volledig ontwikkeld blad heeft een Chl b/a van ca. 0.9; bij oude, sterk vergeelde bladeren is de Chl b/a 0.2. De Chl b/a methode is eerst als puntmeting (meetspot 10 mm²) uitgetest op individuele ficus bladeren om na te gaan welke tijd er ligt tussen de eerste vergelingverschijnselen en de met het oog zichtbare vergeling.



Figuur 1. De Chl b/a gemeten aan afgesneden ficusbladeren van verschillende leeftijd.

Omdat ook jonge, nog niet ontwikkelde tabaksbladeren een iets lagere Chl b/a hebben (ca. 0.8), hebben we eerst getest of ook bij Ficus dit het geval is. Figuur 1 laat de Chl b/a bij een aantal ontwikkelingsstadia van het blad zien, van jong tot volledig ontwikkeld. Het is duidelijk dat jonge ficusbladeren een Chl b/a hebben die aanzienlijk lager ligt (0.65) dan die van een uitontwikkeld blad (1.15). Dat betekent dat de Chl b/a methode wel goed ontwikkelde bladeren kan herkennen, maar niet het onderscheid tussen jong blad en bladeren die net beginnen te vergelen.

Conclusie

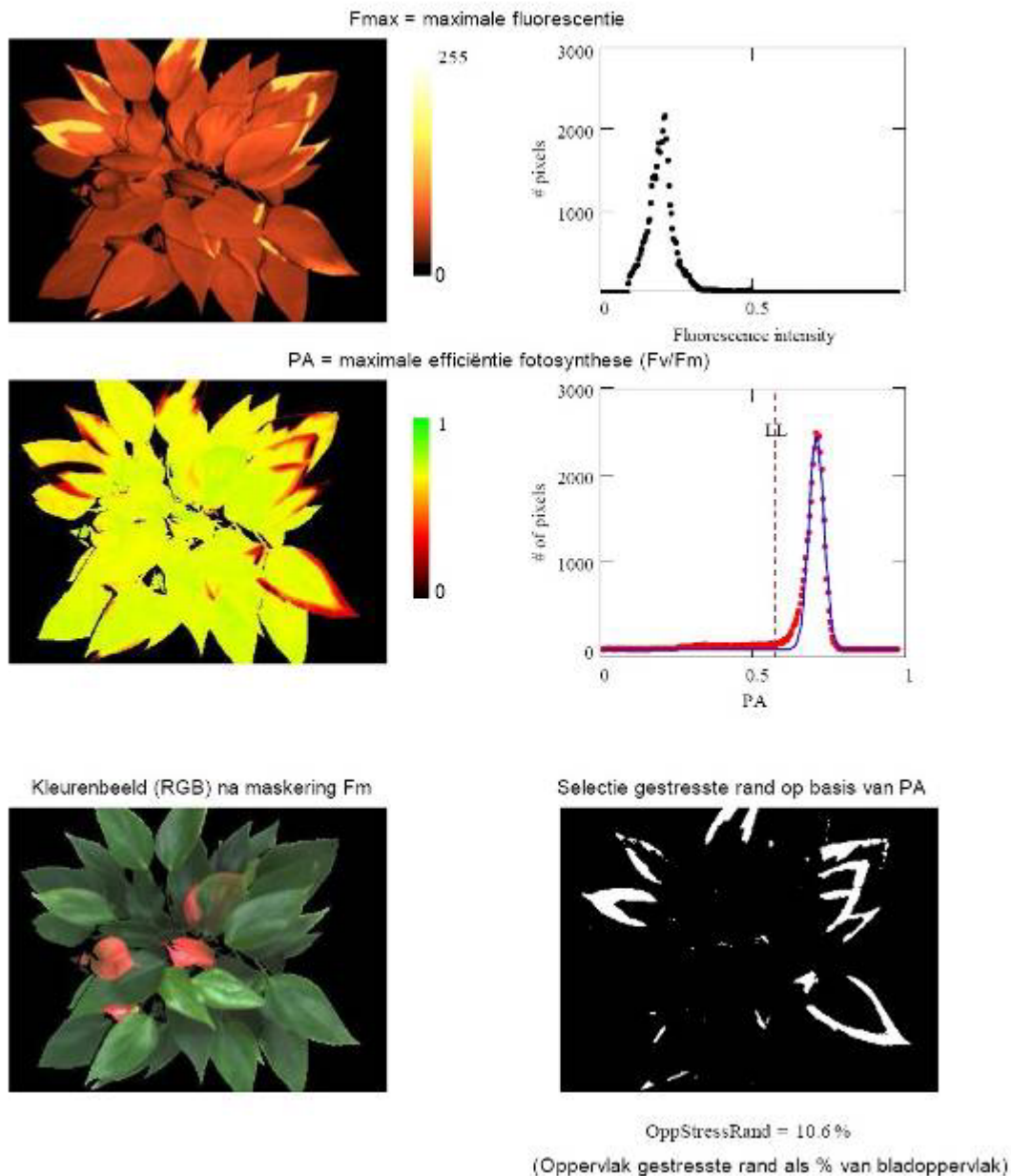
De Chl b/a methode is niet geschikt voor detectie vroege symptomen van vergeling.

3.2 Fotosyntheseverdeling

De verdeling van de fotosynthese over de plant is een indicator voor de vitaliteit van de plant. Schade door overbelichting of gebrekkige transpiratie kan op deze manier beeldvormend in kaart gebracht worden. In deelproject 2 zijn meetprotocollen ontwikkeld voor het meten en kwantificeren van deze symptomen.

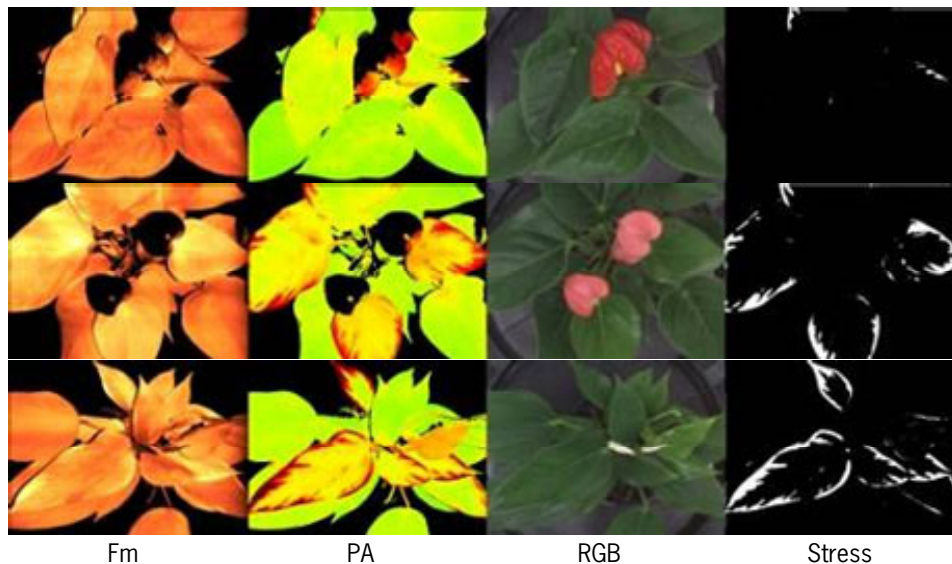
Potanthurium

Bij potanthurium is gebleken dat planten aan het eind van de keten, bij tuincentra, aan de randen van de bladeren aanzienlijke stress kunnen vertonen. Deze stress uit zich als een verlaging van de efficiëntie van de fotosynthese (zie Fig. 2 linksmidden). Deze stress is niet gecorreleerd met vergeling (vergelijk afbeeldingen linksmidden en linksonder) en dus niet met het blote oog zichtbaar.



Figuur 2. Procedure voor het kwantificeren van onzichtbare stress bij Anthurium op basis van MIPS metingen. Uit het beeld van de maximale fluorescentie F_m (linksboven) wordt bepaald welke pixels tot de plant behoren ($F_m > 0.1$, zie histogram rechtsboven). Vervolgens wordt van elke pixel bekeken of dat deel van de plant stress heeft. Het criterium daarvoor is: de efficiëntie van de fotosynthese (PA, figuur linksmidden) is lager dan 0.6 (zie histogram rechtsmidden). In dit geval blijkt 10.6% van het (geprojecteerde) bladoppervlak stress te vertonen.

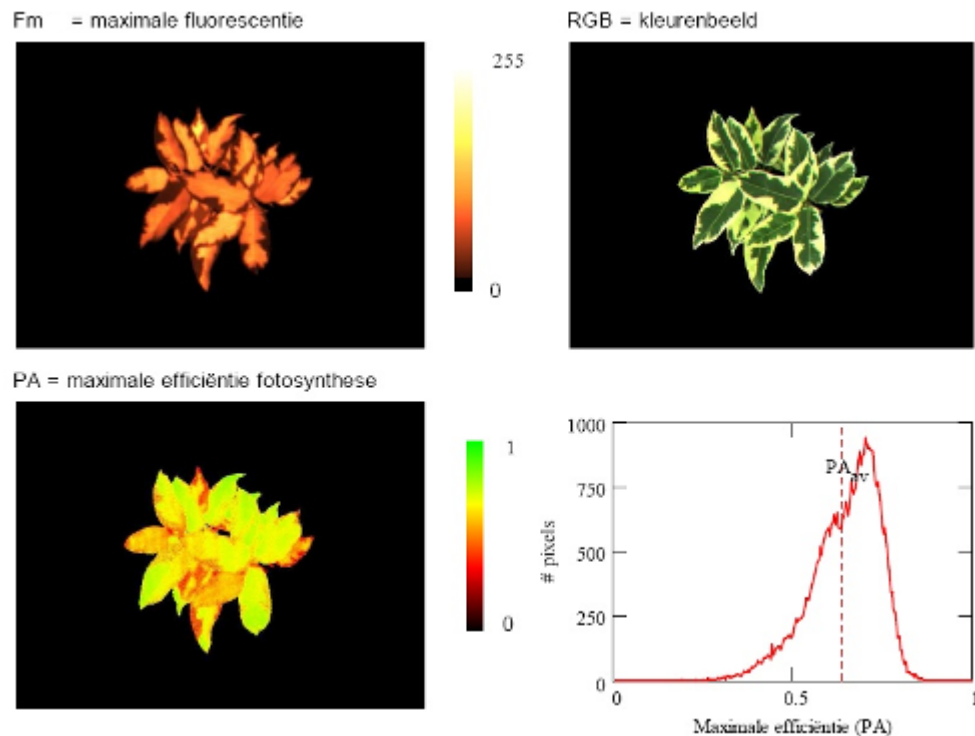
Om deze stress te kwantificeren is een procedure ontwikkeld met Mathcad software. Figuur 2 laat de elementen van deze procedure zien: identificatie plantpixels, identificatie pixels met lage efficiëntie van de fotosynthese en kwantificering. Met deze procedure kan de stress gekwantificeerd worden. De betrouwbaarheid van de procedure hangt sterk af van cultivar en ontwikkelingsstadium. Als er bloemen zijn met een lage PA, is de boven beschreven procedure niet zonder meer toepasbaar. In dat geval moet ook de kleurinformatie van de bloem meegenomen worden bij de beoordeling in welke categorie een pixel valt: stress of normaal. Er zijn algoritmen ontwikkeld die op basis van kleur en fluorescentie de bloem herkennen. Figuur 3 laat zien dat met deze aanpak de bloemen de identificatie van de stress in het blad niet storen.



Figuur 3. Herkennen van onzichtbare stress bij potanthurium op basis van MIPS metingen. Met de informatie van de maximale fluorescentie (Fm, uiterst links), de efficiëntie van de fotosynthese (PA, links) en de kleurinformatie (RGB, rechts) is de stress (uiterst rechts) te herkennen. De figuur laat de resultaten zien voor 3 verschillende cultivars. In alle gevallen werd de stress in het blad herkend en werd de bloem niet gezien als een stuk blad met stress.

Ficus

Naast veroudering en vergeling speelt bij Ficus de vraag in welke mate bonte delen van het blad meedoen met de fotosynthese en daarmee de groeikracht. De MIPS is bij uitstek geschikt om deze vragen te beantwoorden. Figuur 4 laat MIPS beelden zien van een bonte ficus uit deelproject 1. In het histogram (rechtsonder) is te zien dat de PA één brede piek vertoont en niet twee duidelijk verschillende pieken. Dat geeft aan dat de bonte delen wel degelijk een efficiënt fotosyntheseapparaat hebben en dat er een geleidelijk verschil is in PA tussen bonte en groene delen van het blad. Op basis van de Fm en de PA alleen kan er dus geen onderscheid gemaakt worden tussen bonte en groene delen. Ook hier is de kleurinformatie nodig om de groene en bonte delen te kunnen onderscheiden. Dat is bij de gebruikte cultivar goed mogelijk. Uit de resultaten blijkt dat ongeveer 44% van het blad bontgekleurd is en dat er wel verschil is in PA tussen bonte en groene delen van het blad: 0.60 resp. 0.68 (zie Tabel 1). De gemiddelde PA ligt tussenin. Naast het feit dat de bonte delen een iets lagere PA hebben, bevatten ze ook minder chlorofyl. Het in de bonte delen minder grote hoeveelheden aanwezige chlorofyl heeft ook nog eens een lagere efficiëntie. De bijdrage van het bonte deel van de plant is dus veel lager dan het oppervlak en de PA doet vermoeden.



Figuur 4. MIPS beelden: maximale fluorescentie (Fm, linksboven), de maximale efficiëntie van de fotosynthese (PA, linksonder) en kleur(rechtsboven. Rechtsonder staat de verdeling van PA over de plant.

Tabel 1. Bepaling van een aantal intrinsieke kwaliteitsparameters berekend uit de beelden van Figuur 4. De eigenschappen zijn: geprojecteerd bladoppervlak, het percentage bont blad, de gemiddelde PA en de PA van de bonte en groene delen van het blad. De procedure is geïmplementeerd in Mathcad met Image Processing Pack.

Parameter	Waarde	Omschrijving
ProjectedPlantArea	103.7 cm ²	Geprojecteerd plant oppervlak
PAav	0.641	Gemiddelde PA over de hele plant
Bont	43.8%	Bont blad (percentage van totaal plant oppervlak)
PAgroen	0.677	PA groene deel plant
PAbont	0.595	PA bonte deel plant

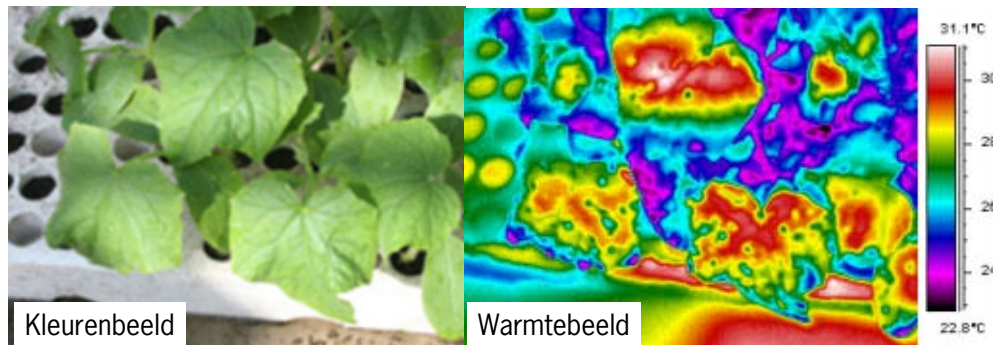
Conclusie

Het meten van de fotosyntheseverdeling over de plant geeft kwantitatieve informatie over fotosynthese en stress.

3.3 Temperatuurverdeling

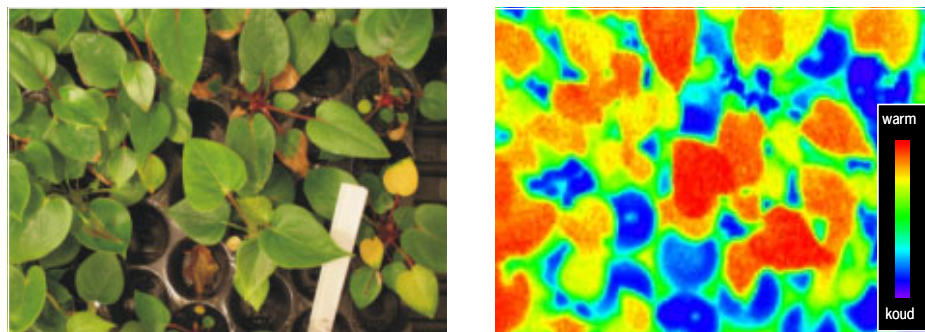
Onderzoek van Jones (1999) heeft aangetoond dat met een thermische camera de geleidbaarheid van huidmondjes gemeten kan worden. In het geval van potplanten zou dat een goede manier zijn om op een niet-destructieve manier de verdamping te kunnen schatten.

Eigen metingen met een thermische camera aan glasgroei in een praktijkkas hebben echter aangetoond dat er grote temperatuurverschillen ontstaan binnen een plant. Figuur 5 laat een voorbeeld van een dergelijke meting zien bij geënte komkommerplanten. De plant stond in direct zonlicht; de schaduw van structurele kaselementen is duidelijk zichtbaar op de foto. Door deze lichtgradiënten kunnen binnen één plant al gauw temperatuurverschillen van 5 °C ontstaan. Lichtgradiënten treden ook op als het blad niet vlak is, maar gebogen of bij beschaduwing door bovenliggende bladeren. Dat maakt het een stuk lastiger om de door Jones gehanteerde methode toe te passen in de praktijk.



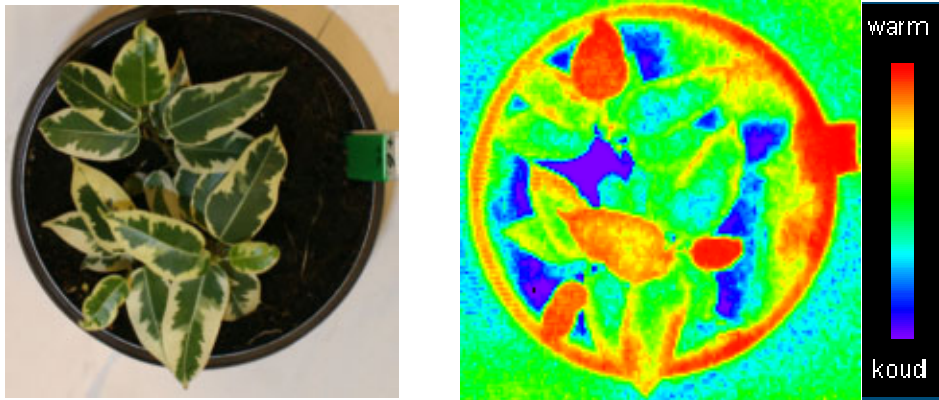
Figuur 5. Kleurenbeeld (links) en warmtebeeld (rechts) van geënte komkommerplanten in een kas bij een vermeerderingsbedrijf in oktober 2005.

Een alternatieve aanpak is om de planten niet in het licht te meten, maar de planten in een donkere ruimte te meten. Metingen aan potanthurium en ficus in het donker laten ook temperatuurverschillen zien. Figuur 6 laat een tray met anthuriumplanten zien met duidelijke symptomen van stress (o.a. vergeling). Er zijn duidelijke temperatuurverschillen te zien, maar omdat de tray bijna dezelfde temperatuur heeft als delen van de plant, zijn de planten niet goed te onderscheiden van de tray. Met informatie van een tegelijkertijd opgenomen kleuren- of een fluorescentiebeeld zou de plant wel van de achtergrond gescheiden kunnen worden.



Figuur 6. Kleurenbeeld en warmtebeeld (false color) van tray met anthuriumplanten.

Bij ficus is de situatie vergelijkbaar. Figuur 7 laat zien dat er duidelijke verschillen zijn binnen een plant. Vooral de jonge bladeren hebben nog een hogere temperatuur, waarschijnlijk door lage verdamping. Ook hier geldt dat het onderscheid tussen blad en omgeving niet altijd duidelijk is.



Figuur 7. Kleurenbeeld (links) en false-color warmtebeeld van ficus plant. Planten werden vanuit een geklimatiseerde klimaatkast van 22 °C naar een donkere kast van 22 °C overgebracht en na 1 min. donkeradaptatie gemeten.

Conclusie

Thermische toepassingen voor potplanten zijn wel mogelijk, maar alleen in combinatie met fluorescentie of RGB (kleuren) beelden. Bij metingen in het licht zou een duidelijke link met de instraling van het blad gemaakt moeten worden.

3.4 Conclusies

1. **Chlorofyl b/a.** De Chl b/a methode is niet geschikt voor detectie vroege symptomen van vergeling.
2. **Fotosyntheseverdeling.** De fotosyntheseverdeling over een plant geeft waardevolle informatie over intrinsieke kwaliteit. In combinatie met de kleurenbeelden levert dit de volgende mogelijkheden op.
 - a. Gemiddelde efficiëntie van de fotosynthese over de plant.
 - b. Verschil in efficiëntie tussen oude en jongere bladeren.
 - c. Verschil in efficiëntie tussen bonte en groene delen blad.
 - d. Plantoppervlak en plantgrootte.
3. **Temperatuurverdeling.** Metingen in het licht alleen zinvol als er een betrouwbare meting is van de werkelijke instraling op bladniveau. Metingen in het donker vereisen additionele chlorofylfluorescentie of RGB beelden om de plant goed van de achtergrond te kunnen scheiden.

Op basis van bovenstaande conclusies is in overleg met de begeleidingscommissie besloten om de Chl b/a en de thermische metingen niet verder te ontwikkelen, maar alleen door te gaan met ontwikkeling van de fotosyntheseverdeling als maat voor intrinsieke kwaliteit. De meest geschikte toepassing van deze methode is het vroeg detecteren van stress en schade door licht. De methode is in het volgende hoofdstuk voor deze toepassing verder uitgewerkt voor potanthurium en ficus.

4 Lichtschade en fotosyntheseverdeling

4.1 Anthurium

Doel proef

In kaart brengen variatie in lichtgevoeligheid van een aantal Anthurium rassen.

Achtergrond

Nu worden de verschillende rassen bij de vermeerderaar onder een beperkt aantal klimaatcondities opgekweekt. Er zijn echter wel grote verschillen in groeikracht tussen de rassen. Met meer licht en CO₂ zou een aantal rassen sneller kunnen groeien, maar andere rassen zouden dan last kunnen krijgen van stress. Bekende symptomen van stress zijn bladvergeling en verbranding. Met fotosynthesemetingen (MIPS en Licor-6400 fotosynthesemeter) zal gekeken worden of deze symptomen kwantitatief in kaart gebracht worden. Hiermee kan gericht gewerkt worden aan verdere teeltoptimalisatie.

Uitvoering

Bij Anthura zijn 4 rassen potanthurium, 2 snelle en 2 langzame groeiers, onderzocht op lichtgevoeligheid en vermogen tot aanpassing aan hoog licht. Per ras zijn 5 planten blootgesteld aan hoog licht in een kascompartiment onder belichtingscondities voor snijanthurium. De metingen bij Anthura zijn iets anders van opzet dan de metingen deelproject 1 bij RijnPlant: nu is per plant bij één lichtintensiteit fotosynthese gemeten. Hierdoor kon de meettijd per plant teruggebracht worden van zo'n 30 min. naar 3 min (zie meetprotocol onder). Desondanks duurde het nog 1 uur om van de 4 rassen 1 plant per behandeling te meten. De hele meetserie nam 6 uur in beslag.

Meting fotosynthese met Licor-LI6400

Procedure

- Plant selecteren
- Hard, donkergroen blad selecteren
- Blad in cuvet klemmen
- Testen op lekkage afdichting
- Wachten tot evenwicht is ingesteld
- 3 metingen loggen
- Plant uit cuvet terug naar kweektafel

Duur totale procedure: ca 3 min.



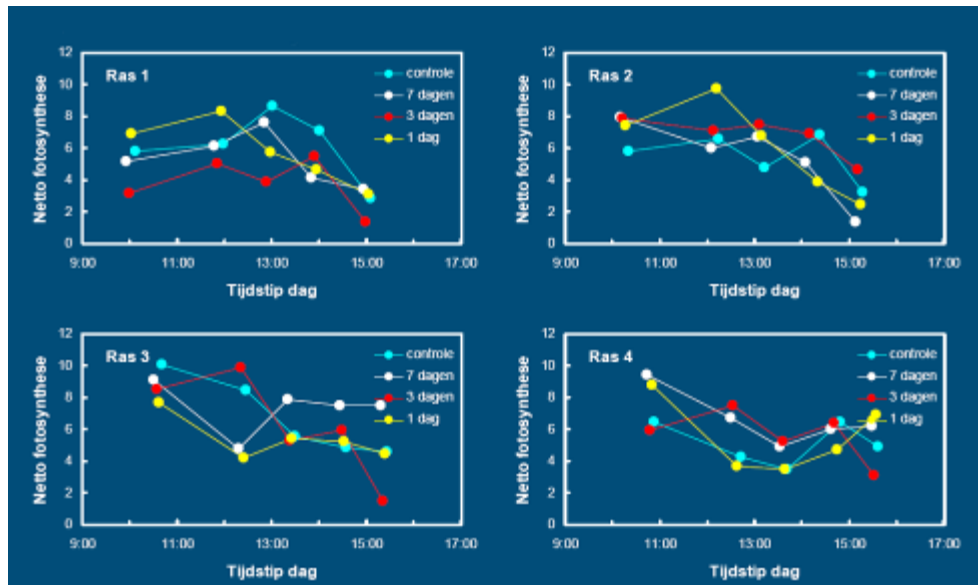
Fotosynthesemeting, sept 2006
Paul Dijkhuis (PRI)



Fotosynthesemetingen zijn ter plekke volgens bovenstaand protocol uitgevoerd aan planten die 0 (controle), 1, 3 en 7 dagen onder hoog licht condities zijn gekweekt. De fotosynthesemetingen zijn uitgevoerd bij 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR. De overige condities in de meetcuvet waren gelijk aan die in de kas.

MIPS metingen bij Anthura waren ideaal geweest om ook kortdurende symptomen van stress te kunnen meten. Verplaatsing van MIPS naar Anthura was uit kostentechnisch oogpunt echter niet mogelijk. Daarom zijn de planten na afloop van de fotosynthesemetingen naar Wageningen getransporteerd en de volgende dag gemeten met de MIPS-cabinet. Dat houdt in dat stress symptomen die binnen 14-18 uur na behandeling verdwenen zijn, niet gedetecteerd kunnen worden met deze proefopzet.

Resultaten



Figuur 8. Netto fotosynthese van 4 potanthurium cultivars. Elk datapunt is één meting gemeten aan een volledig ontwikkeld blad bij $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR, 600 ppm CO_2 , 51% - 69% RV en een temperatuur van 21°C .

Visuele symptomen

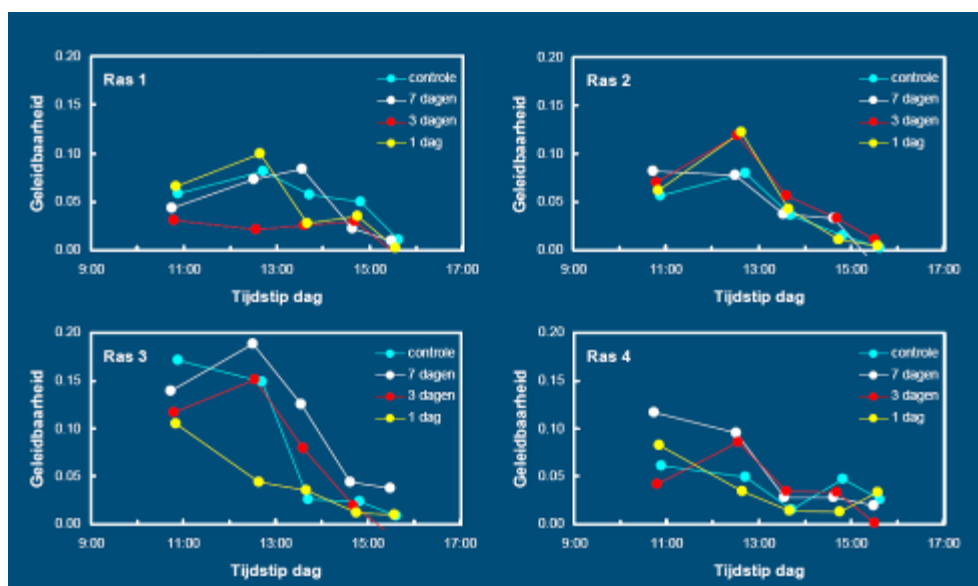
Geen van de rassen vertoonde na afloop van de hoog licht periode visuele symptomen.

Licor LI6400

De fotosynthese (Fig. 8) en de geleidbaarheid van de huidmondjes (Fig. 9) vertonen een duidelijk trend over de dag. 's Morgens zijn fotosynthese en geleidbaarheid goed. In de loop van de dag nemen fotosynthese en geleidbaarheid af. Dit komt overeen met eerdere metingen van Plant Dynamics in deelproject 1 bij Rijnplant. Er lijken rasverschillen te bestaan. Over de hele dag genomen hebben de rassen 1 en 3 de hoogste fotosynthese (Tabel 2). Rassen 1 en 3 zijn door Anthura beoordeeld als de rassen met een hoge groeikracht.

Omdat de fotosynthese (en geleidbaarheid huidmondjes) tijdens de dag behoorlijk varieert, levert middeling van de resultaten over de dag een grote variatie in de resultaten op (sem in Tabel 2). Dat maakt de verschillen tussen rassen niet significant.

Ook in aanpassing van de rassen aan de hoge lichtintensiteit zijn er wel verschillen te zien. Ras 3 heeft na 1 dag bij hoog licht een lagere fotosynthese en veel lagere geleidbaarheid, terwijl bij ras 2 de situatie net omgekeerd is. Ras 1 is het enige ras dat na 7 dagen hoog licht een duidelijk lagere fotosynthese heeft. Op basis van deze eigenschap zou verwacht mogen worden dat ras 1 de meeste kans op lichtschade heeft.



Figuur 9. Geleidbaarheid van de huidmondjes van 4 potanthurium cultivars. Elk datapunt is één meting gemeten aan een volledig ontwikkeld blad bij $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR, 600 ppm CO_2 , 51% - 69% RV en een temperatuur van 21°C .

Tabel 2. Fotosynthese (P_n) en geleidbaarheid huidmondjes (g_s) van vier potanthuriumrassen. Van elk ras is de controle gegeven plus de waarden op 1, 3 en 7 dagen na overzetten op hoog licht. De waarden zijn gemiddeld over 5 planten per ras. P_n uitgedrukt in $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Geleidbaarheid in $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Afkorting: gem - gemiddelde; sem - standaardfout van het gemiddelde.

Controle					Dag 1				
Ras	P_n		G_s		Ras	P_n		G_s	
	gem	sem	gem	sem		gem	sem	gem	sem
1	6,1	1,1	0,052	0,026	1	5,7	1,0	0,046	0,038
2	5,5	0,7	0,038	0,031	2	6,1	1,4	0,048	0,048
3	6,7	1,2	0,076	0,078	3	5,4	0,7	0,041	0,039
4	5,1	0,7	0,040	0,019	4	5,5	1,1	0,036	0,028

Dag 3					Dag 7				
Ras	P_n		G_s		Ras	P_n		G_s	
	gem	sem	gem	sem		gem	sem	gem	sem
1	3,8	0,8	0,021	0,013	1	5,3	0,8	0,047	0,031
2	6,8	0,6	0,058	0,041	2	5,4	1,2	0,044	0,039
3	6,2	1,6	0,071	0,067	3	7,3	0,8	0,107	0,065
4	5,6	0,8	0,039	0,030	4	6,6	0,8	0,057	0,045

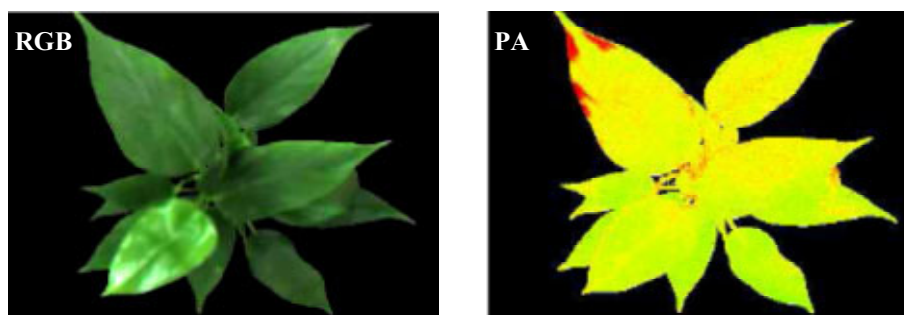
MIPS metingen

Ras1, het enige ras met een lagere fotosynthese na 7 dagen hoog licht, en gekozen als potentiële kandidaat voor lichtschade, vertoonde als enige ras een lichte daling van de gemiddelde efficiëntie van de fotosynthese (Tabel 3). Bij de andere rassen is de gemiddelde efficiëntie van de fotosynthese na 7 dagen gelijk of ietsje hoger.

Tabel 3. Efficiëntie van de fotosynthese (PA) van de 4 potanthuriumrassen. Planten werden 1 dag na afloop van de behandeling bij Anthura in Wageningen gemeten met de MIPS-Cabinet. De MIPS beelden zijn van boven genomen. De PA waarden zijn het gemiddeld over zichtbare deel van de plant en gemiddeld over 5 planten per ras per behandeling.

	Controle		Dag 1		Dag 3		Dag 7	
Ras	gem	sem	gem	sem	gem	sem	gem	sem
1	0,714	0,003	0,717	0,005	0,709	0,005	0,697	0,007
2	0,707	0,008	0,718	0,002	0,711	0,005	0,721	0,009
3	0,674	0,007	0,694	0,007	0,702	0,008	0,691	0,003
4	0,696	0,006	0,706	0,009	0,710	0,007	0,695	0,009

Met de MIPS zijn onzichtbare symptomen van stress langs de bladranden waargenomen bij rassen 2 en 4 (Tabel 4). Bij deze rassen vertoont één op de vier planten de symptomen. Deze symptomen zijn zichtbaar in de MIPS beelden als gebieden met lage PA (zie Fig. 10). De rassen 2 en 4 met deze symptomen zijn tevens de rassen met een lage fotosynthese (Tabel 2) en een minder hoge groeikracht.



Figuur 10. Voorbeeld van onzichtbare symptomen van stress bij potanthurium. Kleurenopname (RGB, links) en PA opname (rechts) gemaakt met de MIPS-Cabinet. In de rode gebieden in het PA beeld is er stress en is daardoor de efficiëntie van de fotosynthese laag (<0,65).

Op basis van de fotosynthesemetingen was verwacht dat ras 1 de meeste symptomen van lichtstress zou vertonen. Dat is niet het geval. Mogelijk zorgt de verlaging van de efficiëntie van de fotosynthese (Tabel 4) er voor dat er zich geen symptomen ontwikkelen onder hoog licht.

Tabel 4. Aantal planten per ras met symptomen van zichtbare schade aan de bladranden.

Ras	Aantal planten met bladschade				
	Dag 0	Dag 1	Dag 3	Dag 7	Totaal
1	0	1	0	0	1
2	4	5	1	3	13
3	0	0	0	0	0
4	2	3	2	3	10

Conclusie

Met de MIPS zijn zichtbare symptomen aangetoond bij potanthuriumrassen. Deze symptomen lijken gecorreleerd te zijn met lage fotosynthese capaciteit en lage groei kracht.

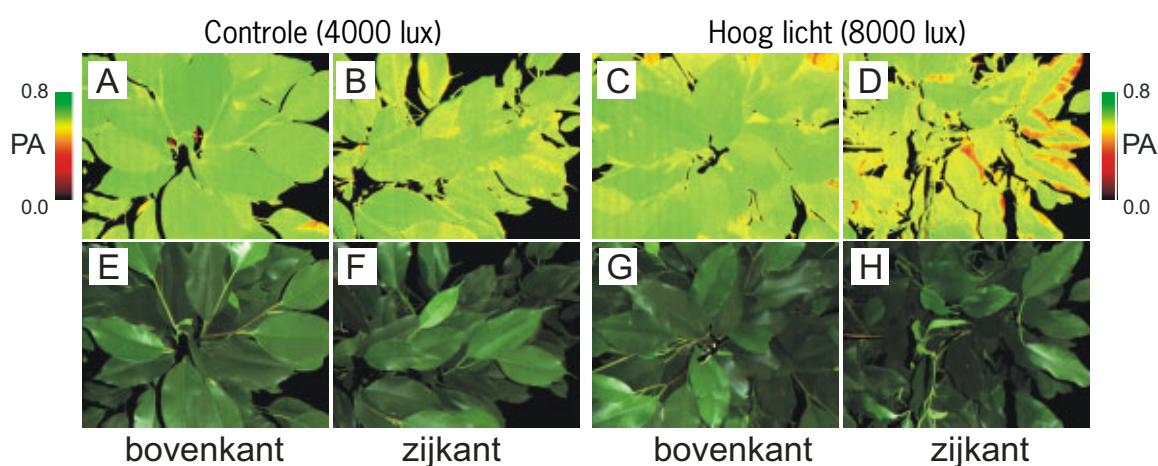
4.2 Ficus

Achtergrond

Assimilatiebelichting met 4000 tot 8000 lux (ca. 53 - 106 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) geeft in de wintermaanden een aanzienlijke winst in groei bij ficus, maar leidt al gauw tot chloroseverschijnselen. Deze chlorose verdwijnt slechts gedeeltelijk als de assimilatiebelichting gestopt wordt. Er is dus sprake van permanent kwaliteitsverlies. Een sensor die chlorose in een vroeg stadium kan meten, d.w.z. voordat de chlorose met het blote oog te zien is, zou kunnen helpen om de optimale lichtintensiteit van het assimilatielicht te kunnen bepalen. Chlorose wordt veroorzaakt door beschadiging van het bladgroen (chlorofyl). Het bladgroen is een belangrijk onderdeel van het fotosyntheseapparaat en zorgt voor de invang van het licht.

Doel proef

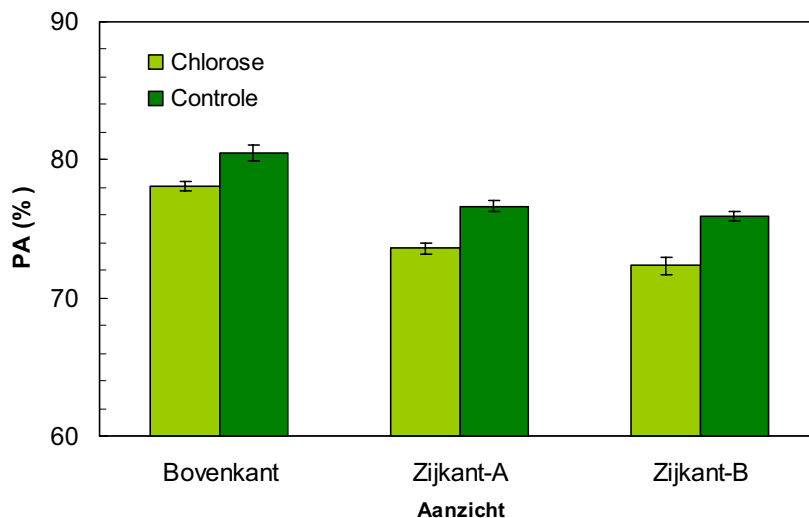
Onderzoeken of de fotosyntheseverdeling over de plant vroege symptomen van chlorose bij ficus kan opsporen.



Figuur 11. MIPS beelden van *Ficus benjamina* Daniëlle. De bovenste beelden zijn 'false colour' beelden van de maximale efficiëntie van de fotosynthese (afgekort PA). De onderste beelden zijn kleurenopnamen (RGB). De PA waarden kunnen geschat worden met de kleurtabel.

Uitvoering

Bij Esperit Plant in 's-Gravenzande liep net een belichtingsproef met belichte ficus (*Ficus benjamina* Daniëlle, 60 cm hoogte). In februari 2006 zijn een aantal met 8000 lux belichte en controle (4000 lux) planten naar Wageningen gebracht en in de MIPS-Cabinet doorgemeten. In deze tijd van het jaar is er al zoveel daglicht dat nieuwgevormde bladeren geen chlorose meer vertonen. De symptomen treden dan vooral op bij de oudere bladeren die in het najaar of in de winter gevormd zijn. De planten zijn bij Plant Research International bij 23°C en 7000 lux bewaard en na 4 dagen gemeten; zowel van de bovenkant als van twee zijkanten om de hele plant in beeld te krijgen.

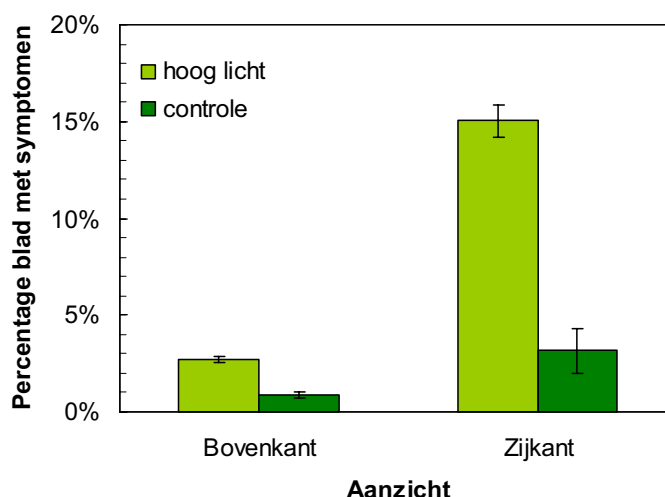


Figuur 12. Gemiddelde efficiëntie van de fotosynthese (PA) van controle en chlorotische planten. De PA is berekend over het deel van de plant dat met de MIPS in beeld gebracht is (bovenkant en twee zijkanten, zie Fig. 11).

Resultaten

De PA beelden laten zien dat de bladeren van de planten onder 8000 lux (Fig. 11 afb. C en met name D) veel plekken met een beschadigd fotosyntheseapparaat (lage PA waarde = oranje rode gebieden) vertonen. De bladeren van de controle planten hebben allemaal een hoge PA. Het blad rechtsboven in afb. D en H is een mooi voorbeeld. Bladeren aan de zijkant van de plant (afb. D en H) vertonen meer symptomen dan bladeren aan de bovenkant van de plant (afb. C en G). Dat blijkt ook uit als de gemiddelde PA van het beeld uitgerekend wordt (Fig. 12).

Nu is de gemiddelde PA van een plant afhankelijk van meerdere factoren, zoals ontwikkelingsstadium en cultivar. Dat blijkt ook uit Figuur 12. In de controle planten is de PA van de zijkant (=ouder blad) lager dan de PA van de bovenkant. De bovenzijde van de planten met chlorose heeft zelfs een hogere PA dan de PA van de zijkant van de controleplanten. De gemiddelde PA is dus geen betrouwbare maat voor de symptomen.



Figuur 13. Percentage ficusblad met symptomen berekend op basis van de MIPS meting. Alle pixels met een lage PA beschouwen we als aangetast. Alle aangetaste pixels in het beeld zijn bij elkaar opgeteld en gedeeld door het totaal aantal pixels (gezond + aangetast). Voor de controle werden 5 planten gebruikt en voor hooglicht 10 stuks.

Er is dus een betrouwbaardere analysemethode nodig om op basis van de MIPS beelden de schade te kunnen kwantificeren. Uit Figuur 11 blijkt ook dat in de aangetaste plekken de PA veel lager is dan in gezond blad. In een gezond blad ligt de PA boven de 75%. Als we nu de het oppervlak van de plant selecteren met een $PA < 65\%$, houden we alleen het aangetaste deel van de plant over. Figuur 13 laat de resultaten zien van deze methode. De meeste symptomen treden weliswaar aan de zijkant van de plant op, maar ook van bovenaf zijn de symptomen nog goed meetbaar. Vanaf de zijkant gemeten vertonen bij de hooglicht planten gemiddeld 15% van het blad symptomen tegen nog geen 3% bij meting vanaf de bovenzijde.

Conclusie

- 8000 lux assimilatielicht leidt in de wintermaanden tot ficusplanten met meer bladeren waarin het fotosyntheseapparaat beschadigd is (lage PA waarde).
- De MIPS sensor kan de beschadiging van het fotosyntheseapparaat goed meten.

Op dit moment is nog niet duidelijk of in alle gevallen waarin het fotosyntheseapparaat beschadigd is er ook zichtbare symptomen van chlorose ontstaan. Het zou kunnen zijn dat er cultivars zijn of klimaatsfactoren waarbij dit niet het geval hoeft te zijn. Hiervoor is verder onderzoek nodig.

4.3 Conclusies lichtschade en fotosyntheseverdeling

- Op basis van PA-beelden en kleurenbeelden van de MIPS zijn meetprotocollen en analysemethoden ontwikkeld om op basis van de fotosyntheseverdeling voor het oog onzichtbare schade aan het blad zichtbaar te maken.
- Deze methoden zijn bij zowel potanthurium als ficus toegepast om vroege, onzichtbare symptomen van lichtschade te bepalen.
- Bij potanthurium zijn 4 rassen onderzocht. Alleen bij de twee rassen met lage groei-kracht en lage fotosynthese werden onder hoog licht onzichtbare symptomen van lichtschade gemeten.
- Bij belichte ficus (8000 lux) werden aan het eind van de winter onzichtbare symptomen van lichtschade gemeten, vooral bij oudere bladeren.
- De relatie tussen de onzichtbare symptomen van lichtschade (lage PA) en zichtbare symptomen (chlorose, vergeling) is nog niet eenduidig vastgesteld. Dat vergt meer onderzoek.

5 Begrippen en afkortingen

Afkorting	Omschrijving	Toelichting
Chlorofyl	Bladgroen.	Pigment verantwoordelijk voor lichtinvang in fotosynthese.
Chl b/a	Verhouding tussen chlorofyl b en chlorofyl a	
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.	
g_s	Geleidbaarheid van huidmondjes.	Maat voor aantal en opening huidmondjes.
gem	Rekenkundig gemiddelde.	
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.
Pn	Netto fotosynthese.	
RGB	Rood Groen Blauw.	Systeem voor opslaan kleurenbeelden.
RV	Relatieve luchtvochtigheid.	
sem	Standaardfout.	

6 **Referenties**

Jones, H.G., 1999A.

Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling.
Agricultural and Forest Meteorology, 95, 139-149.

