

## Teeltoptimalisatie Miltonia

Bepaling van huidmondjesgedrag en lichtbenutting in  
relatie tot VPD



Augustus 2010

G. Trouwborst, C.S. Pot, A.H.C.M. Schapendonk

# Teeltoptimalisatie Miltonia

## Bepaling van huidmondjesgedrag en lichtbenutting in relatie tot VPD

Augustus 2010

G. Trouwborst, C.S. Pot, A.H.C.M Schapendonk

Plant Dynamics B.V.

Englaan 8

6703 EW Wageningen

[www.plant-dynamics.nl](http://www.plant-dynamics.nl)

06-21983129

## REFERAAT

G. Trouwborst, C.S. Pot, A.H.C.M. Schapendonk, 2010. Teeltoptimalisatie Miltonia.  
Bepaling van huidmondjesgedrag en lichtbenutting in relatie tot VPD. Plant Dynamics B.V.,  
Wageningen. 43p.

Dit onderzoek is uitgevoerd op verzoek van Miltonia telers en gefinancierd door het Productschap  
Tuinbouw (PT).

PT projectnummer: 13819

© 2010 Wageningen, Plant Dynamics B.V.

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 Plant Dynamics B.V. of opdrachtgever.

Plant Dynamics B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave, noch bij eigen gebruik noch bij het gebruik door derden.

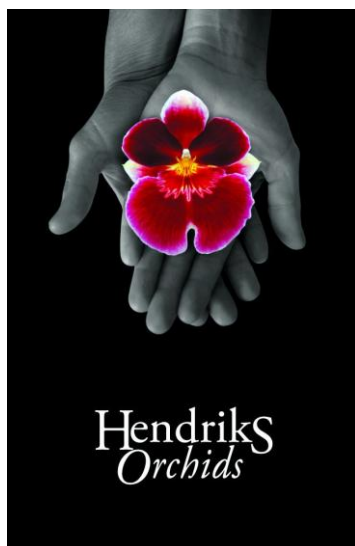
## Logo's samenwerkende partijen



Van der Hoeven advies



**POWER-FORCE**



# Inhoudsopgave

LOGO'S SAMENWERKENDE PARTIJEN.....	4
INHOUDSOPGAVE.....	5
SAMENVATTING .....	6
VOORWOORD.....	8
1 INLEIDING .....	9
1.1 Probleemstelling en onderzoeksdoelen .....	9
1.2 Theorie .....	10
1.2.1 Fotosynthese .....	10
1.2.2 Te veel licht.....	12
2 MATERIAAL EN METHODEN .....	13
2.1 Uitgangsmateriaal .....	13
2.2 Opzet klimaatkamerexperiment .....	13
2.3 Opzet kasexperiment .....	16
2.4 Metingen .....	17
3 RESULTATEN EN DISCUSSIE .....	18
3.1 Resultaten klimaatkamer experiment.....	18
3.1.1 De reactie van de huidmondjes op RV .....	18
3.1.2 Elektrontransport en fotosynthese .....	19
3.1.3 Plantgezondheid .....	19
3.1.4 Plantkwaliteit .....	20
3.1.5 Deelconclusies klimaatkamer experiment .....	22
3.2 Resultaten kasexperiment .....	23
3.2.1 Gerealiseerd klimaat in de kas .....	23
3.2.2 Huidmondjesgeleidbaarheid over de dag .....	24
3.2.3 Fotosyntheseresponse op licht en CO <sub>2</sub> .....	25
3.2.4 Plantgezondheid en stressdetectie .....	27
3.2.5 Plantkwaliteit .....	29
3.2.6 Deelconclusies kasexperiment .....	30
4 EINDCONCLUSIES .....	31
REFERENTIES.....	33
BIJLAGEN .....	34
Klimaat gedurende het kasexperiment .....	34
Gemeten ETR .....	36
Berekende assimilatie .....	38
Energiedistributie onder hoog licht .....	40
Energiedistributie onder laag licht.....	42

# Samenvatting

Bij veel potplanten wordt er veel gratis zonlicht weggeschermd om een te hoog oplopende planttemperatuur en lichtschade te voorkomen. Eerder onderzoek van Plant Dynamics heeft aangetoond dat het toelaten van meer zonlicht mogelijk is als de huidmondjesopening niet limiterend is. Dit kan aanzienlijke productieverhoging en energiebesparing opleveren. Vaak kan dit bereikt worden door bevochtiging in de kas toe te passen.

Dit onderzoek was erop gericht de teelt van *Miltonia* te optimaliseren door meer zonlicht toe te laten. Hiervoor werd de plantreactie op lichtintensiteit, dampdrukdeficit tussen blad en kaslucht ( $VPD_{\text{blad}}$ ) en  $CO_2$  en van drie *Miltonia* rassen gestructureerd in kaart gebracht. Deze plantreactie werd bepaald op basis van huidmondjesdynamiek en hoe efficiënt de planten het licht gebruiken voor de fotosynthese (lichtbenutting en lichtstress). In een eerste fase stond de huidmondjesdynamiek van *Miltonia* in afhankelijkheid van de VPD centraal terwijl in een tweede fase gevonden grenswaarden voor VPD vertaald werden naar dynamische kasomstandigheden.

In de eerste fase stonden de planten in klimaatkamers onder twee vaste lichtniveaus: een lichtniveau van  $95 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (dagsom van  $4 \text{ mol}/\text{m}^2 \text{ PAR}$ ) dat aansluit bij de praktijk en een verhoogd lichtniveau van  $165 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (dagsom van  $7 \text{ mol}/\text{m}^2 \text{ PAR}$ ). Er werd een vaste temperatuur gehanteerd (d/n 20/17,5 °C) met gecontroleerde RV niveaus welke werden gewisseld tussen de 40 en 80%. De huidmondjesgeleidbaarheid bleek maximaal bij een VPD van 0.5 kPa, daalde snel bij toenemende VPD en bereikte al bij 1.0 kPa een lage basisgeleidbaarheid. Verschillen in gevoeligheid tussen de rassen waren gering. Planten onder het hoge lichtniveau bij een hoge RV (70-80%) herstelden niet volledig in de nacht. Maar ook onder laag licht en een lage RV (<60%) herstelden de planten niet goed. De planten onder hoog licht hadden meer én zwaardere bloemtakken en bloemknoppen. De algehele conclusie van het klimaatkamerexperiment was dat de planten onder geconditioneerde omstandigheden onder een beduidend hoger lichtniveau geteeld kunnen worden dan tot dusver in de praktijk (kas) gangbaar is. Voorwaarde hierbij is wel dat de VPD onder de 1 kPa blijft. Hoe deze resultaten te vertalen naar kasomstandigheden werd in een tweede fase onderzocht.

In de tweede fase stonden de planten in een kas waarbij de RV hoog (>70%) gehouden werd door een vernevelingsinstallatie. Er waren twee behandelingen: een standaard (laag) lichtniveau met dagsommen rond de  $3\text{-}4 \text{ mol}/\text{m}^2 \text{ PAR}$  en een verhoogd lichtniveau met dagsommen tussen de  $6\text{-}8 \text{ mol}/\text{m}^2 \text{ PAR}$ . De fotosynthese en groei van de planten onder hoog licht lag over de hele periode ongeveer 40% hoger dan onder laag licht. Dit resulteerde in zwaardere en kwalitatief betere planten. De absolute grens voor lichtniveau lag voor deze planten op  $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  en is alleen mogelijk als er samenhang is tussen alle klimaatfactoren. Dus teeltoptimalisatie door het toelaten van een hoger lichtniveau kan niet zonder verhoging van  $CO_2$  en vooral RV. De bewaking van grenzen (plantvitaliteit en lichtstress) wordt wel veel belangrijker. Gedurende deze experimenten had de GrowWatch en vooral de Plantivity als monitor van de lichtbenutting een belangrijke toegevoegde waarde.

Door de hogere instraling lag de gewastemperatuur al snel 1-2 graden hoger voor de hoog licht planten. Hierdoor was de  $VPD_{\text{blad}}$  van deze behandeling ook vaak hoger waardoor de huidmondjes ondanks de hoge RV in de kas zich toch sloten. Door huidmondjessluiting daalt de transpiratie en stijgt de bladtemperatuur verder en komt de plant in een negatieve spiraal terecht. Dit duidt erop dat de capaciteit van de plant om zich te koelen zeer beperkt is. Deze beperking wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt door de huidmondjesanatomie (aantal en poriegrootte). Als de plant in staat zou zijn meer te verdampen/koelen dan zal de plant ook beter in staat zijn de bladtemperatuur in de hand te houden als het lichtniveau toeneemt.

# Voorwoord

De bedrijven Hendriks Orchids, Wooning Orchids en Power-Force vormen de 'studiegroep Miltonia' die zoekt naar een optimale sturing van het klimaat voor de teelt van Miltonia. In opdracht van deze studiegroep heeft Plant Dynamics in de periode 2007-2008 op deze bedrijven onderzoek gedaan aan Miltonia. Hieruit bleek de noodzaak voor een experiment onder meer geconditioneerde omstandigheden. Het Productschap Tuinbouw is bereid gevonden dit experiment financieel te ondersteunen.

Vanaf deze plaats willen wij een woord van dank uitspreken aan Michel Hendriks van Hendriks Orchids, Marco van de Berg van Wooning Orchids, Jan van Bleijswijk van Power-Force voor hun bijdrage in de begeleidingscommissie, het plantmateriaal en de waardevolle discussies gedurende het onderzoek. Kees van der Hoeven van Hoeven advies voor de teeltbegeleiding, Jaap Kester van LTO en Peter van Boekel van PT voor de begeleiding tijdens de BCO-vergaderingen en last but not least Huub Hoex van Botany voor de plantverzorging.



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling en onderzoeksdoelen

Uit onderzoek van Plant Dynamics is gebleken dat de productiviteit van *Miltonia* beperkt wordt door de fotosynthese (Schapendonk en Pot, 2008). De actuele fotosynthese is veel lager dan de gemeten capaciteit bij een bepaald lichtniveau. Detailmetingen wezen uit dat dit veroorzaakt werd doordat de huidmondjes van de plant zich aan het begin van de middag sluiten (In de literatuur staat dit bekend als de “Midday depression” ofwel “Middagdepressie” zie bijv. Muraoka et al. (2000).

*Miltonia* is een schaduwplant die geen hoge lichtintensiteit kan verdragen. Hoge lichtintensiteiten geven enerzijds niet zichtbare schade aan het fotosynthesesysteem (de motor van de plant), en anderzijds kan de kleur lichter worden, wat ten koste gaat van de visuele kwaliteit van de plant. Daarnaast geven gevoelige soorten, zoals *Herralexandre* een sterke roodverkleuring vooral bij de pladpunten (aanmaak anthocyanen). Om bovenstaande redenen wordt er in de gangbare teelt zwaar geschermd om de lichtintensiteit in de kas laag te houden. Echter hierdoor wordt het gratis zonlicht niet maximaal benut. Er is dus behoefte aan duidelijke grenzen voor lichtintensiteit.

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat de huidmondjesgeleidbaarheid van *Miltonia*'s zeer laag is en sterk beperkend voor de fotosynthese kan zijn (Schapendonk en Pot, 2008). Huidmondjes reageren over het algemeen positief op lichtintensiteit, sterk negatief op de  $VPD_{\text{blad}}$  (vapor pressure deficit = verschil in dampdruk tussen blad en kaslucht) en licht negatief op hoog  $CO_2$ . De huidmondjes laten een sterk dagverloop zien: de bekende “Middagdepressie” waarbij de huidmondjes sluiten en vaak die dag niet meer open gaan. Huidmondjessluiting bemoeilijkt de  $CO_2$  opname met als gevolg dat het opvallend licht beperkt door de fotosynthese kan worden verwerkt. Door deze limitatie van de fotosynthese ontstaat ‘lichtstress’ wat schade kan veroorzaken aan het fotosynthesesysteem. Hoge luchtvochtigheid (lage  $VPD_{\text{blad}}$ ) heeft over het algemeen een vertragende werking op huidmondjessluiting. Om in de teelt hier maximaal van te profiteren zijn duidelijke grenswaarden voor  $VPD$  gewenst.

Uit onderzoek in samenwerking met Plant Dynamics (van Telgen et al 2006) is naar voren gekomen dat als de huidmondjes gestuurd kunnen worden dat ze open blijven, de lichtintensiteit waaraan de planten blootgesteld worden hoger mag zijn. Door een gelijktijdige optimalisatie van alle klimaatfactoren is een forse verhoging van de fotosynthese mogelijk.

Dit onderzoek was erop gericht de teelt van *Miltonia* te optimaliseren door huidmondjessluiting te beperken en zodoende de lichtbenutting te verhogen, met als uiteindelijk doel meer gratis zonlicht toe te kunnen laten. In dit onderzoek werd de plantreactie op lichtintensiteit, dampdrukdeficit tussen blad en kaslucht ( $VPD_{\text{blad}}$ ) en  $CO_2$  van drie *Miltonia* rassen gestructureerd in kaart gebracht.

De volgende onderzoeksvragen stonden centraal:

1. Wat is de belangrijkste oorzaak van de huidmondjessluiting gedurende de dag en hoe kan deze worden voorkomen?
2. Wat is de optimale lichtintensiteit voor de huidmondjesgeleidbaarheid?
3. Wat is hiervoor een goede scherm- en belichtingsstrategie en wat zijn de grenzen aan de lichtintensiteit?
4. Binnen welke grenswaarden van VPD en gewastemperatuur kan optimaal worden geteeld en hoe groot zijn hierbij de rasverschillen bij *Miltonia*?
5. Op welke momenten van de dag kan het beste worden belicht voor een optimaal fotosyntheserendement en maximale energiebesparing (belichtingsstrategie)?
6. Welke  $\text{CO}_2$  concentratie is optimaal bij *Miltonia* en is er variatie in de  $\text{CO}_2$  behoefte over de dag?

Het onderzoek was onderverdeeld in twee fases: eerst werden onder stabiele klimaatsomstandigheden in een klimaatkamer grenswaarden voor  $\text{VPD}_{\text{blad}}$  om de huidmondjes open te houden bepaald bij een 'gangbare' en een voor de praktijk 'hoge' lichtintensiteit. Vervolgens zijn de gevonden grenswaarden onder dynamische kasomstandigheden getoetst.

## 1.2 Theorie

### 1.2.1 Fotosynthese

De groei van een plant wordt bepaald door het fotosyntheseproces in de groene bladeren van de plant. Dit proces is een samenwerking van twee deelprocessen: de lichtreactie en de donkerreactie. In de lichtreactie wordt lichtenergie vastgelegd die in de donkerreactie gebruikt wordt voor het binden van  $\text{CO}_2$ . Echter het enzym die de plant hiervoor gebruikt (Rubisco) kan naast koolzuur (carboxylase) ook zuurstof binden (oxygenase), dan vindt juist de omgekeerde reactie plaats en komt er  $\text{CO}_2$  vrij. De verhouding tussen deze twee processen wordt bepaald door de concentratie van  $\text{CO}_2$  en zuurstof in de plant. Deze verhouding wordt in belangrijke mate beïnvloed door de huidmondjesopening. Als de huidmondjes helemaal open staan, dan is de verhouding tussen koolzuur en zuurstof ongeveer gelijk aan de verhouding in de buitenlucht. Als de huidmondjes bijna dicht zijn dan wordt de verhouding tussen de concentratie koolzuur en zuurstof ongunstig en op den duur vind er netto geen fotosynthese meer plaats en kan er zelfs schade aan het fotosynthesesysteem ontstaan. Het is dus van groot belang dat de huidmondjes niet limiterend zijn voor de fotosynthese. Huidmondjes reageren over het algemeen positief op een toename in lichtniveau, licht negatief op een verhoogd  $\text{CO}_2$ -niveau en (sterk) negatief op een hoge  $\text{VPD}_{\text{blad}}$ . In Fig. 1 wordt de relatie van de klimaatfactoren licht,  $\text{CO}_2$ , temperatuur en relatieve vochtigheid voor de huidmondjes en de fotosynthese weergegeven. Lichtintensiteit heeft een sterk effect op de bladtemperatuur en daarmee ook op  $\text{VPD}_{\text{blad}}$ . De toename in  $\text{VPD}_{\text{blad}}$  heeft een negatief effect op de huidmondjes wat dus indirect door de lichtintensiteit komt. Hierdoor kan een negatieve spiraal ontstaan. Door de huidmondjessluiting daalt de geleidbaarheid en daarmee de verdamping en zo ook het koelend vermogen van het blad. Hierdoor stijgt de bladtemperatuur verder

en zo neemt  $VPD_{\text{blad}}$  nog verder toe.

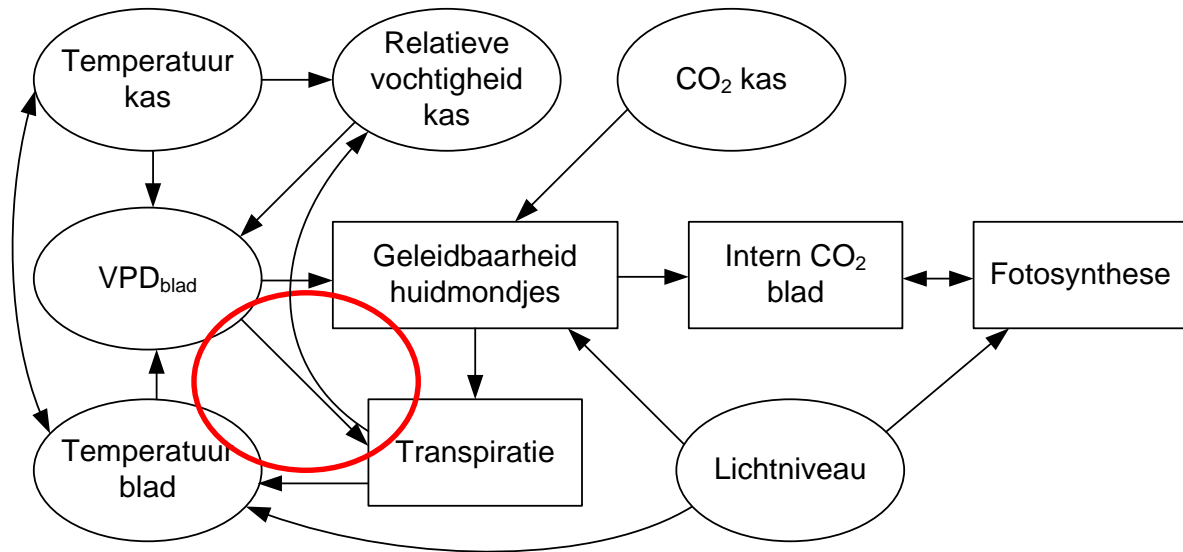


Fig. 1. De relatie van de klimaatfactoren op de huidmondjes en de fotosynthese. De rode cirkel geeft de negatieve spiraal aan.

In Fig. 2 wordt een algemeen verband tussen de huidmondjesgeleidbaarheid ( $G_s$ ) en de interne  $CO_2$  concentratie ( $C_i$ ) in het blad weergegeven. Als een lage  $G_s$  met een factor twee toeneemt dan neemt in eerste instantie de interne  $CO_2$  concentratie sterk toe, om vervolgens bij een hogere  $G_s$  af te vlakken naar een maximum (Fig. 2A). Een toename in de  $C_i$  (als gevolg van een hogere  $G_s$ ) geeft in het begin een sterke response op fotosynthese (Fig. 2B). Bij een hogere  $C_i$  wordt het effect op de fotosynthese kleiner, omdat de fotosynthese wordt gelimiteerd door andere factoren (meestal licht). Om dit effect weer toe te laten nemen is in dit geval dan een hoger lichtniveau vereist, mits de  $G_s$  en daarmee de  $C_i$  niet limiterend wordt. Het belang van de  $G_s$  is dus erg groot. Een lage  $G_s$  kan de fotosynthese sterk limiteren. Verhogen van het lichtniveau heeft alleen zin als de  $G_s$  niet limiterend is.

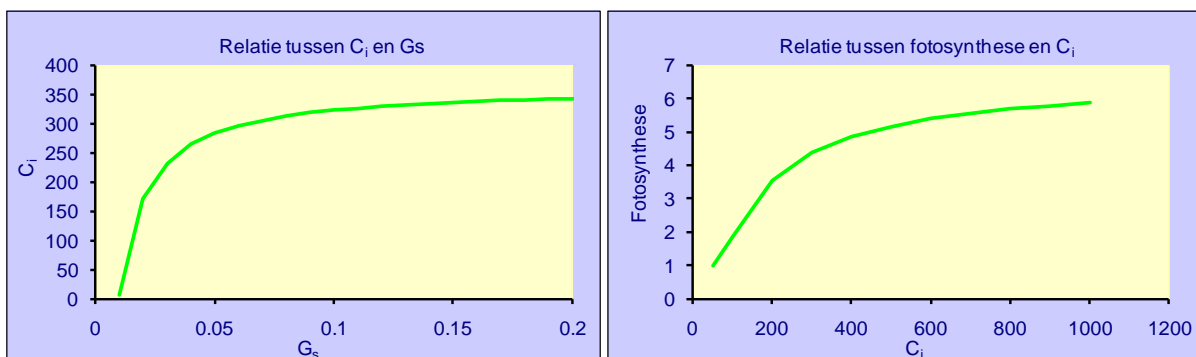


Fig. 2 Theoretisch verband tussen A:  $C_i$  en  $G_s$  en B: fotosynthese en  $C_i$  bij een vast lichtniveau.

De lichtreactie kan in beeld worden gebracht via metingen van de electrontransportsnelheid (ETR) en de donkerreactie kan in beeld worden gebracht via metingen van de  $CO_2$  opname van de plant. Door ook de  $G_s$  te meten kunnen er nauwkeurig uitspraken gedaan worden over grenzen van de klimaatfactoren temperatuur, licht,  $VPD_{\text{blad}}$  en  $CO_2$ .

### 1.2.2 Te veel licht

Onder lage lichtomstandigheden gaat de plant heel efficiënt om met het beschikbare licht. Bijna al het licht wordt gebruikt voor de fotosynthese. Een verdubbeling in lichtintensiteit geeft dan ook een verdubbeling in fotosynthese. Met het stijgen van de lichtintensiteit daalt de efficiëntie en op den duur en stijgt de fotosynthese niet meer (Fig. 3; oranje lijn). De opgevangen energie moet echter nog steeds afgevoerd worden. Hoe meer de fotosynthese gaat afwijken van de initiële efficiëntie (blauwe lijn) hoe meer lichtenergie de plant moet afvoeren. Dit teveel aan licht is een potentiële bron van stress voor de plant. In Fig. 3 is te zien dat tot  $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  de fotosynthese lineair stijgt. Boven de  $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  gaat de fotosynthese al afbuigen van de initiële efficiëntie. Het teveel aan licht is eerst nog beperkt maar neemt boven de  $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  fors toe. Dit teveel aan licht kan dus lichtstress en uiteindelijk lichtschade opleveren.

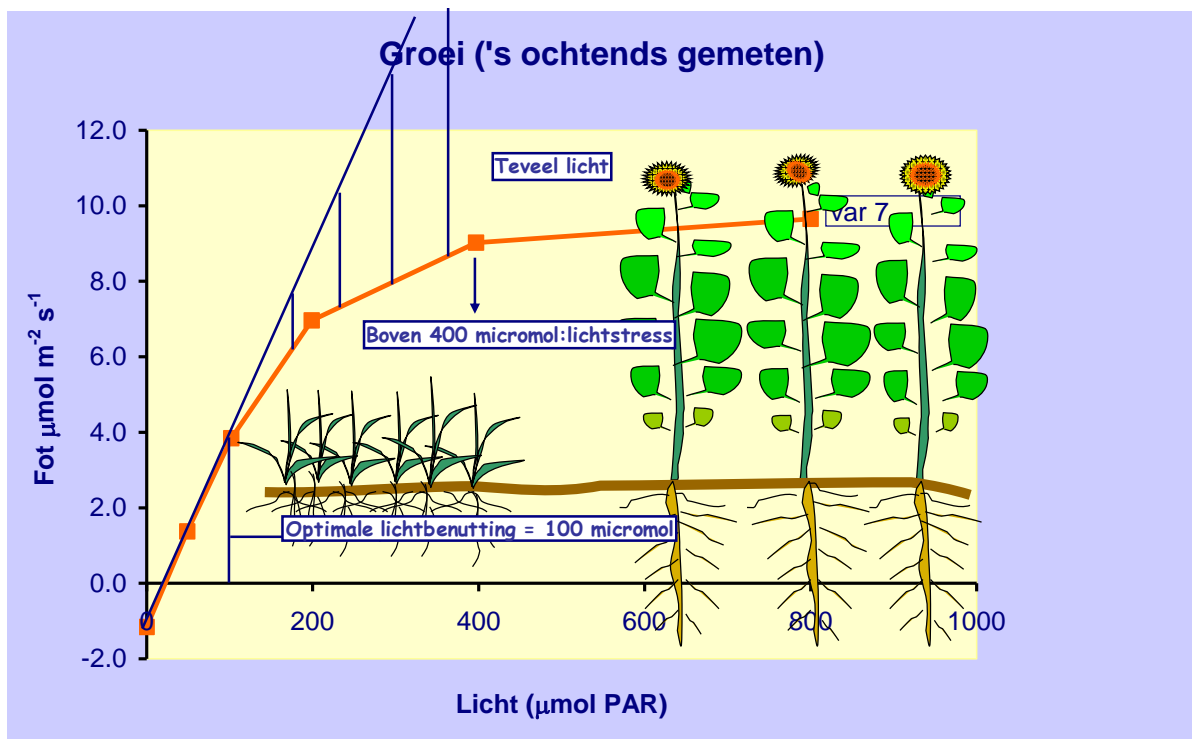


Fig. 3. Algemene relatie tussen fotosynthese en lichtniveau (oranje lijn); De initiële efficiëntie is met een schuine blauwe lijn aangegeven. Het teveel aan licht is met blauwe verticale strepen tussen de blauwe en de oranje lijn aangegeven.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Uitgangsmateriaal



Er werd onderzoek gedaan aan de Miltonia rassen: Red Tide, Herralexandre en Newton Falls of Isle Red. De planten werden door de begeleidende Miltonia studiegroep geleverd. De eerste partij planten voor het klimaatkamerexperiment bestond uit vrij uniforme twee-scheuters die aan het begin van het afkweekstadium waren. De tweede partij planten voor het kasexperiment was beduidend minder uniform en bestond uit een-, twee-, en drie-scheuters. Ook waren de planten verder in hun ontwikkelingsstadium en stonden zwakker op te wortel.

Kees van der Hoeven (Hoeven advies) heeft de teelt begeleid, in combinatie met bemesting en instellingen van het klimaat.

### 2.2 Opzet klimaatkamerexperiment

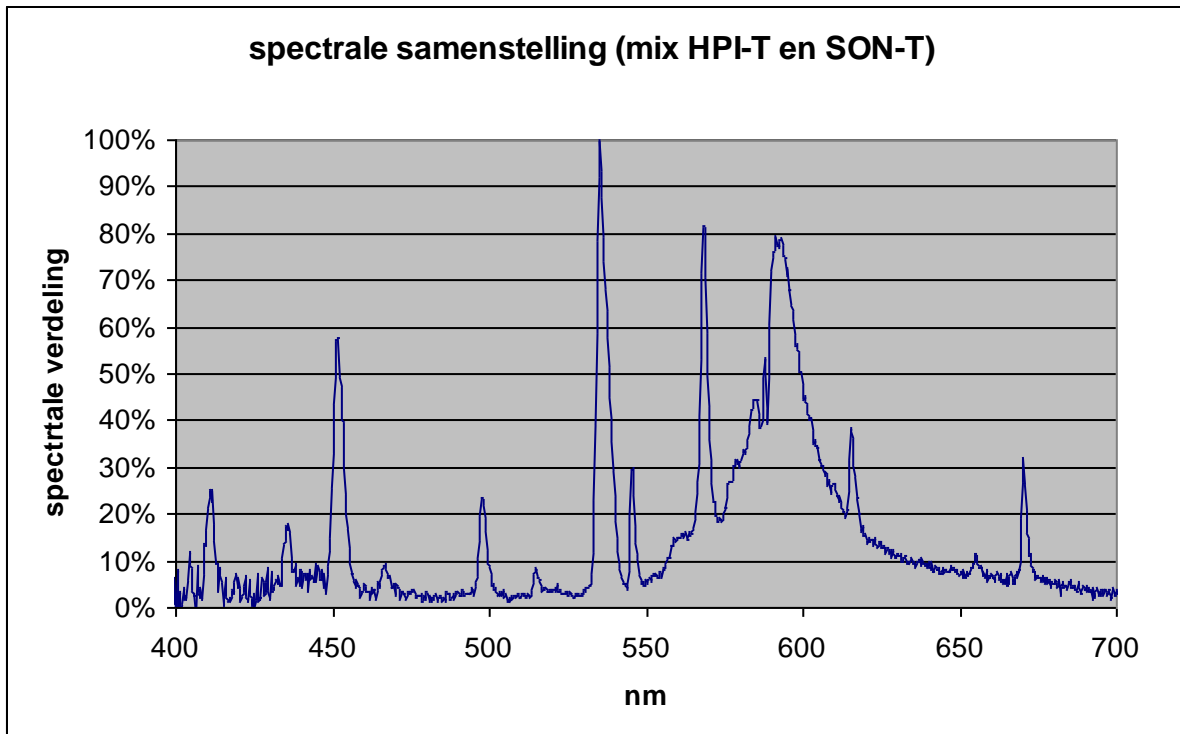
Op de proeflocatie van Botany in Horst werd in twee klimaatkamers het huidmondjesgedrag gedetailleerd in kaart gebracht door gecontroleerd de RV te verhogen of te verlagen en de plantrespons hierop (fotosynthese, stressniveau en plantgezondheid) in kaart te brengen. Er waren twee lichtniveaus: een laag licht behandeling (praktijkniveau) met een dagsom van 4,5 mol PAR en een verhoogd lichtniveau met een dagsom van 7.7 mol PAR (Tabel 1). De proef werd ingezet op 17 december 2009 en eindigde 10 weken later op 26 februari 2010.

Tabel 1. Aangelegde behandelingen

Laag licht	Hoog licht
	
PAR $95 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (13 uur)	PAR $165 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (13 uur)
PARsom $4.45 \text{ mol/dag}$	PARsom $7.72 \text{ mol/dag}$
T (dag/nacht) 21/17.5	T (dag/nacht) 21/17.5
RV start: 40%	RV start: 70%
RV: 40% → 50% → 60% → 70% → 80%	RV: 70% → 80% → 70% → 80%

Metingen werden uitgevoerd aan de volgende drie rassen: Red Tide, Herralexandre en Newton Falls. De plantdichtheid was  $37.5 \text{ planten/m}^2$ . De rassen werden in twee blokken systematisch over de proefoppervlakken verdeeld, waarbij rekening is gehouden met randeffecten. De wisselingen in RV zijn in Tabel 1 weergegeven. Alle metingen werden uitgevoerd na 1 week adaptatie aan de nieuwe omstandigheden.

Omdat dit experiment werd uitgevoerd onder uitsluitend kunstlicht (dus zonder daglicht) werd om een normale plantontwikkeling te stimuleren een gemengd lichtspectrum van SON-T en HPI lampen gebruikt (Fig. 4).



	%blauw	%cyaan	%rood	Rood/verrood
Laag licht	<b>16.8</b>	<b>54.8</b>	<b>28.4</b>	<b>3.8</b>
Hoog licht	<b>15.2</b>	<b>54.9</b>	<b>29.9</b>	<b>4.7</b>
Daglicht(vergelijk)	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>1.2</b>
SON-T(vergelijk)	<b>6</b>	<b>49</b>	<b>45</b>	<b>6.5</b>

Fig. 4. Lichtspectrum en % verdeling over blauw, cyaan en rood.

In beide cellen was de gemiddelde gewastemperatuur overdag 21.5 °C (meting GrowWatch met regelmatige controle via een IR-handmeter). Deze temperatuur is gebruikt om de VPD tussen blad en lucht te bereken (Tabel 2).

Tabel 2. Relatie  $VPD_{\text{blad}}$  en RV bij een bladtemperatuur van 21.5°C.

RV (%)	VPD (kPa)
<b>80</b>	<b>0.51</b>
<b>70</b>	<b>0.77</b>
<b>60</b>	<b>1.03</b>
<b>50</b>	<b>1.29</b>
<b>40</b>	<b>1.54</b>



## 2.3 Opzet kasexperiment

Opnieuw werden er planten die in de afkweekfase waren door de Miltonia studiegroep beschikbaar gesteld. Voor Red Tide en Herralexandre waren er voldoende planten beschikbaar. Echter van Newton Falls waren er geen planten beschikbaar en is er gekozen voor Isle Red. De planten waren echter wel minder uniform dan de partij die in de klimaatkamer gebruikt werd. Er zaten namelijk een-, twee en drie-scheuters tussen. Doordat de plantwortels er zwakker uitzagen zijn ze behandeld met Rhizolex tegen schimmel. De proef werd ingezet op 7 april 2010 en eindigde 10 weken later op 18 juni 2010.

De kasproef had 2 lichtbehandelingen, vergelijkbaar met de 2 lichtniveaus van het klimaatkamer experiment. De RV in de kas werd op +70% gehouden. De beoogde PAR lichtsommen waren 4 mol/dag en >6.5 mol/dag. Het verschil in lichtsom werd gerealiseerd door:

- positie in de kas (lichte en 'donkere' kant)
- bevestiging van een vast (open) schermdoek van 50% (Svensson XLS Harmony Revolux 55) Dit scherm bevond zich ruim twee meter boven de tafels boven de aanwezige vernevelaars zodat effecten van het scherm op het microklimaat werden uitgesloten.

Tabel 3. Aangelegde behandelingen

Laag licht	Hoog licht
	
PARsom 3-4 mol/dag	PARsom 6-8 mol/dag
T (dag/nacht) 21/17.5 (streefwaarde)	T (dag/nacht) 21/17.5 (streefwaarde)
RV: 70+%	RV: 70+%

Het proefoppervlak per lichtbehandeling bestond uit 2 open tafels (1 tafel was  $1.55 \times 3.95 = 6.12 \text{ m}^2$ ). Per tafel stonden 240 planten met een dichtheid van  $39 \text{ planten/m}^2$ .



Algemene instellingen ten behoeve van het klimaat waren:

- kasdek licht gekrijt (Redusol 30%)
- schermen bij 250 W buitenstraling (1<sup>e</sup> week) en daarna bij 350 W.
- CO<sub>2</sub>-gift van 800 ppm overdag.
- Vocht 70<sup>+</sup>% RV door verneveling
- Tdag: 21 °C stoken / 23 °C luchten
- Tnacht: 18 °C

De kasafdeling was voorzien van een vernevelinstallatie van voldoende capaciteit. Gezien de grote kas en het relatief kleine proefoppervlak voor Miltonia, was uit voorzorg voor een optimale beheersing van het klimaat een ander gewas in de kas erbij gezet.

## 2.4 Metingen

Twee GrowWatches (Grow-Technology, Nederland) werden ingezet om continu het klimaat te meten (temperatuur, lichtniveau, CO<sub>2</sub> en RV). De Plantivities van beide GrowWatches werden gebruikt om continue de fluorescentie karakteristieken te meten en dienden zo als een online stress monitor. Drie maal per week werd op vaste dagen en tijdstippen een nieuwe plant (ras) ingezet.

De response van de huidmondjes op de RV gedurende een meetdag werd in kaart gebracht met een porometer (Decagon, USA). Fotosynthese en de lichtrespons van de fotosynthese en het elektronentransport en Gs werd in kaart gebracht door de Li-6400 draagbare fotosynthesemeter (Licor Biosciences, USA). Als maat voor het chlorophyllgehalte (groenheid) werden bij de start, halverwege en aan het eind SPAD-metingen genomen (Conica Minolta, Japan). Aan het begin (alleen kasexperiment) en aan het eind van het experiment (klimaatkamer- en kasexperiment) werden er van 8 planten per ras vers en drooggewichten bepaald. Indien van toepassing werd het aantal bloemstelen en aantal bloemen per tak genoteerd.

## 3 Resultaten en discussie

### 3.1 Resultaten klimaatkamer experiment

#### 3.1.1 De reactie van de huidmondjes op RV

Onder het hoge lichtniveau, gaf een toename van de RV van 70 naar 80% een forse toename in geleidbaarheid (Gs) bij Red Tide. Bij Newton Falls en Herralexandre was deze toename beduidend kleiner (Fig. 5a). Onder het lagere lichtniveau was voor de RV's tussen de 40 en 60% de Gs stabiel laag en fors hoger bij een RV van 70 en 80% (Fig. 5b). Verschillen tussen de rassen waren gering. Opvallend was dat de Gs over de dag nauwelijks verschilde. Er trad dus bij 70% en 80% RV geen middagdepressie op.

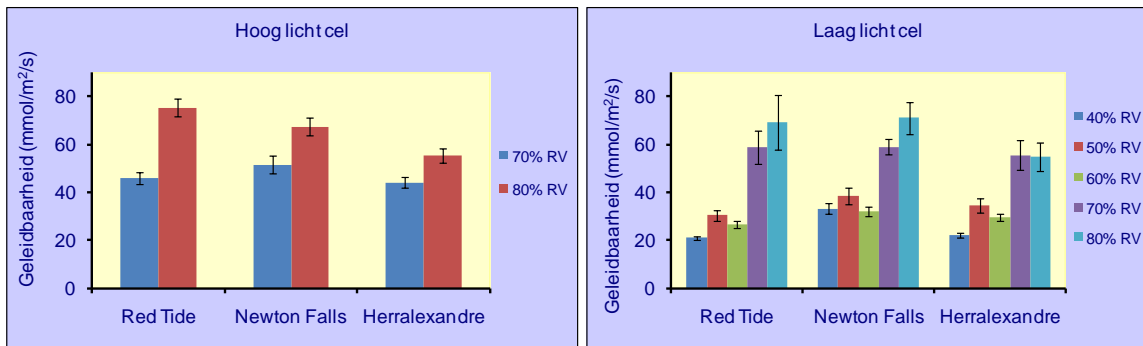


Fig. 5. Geleidbaarheid van de huidmondjes in de hoog licht cel (a) en de laag licht cel (b) bij verschillend RV, gemeten met de porometer. De verticale balkjes geven de SE weer (n>20).

Met behulp van de metingen met de Li-6400 fotosynthesemeter, kon een algemeen patroon van afhankelijkheid van de Gs voor de  $VPD_{\text{blad}}$  worden bepaald (Fig. 6). Tot een  $VPD_{\text{blad}}$  van 0.5 bleef de Gs stabiel en op een relatief hoog niveau. Bij een hogere VPD daalde de Gs snel en bij een  $VPD_{\text{blad}}$  groter dan 1 bleef de Gs op een stabiel laag niveau.

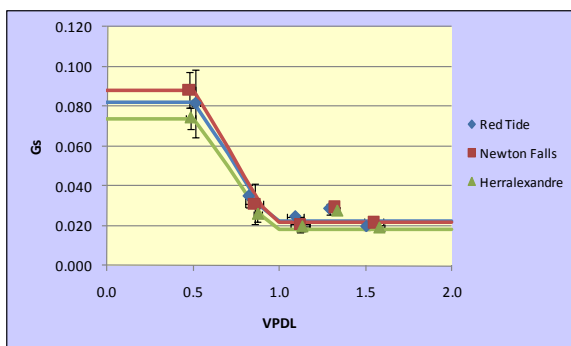


Fig. 6. Grenswaarden voor  $VPD_{\text{blad}}$  bepaald met de Li-6400, verticale en horizontale balkjes geven de SE weer (n>8).

### 3.1.2 Elektrontransport en fotosynthese

De  $ETR_{max}$  van de bladeren onder laag licht in combinatie met RV's lager dan 70% was lager dan die onder hoog licht. Meestal komt dit doordat planten die onder een lager lichtniveau groeien minder investeren in hun fotosynthese-apparaat (Atwel et al. 1999). Bij *Miltonia* werd dit echter veroorzaakt doordat de huidmondjes limiterend waren, omdat bij een hogere RV en daardoor hogere Gs, de  $ETR_{max}$  steeg tot het niveau van de planten onder hoog licht (Fig. 7ab). Doordat de huidmondjeslimitatie bij lagere RVs (<60%) zelfs de  $ETR_{max}$  kan beperken zal een hoog lichtniveau onder deze omstandigheden meer schade veroorzaken.

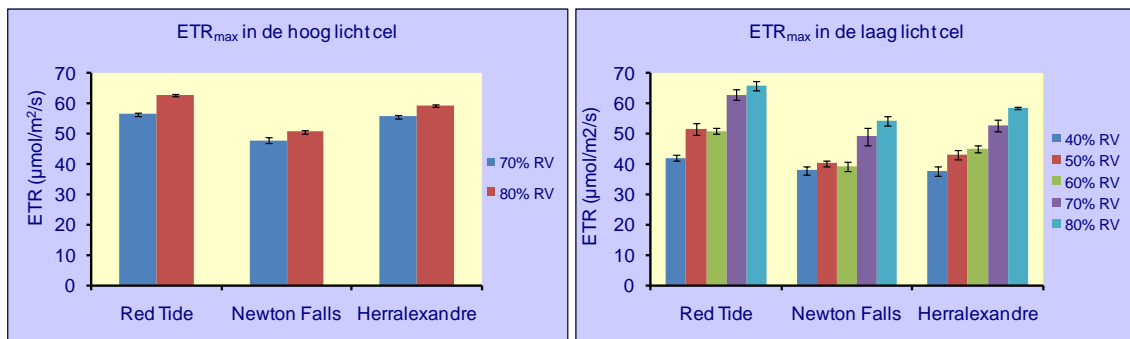


Fig. 7.  $ETR_{max}$  in de hoog licht cel (a) en de laag licht cel (b), gemeten met de Li-6400, verticale balkjes geven de SE weer ( $n > 8$ ).

### 3.1.3 Plantgezondheid

Met de plantivity werd via chlorofylfluorescentie de plantvitaliteit in beeld gebracht. Vitale planten hebben een  $F_v/F_m$  van 0.8 (Maxwell and Johnson, 2000). Dit getal wordt normaliter binnen een half uur nadat het donker is, bereikt (Baker, 2008). Planten onder laag licht bleken vitaal te zijn als de RV 60% of hoger is. Bij de planten onder hoog licht was er een permanente schade aanwezig. Als de planten die bij het hoge lichtniveau stonden, een week lang onder een lager lichtniveau werden gezet, vond echter herstel plaats (Fig. 8b). In Fig. 8c is de negatieve impact op de ETR in % weergegeven voor de niet vitale planten: Als alle planten laag licht ( $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) zouden krijgen, dan zouden de vitale planten (laag licht planten) het 3-6% beter presteren dan de niet-vitale planten (hoog licht planten). Dit verschil is beperkt maar laat wel het belang van de plantvitaliteit zien.

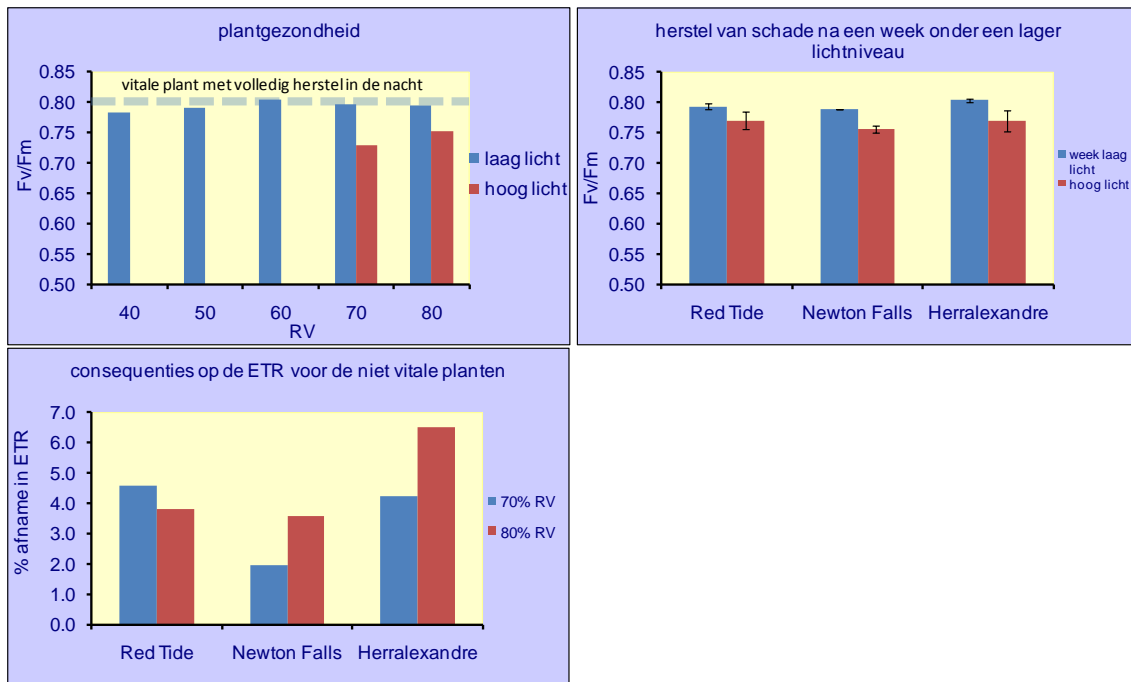


Fig. 8. Plantgezondheid voor de hoog en de laag licht planten (a), herstel van de planten na een week onder een lager lichtniveau (b) en consequenties op de ETR bij  $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  voor de niet-vitale planten onder laag lichtniveau (c).

Onder laag licht steeg de fotosynthese met ongeveer 10-15% door de hogere RV (Fig. 9B). Dit komt omdat de huidmondjes verder open stonden (Fig. 5b) en zo het interne  $\text{CO}_2$  gehalte hoger was. Vooral Herralexandre reageerde positief op een toenemende RV. Echte winst werd behaald door meer licht aan de planten aan te bieden. Dit leverde een stijging ten opzichte van het lage lichtniveau op van tussen 30% en 45% bij een RV van 70-80% (vergelijk fig. 9a en 9b). Onder het hoge licht leverde een stijging van de RV van 70% naar 80% een stijging van ruim 15% voor de fotosynthese op (Fig. 9A).

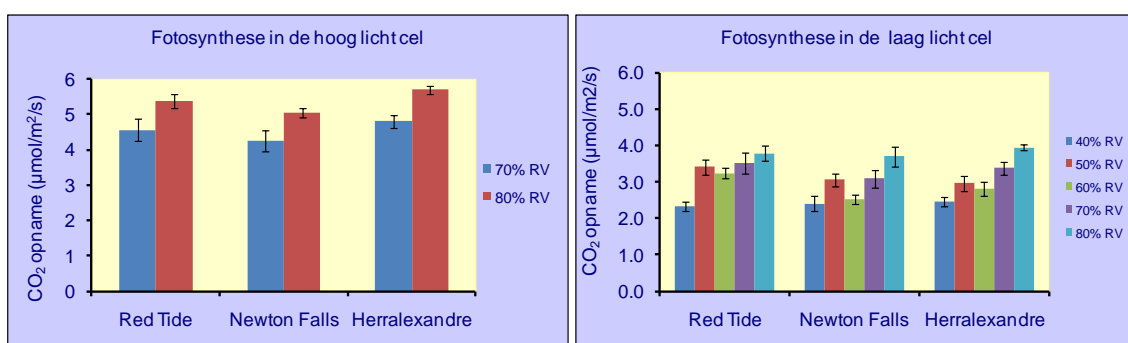


Fig. 9. Fotosynthese in de hoog licht cel (a) en de laag licht cel (b), gemeten met de Li-6400, verticale balkjes geven de SE weer ( $n > 8$ ).

### 3.1.4 Plantkwaliteit

Aan het begin, halverwege en aan het einde van de proef werden de SPAD-waarden gemeten (maat voor het chlorofylgehalte ofwel groenheid van de plant). Het chlorofylgehalte nam in de laag licht cel gedurende de proefperiode toe, terwijl deze in de hoog licht cel voor Newton Falls en Herralexandre

wel toenam maar niet voor Red Tide. Het chlorofylgehalte aan het einde van het experiment was fors hoger bij de laag licht planten vergeleken met de hoog licht planten (Fig. 10). Echter door de hoog licht planten een week bij laag licht te zetten werd dit verschil aanzienlijk minder (Fig. 10, rechter figuur, behandeling eindLL). Voor de verkoopkwaliteit van de planten is het van belang dat de planten niet te licht van kleur zijn. Volgens de studiegroep waren de hoog licht planten echter niet zo licht van kleur dat de verkoopkwaliteit hierdoor zou dalen.

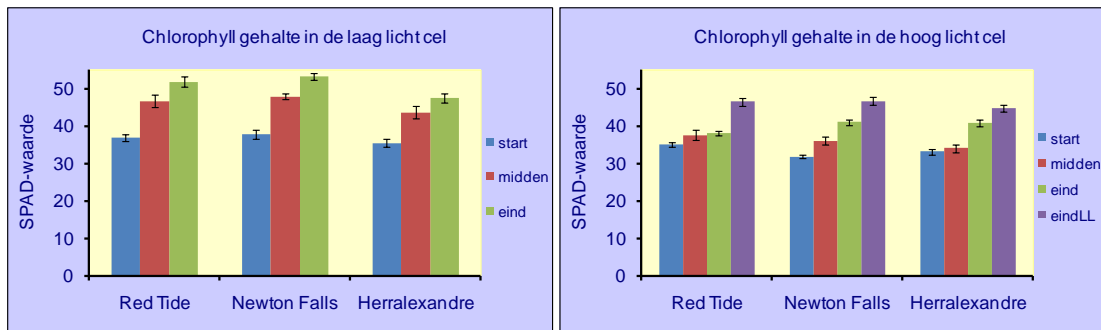


Fig. 10. Chlorofylgehalte van planten in de laag en de hoog licht cel (n=10).

Er was een duidelijke trend dat de eindgewichten van de drie rassen zwaarder waren bij de hoog licht planten (tabel 4A). Voor Herralexandre was dit verschil het grootst. Het aantal takken en bloemen per tak was in alle gevallen groter voor de hoog licht planten (Tabel 4BC). Er kan geconcludeerd worden dat de algehele plantkwaliteit sterk verbeterd was door het hoge lichtniveau.

Tabel 4. Plantgewicht, aantal takken en aantal bloemen per tak (n=8).

A. Eindgewicht per plant:

	laag licht	se	hoog licht	se	% toename
Red Tide	<b>201.5</b>	<b>11.8</b>	<b>208.3</b>	<b>8.6</b>	<b>3.4%</b>
Newton Falls	<b>163.1</b>	<b>10.5</b>	<b>177.3</b>	<b>10.9</b>	<b>8.7%</b>
Herralexandre	<b>143.4</b>	<b>5.7</b>	<b>193.3</b>	<b>9.21</b>	<b>34.9%</b>

B. Aantal bloemtakken per plant:

	laag licht	se	hoog licht	se	% toename
Red Tide	<b>2.4</b>	<b>0.3</b>	<b>2.6</b>	<b>0.3</b>	<b>8.3%</b>
Newton Falls	<b>3.1</b>	<b>0.3</b>	<b>3.8</b>	<b>0.3</b>	<b>22.6%</b>
Herralexandre	<b>3.3</b>	<b>0.2</b>	<b>3.5</b>	<b>0.2</b>	<b>6.1%</b>

C. Aantal bloemen per tak:

	laag licht	se	hoog licht	se	% toename
Red Tide	<b>7.1</b>	<b>1.1</b>	<b>9.8</b>	<b>1.3</b>	<b>38.0%</b>
Newton Falls	<b>12.8</b>	<b>1.2</b>	<b>16.6</b>	<b>1.6</b>	<b>29.7%</b>
Herralexandre	<b>9.6</b>	<b>0.8</b>	<b>12.6</b>	<b>1.1</b>	<b>31.3%</b>

### 3.1.5 Deelconclusies klimaatkamer experiment

- De huidmondjes gaan steeds verder open bij een RV vanaf 70% ofwel vanaf een VPD < 1 kPa.
- Door het creëren van omstandigheden waarbij de huidmondjes open staan is bij een zelfde lichtniveau een stijging in fotosynthese van 10-15% te realiseren. Door bij een lage VPD ook het lichtniveau te laten stijgen is een extra winst van 30-45% mogelijk.
- Hoe hoger de RV (>70%) hoe hoger de tolerantie voor een verhoging in lichtniveau. Dit komt omdat de huidmondjes onder hogere RV minder limiterend zijn op de  $ETR_{max}$ . Stresstolerantie en plantvitaliteit voor hogere lichtniveaus nemen af als RV afneemt (<60%). Dit is toe te wijzen aan huidmondjeslimitatie.
- Planten onder het hoge lichtniveau herstellen niet volledig in de nacht (verlaagde  $F_v/F_m$ ). Bij een RV van 70-80% was er tijdens de proefperiode echter geen sprake van blijvende schade. Ook onder laag licht en een lage RV (<60%) herstellen planten niet volledig in de nacht. Dit betekent dat, als bij hoog licht de RV gedaald was, er dan waarschijnlijk meer schade was opgetreden.
- Door het hoge lichtniveau zijn de planten lichter van kleur, maar niet zodanig dat de plantkwaliteit negatief wordt beïnvloed.
- Hoog licht planten die wat donkerder gezet worden kleuren snel bij en herstellen ( $F_v/F_m$  omhoog). Dit is een indicatie dat in dynamische omstandigheden zoals in de kas, de waargenomen verlaagde  $F_v/F_m$  minder impact zal hebben als in de klimaatkamer omdat er geregeld donkere dagen zijn.
- De planten onder hoog licht waren zwaarder en hadden meer én zwaardere bloemtakken en bloemknoppen.
- Bij het hoge lichtniveau wordt een goede monitoring van stress belangrijker.
- De algehele conclusie van het klimaatkamerexperiment is dat onder geconditioneerde omstandigheden met beduidend meer licht geteeld kan worden dan tot dusver in de praktijk (kas) gangbaar is. Hoe deze resultaten te vertalen zijn naar kasomstandigheden werd in het 2e deel (kasexperiment) onderzocht.

## 3.2 Resultaten kasexperiment

### 3.2.1 Gerealiseerd klimaat in de kas

Gedurende het experiment zijn de streefwaarden voor het klimaat gerealiseerd (Tabel 5 en Fig. 11). Op dagen waar de PARsom wat lager was, was ook de RV wat makkelijker te realiseren (Fig. 11).

Tabel 5. gemiddeld klimaat gedurende het experiment voor de hoog licht en laag licht behandeling.

	Dag	Nacht
Straling (mol PAR)	<b>6.6 mol en 3.4 mol</b>	
Kastemperatuur (°C)	<b>21.8</b>	<b>16.9</b>
RV (%)	<b>72.6</b>	<b>72</b>
CO <sub>2</sub> (ppm)	<b>892</b>	<b>689</b>

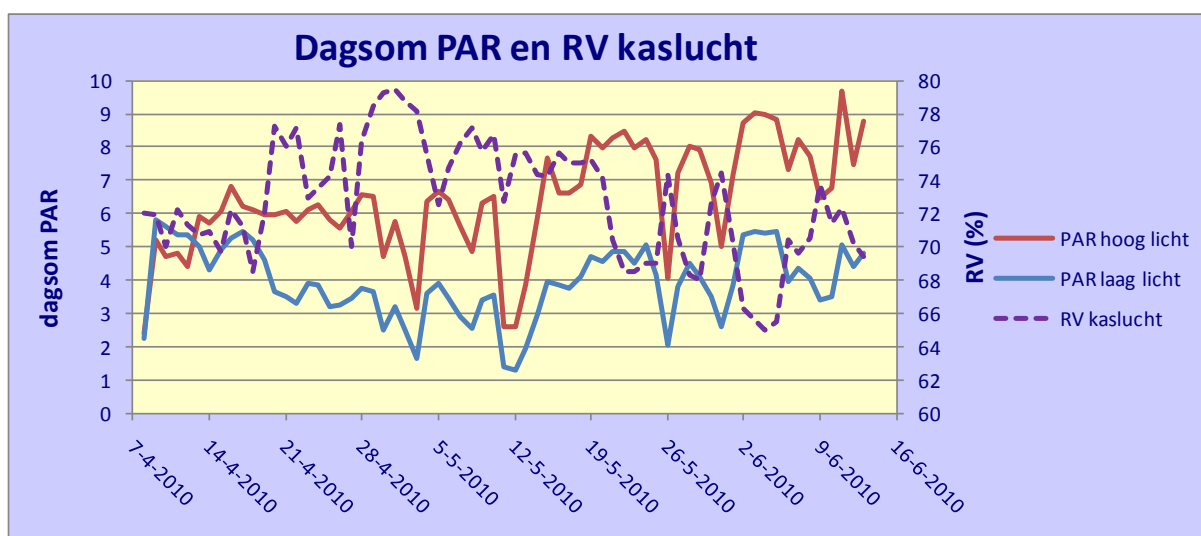


Fig. 11. Dagsom PAR voor beide behandelingen en RV van de kaslucht.

Doordat de instraling voor beide behandelingen verschilde, was de gewastemperatuur van de hoog licht behandeling op dagen met een hoge instraling ongeveer 2°C hoger dan die van de laag licht behandeling (Fig. 12a). Dit duidt erop dat *Miltonia* zich niet effectief kan koelen door verdamping. De RV was voor het hele compartiment hetzelfde hierdoor was de  $VPD_{\text{blad}}$  van de hoog licht behandeling vaak 0.15-0.2 kPa hoger dan de laag licht behandeling (Fig. 13). Door het vernevelen schommelde de planttemperatuur met twee graden (Fig. 12b). Mogelijke negatieve effecten hiervan hebben we niet kunnen achterhalen.

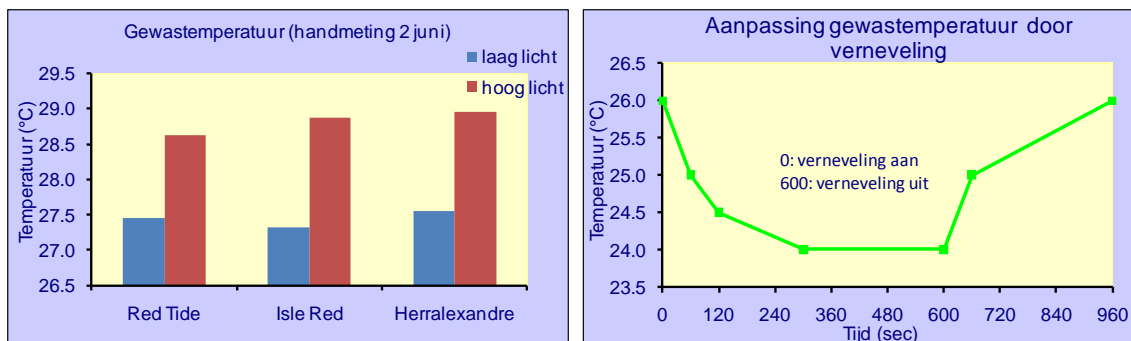


Fig. 12. Handmeting temperatuursverschillen tussen beide behandelingen en effect van verneveling op de plant temperatuur. 2 Juni was een warme dag met hoge instraling.

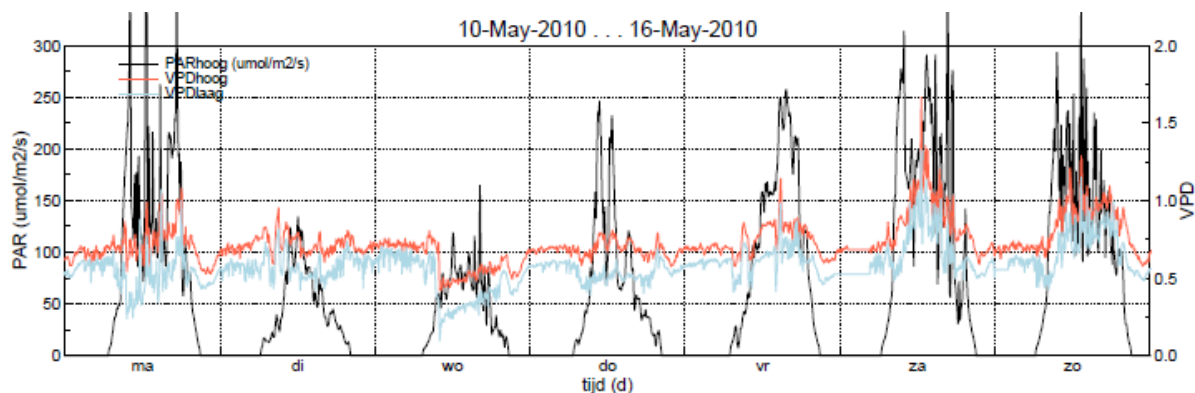


Fig. 13. Verloop van temperatuur en VPD voor beide behandelingen.

### 3.2.2 Huidmondjesgeleidbaarheid over de dag

De huidmondjesgeleidbaarheid ( $G_s$ ) nam halverwege de dag fors af (Fig. 14). Deze afname werd veroorzaakt door de toename in  $VPD_{blad}$  die bij hoge instraling boven de 1 kPa uitkwam. Een middagdepressie werd dus niet voorkomen ondanks de hogere RV in de kas. Dit heeft de volgende reden: door de hoge instraling stijgt de gewastemperatuur, hierdoor stijgt vervolgens de  $VPD_{blad}$  waardoor de  $G_s$  daalt. De verdamping wordt beperkt en de plant kan zich dus minder koelen, met als gevolg dat de planttemperatuur nog meer stijgt. Dit wordt een negatieve spiraal genoemd (Fig. 1). Vermoedelijk wordt het koelend vermogen van de plant beperkt door de huidmondjesanatomie (aantal en poriegrootte). Doordat de instraling bij de laag lichtbehandeling lager was gingen de huidmondjes hier ook iets later dicht. Er konden geen significante rasverschillen worden gemeten.

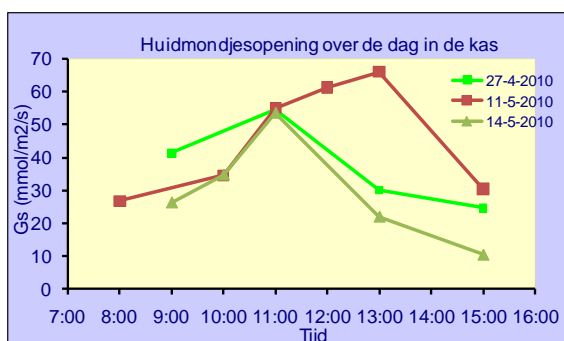


Fig. 14. Verloop van de huidmondjesopening over de dag.



### 3.2.3 Fotosyntheseresponse op licht en CO<sub>2</sub>

De response van het elektrontransport (ETR) ten opzichte van de lichtintensiteit is uitgezet in Fig. 15A. Naarmate de ETR meer gaat afbuigen van de rechte (oranje gestreepte) lijn moet er meer lichtenergie in warmte worden omgezet (zie ook Fig. 3). In fig.15B is te zien dat de ETR<sub>max</sub> voor de planten onder hoog licht iets lager was dan voor de planten onder laag licht, Dit was alleen significant verschillend bij Isle Red en werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de planten onder de hoog licht behandeling meer blootgesteld werden aan lichtstress. De verschillen in ETR<sub>max</sub> tussen de rassen waren overigens klein.

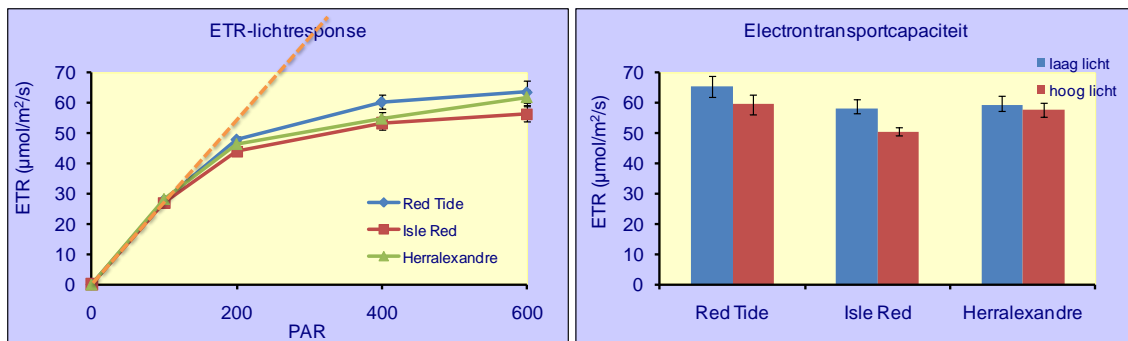


Fig. 15. A: Verloop ETR ten opzichte van de lichtintensiteit, de gestreepte oranje lijn geeft de maximale efficiëntie weer. Merk op dat de overeenkomsten met Fig. 3 groot zijn. B: raseffecten op ETR<sub>max</sub> (gemeten met Li-6400).

Uit Fig. 15 en 16 kunnen de absolute lichtgrenzen worden bepaald. Voor de ETR lag de grens op ongeveer 200 μmol/m<sup>2</sup>/s. Boven deze waarde was er nauwelijks nog toename in ETR. De lichtgrens voor de CO<sub>2</sub>-opname ligt 50 μmol/m<sup>2</sup>/s lager. Theoretisch kan dit komen door een niet optimaal CO<sub>2</sub>-niveau in de kas of een limitatie van de Gs. Omdat er ongeveer 900 ppm CO<sub>2</sub> werd gedoseerd, werd de eerdere afvlakking van de CO<sub>2</sub>-opname veroorzaakt door een verlaagde Gs. Dit laat ook duidelijk de interactie zien tussen de klimaatfactoren. Als een factor suboptimaal is, moet óf deze factor verbeterd worden óf de andere factoren hierop worden aangepast.

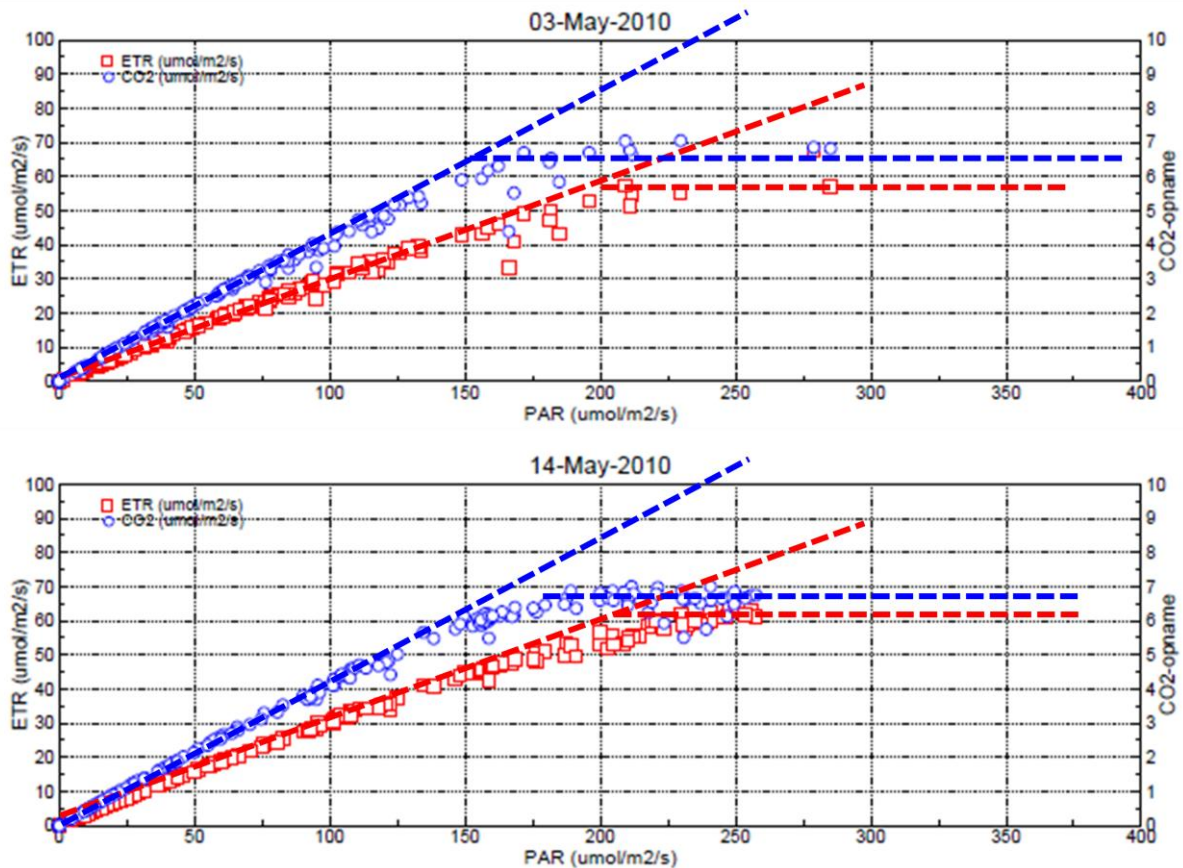


Fig. 16. ETR (rood) en berekende CO<sub>2</sub>-opname (blauw) gemeten met de Plantivity. Als voorbeeld zijn 3 en 14 mei genomen. De gestreepte lijnen geven de maximale efficiëntie en het verzadigingsniveau aan.

Over de hele periode was de toename in lichtsom van de hoog lichtbehandeling 93% ten opzichte van de laag licht behandeling (Tabel 6). De toename in ETR over de hele periode was 45%. De lichtbenutting van de hoog licht behandeling is dus fors omlaag gegaan. Dit komt onder andere ook doordat in dit experiment bewust grenzen zijn overschreden. Hierdoor lag het stressniveau soms te hoog zodat de hoog licht planten soms minder presteerden dan de laag licht planten (zie ook Fig. 18 verdeling van de lichtenergie). De toename in berekende fotosynthese was weer iets lager (39%; Tabel 6), dit wordt veroorzaakt doordat in bepaalde perioden de huidmondjes limiterend zijn geweest. Als het CO<sub>2</sub> niveau in de kas lager was geweest dan waren de huidmondjes sneller limiterend geweest en was de toename in fotosynthese ook lager geweest .

Tabel 6. Cumulatieve lichtsom, ETR en fotosynthese van 19 april tot 13 juni voor de hoog en laag lichtbehandeling.

	Laag licht	Hoog licht	% toename
Lichtsom (mol PAR / m <sup>2</sup> /s)	<b>193</b>	<b>372</b>	<b>93%</b>
ETR (mol e- / m <sup>2</sup> /s)	<b>58.3</b>	<b>84.4</b>	<b>44.8%</b>
Fotosynthese (mol CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> /s*)	<b>7.4</b>	<b>10.2</b>	<b>38.5%</b>

\* De lichtsom en ETR zijn gemeten waarden, de fotosynthese is een berekende waarde op grond van de gemeten ETR, CO<sub>2</sub>, bladtemperatuur en de Gs.

### 3.2.4 Plantgezondheid en stressdetectie

De plantvitaliteit kan in beeld gebracht worden door de  $F_v/F_m$  waarde in de nacht (zie 3.1.3). Als de waarde 0.8 bedraagt, is de plant vitaal (Maxwell and Johnson, 2000). Op een aantal momenten daalde de  $F_v/F_m$  van de hoog lichtbehandeling fors (Fig. 17, rode lijn). Echter omdat er na een lichte periode er weer een donkere periode volgde, kregen de planten de gelegenheid om te herstellen.

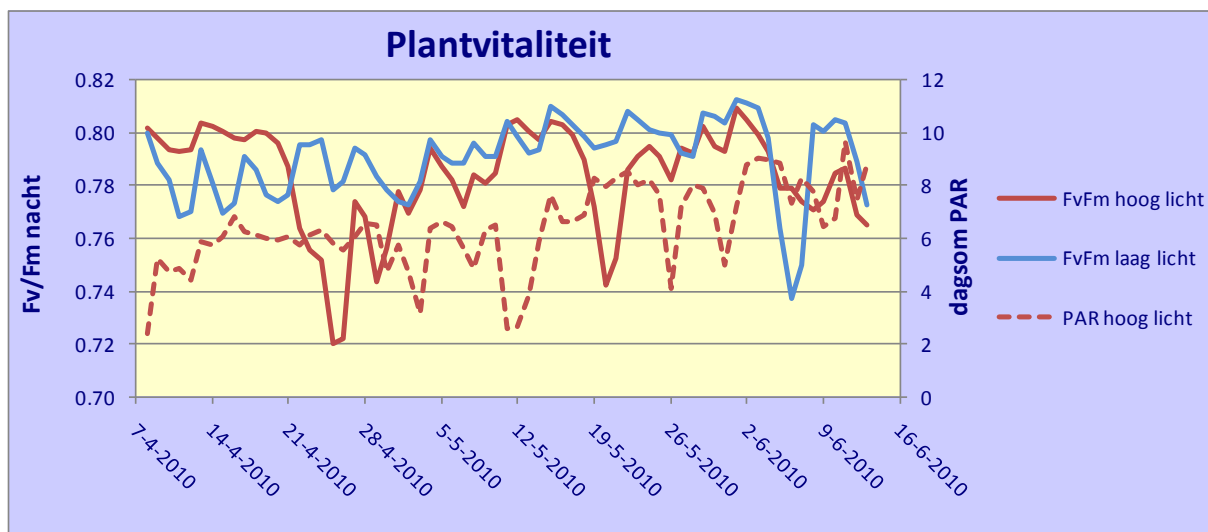
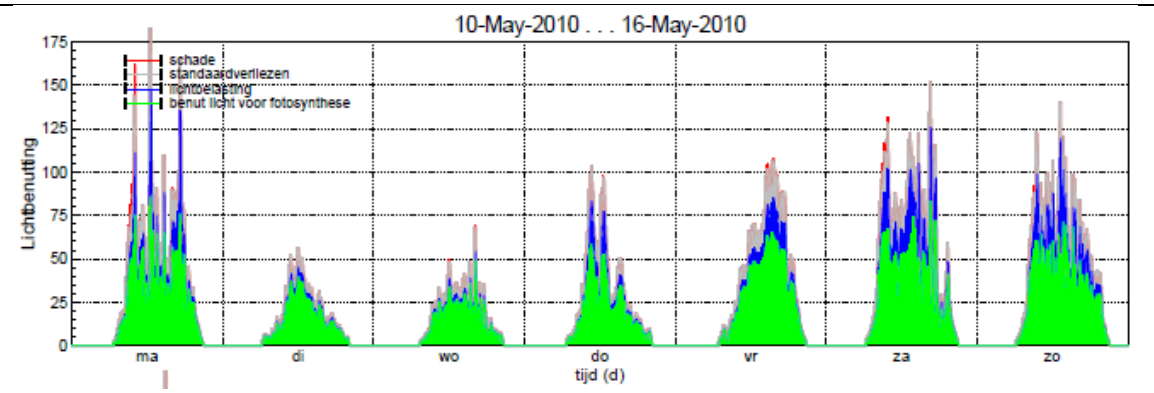


Fig. 17. Plantvitaliteit (gemeten met Plantivity).

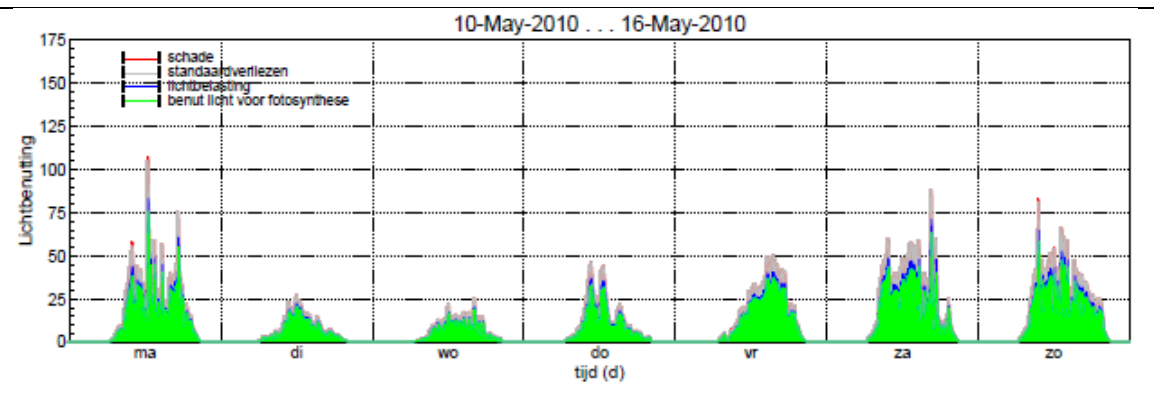
De  $F_v/F_m$  waarde komt in de uitvoer van de GrowWatch pas in de nacht in beeld. Overdag kan online de energieverdeling van de plant over lichtbenutting (=ETR), lichtbelasting (gereguleerde energieafvoer), verliezen en schade (niet-gereguleerde afvoer van energie) worden gevolgd. In Fig. 18 is het verloop van deze energieverdeling in beeld gebracht. In de week van 10 mei nam de lichtintensiteit met de dag toe (evenredig met oppervlak van de hele grafiek). Bij toenemend licht werd er steeds meer lichtenergie gereguleerd afgevoerd (blauwe vlak wordt steeds groter). In de eerste week is duidelijk te zien dat de lichtbenutting (groene vlak; ) groter is voor de hoog licht behandeling dan voor de laag lichtbehandeling. In de week van 17 mei ontstond er te veel stress in de hoog licht behandeling (blauwe vlak werd groter dan het groene vlak) en was op enkele dagen de lichtbenutting

van de hoog licht behandeling zelfs lager dan die van de laag licht behandeling. Gedurende dit experiment grepen we bewust niet in zodat we meer grip konden krijgen op de grenswaarden voor lichtintensiteit. Voor de teeltoptimalisatie in de praktijk moeten geschetste situaties voorkomen worden. De conclusie is wel dat de uiteindelijke toename in productie gedurende dit experiment hoger had kunnen liggen omdat er bewust niet ingrepen werd als het signaal op oranje/rood stond.

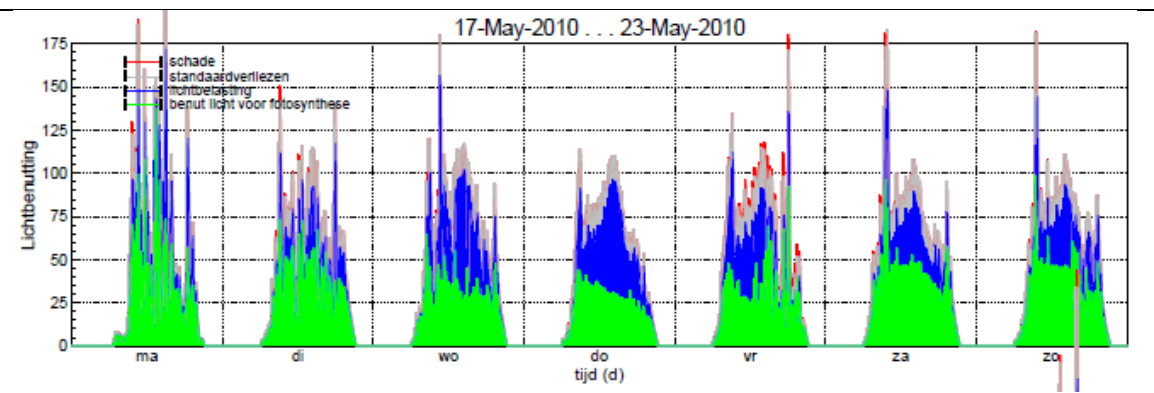
Week 19, hoog licht:



Week 19, laag licht:



Week 20, hoog licht:



Week 20, laag licht:

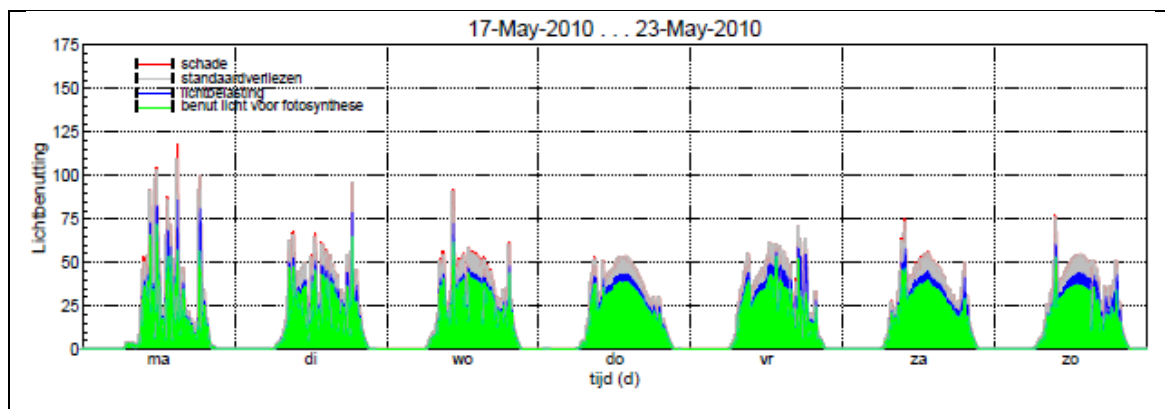


Fig. 18 Verdeling van de lichtenergie in lichtbenutting, lichtbelasting, standaardverliezen en schade voor twee geselecteerde weken gedurende het experiment. Legenda: groen oppervlak: benut licht voor de fotosynthese=ETR; blauw oppervlak: overtollig licht dat gereguleerd afgevoerd wordt als warmte (signaal toerenteller of NPQ op een andere manier in beeld gebracht); grijs: standaardverliezen; rood: overtollig licht dat schade oplevert. Noot: het oppervlak van de hele grafiek is een vaste fractie van PAR (namelijk 42%).

### 3.2.5 Plantkwaliteit

De eindgewichten van de planten onder hoog licht zijn voor alle rassen meer toegenomen dan de planten onder laag licht. De verhoging in groei gedurende het experiment lag tussen de 30-44% (Tabel 7). Dit komt overeen met de gemeten verhoging van de ETR (Tabel 6). Het aantal takken per plant is bij de hoog licht planten iets toegenomen. Het aantal bloemen per tak is gemiddeld voor alle rassen gelijk gebleven. Als geheel kan gesteld worden dat de plantkwaliteit onder hoog licht beter was dan onder laag licht.

Tabel 7. Plantgewicht, aantal takken en aantal bloemen per tak (n=8).

#### A. Gewichtsverschillen.

	laag licht	se	hoog licht	se	% hoger eindgewicht	% groeiversnelling / 10 weken*
Herralexandre	<b>148.6</b>	<b>9</b>	<b>163.7</b>	<b>6</b>	<b>10%</b>	<b>30%</b>
Red Tide	<b>187.5</b>	<b>8</b>	<b>218.2</b>	<b>14</b>	<b>16%</b>	<b>44%</b>
Isle Red	<b>117.9</b>	<b>7</b>	<b>145.1</b>	<b>7</b>	<b>23%</b>	<b>34%</b>

\*Het % groei is berekend door van de eindgewichten van beide behandelingen het startgewicht af te trekken. Vervolgens is het % groeiversnelling bepaald.

#### B. Aantal takken per plant

	laag licht	se	hoog licht	se	% toename
Herralexandre	<b>3.9</b>	<b>0.2</b>	<b>4.1</b>	<b>0.2</b>	<b>5%</b>
Red Tide	<b>2.9</b>	<b>0.2</b>	<b>3.1</b>	<b>0.3</b>	<b>7%</b>
Isle Red	<b>3.0</b>	<b>0.3</b>	<b>3.5</b>	<b>0.2</b>	<b>17%</b>

### C. Aantal bloemen per tak

	laag licht	se	hoog licht	se	% toename
Herralexandre	<b>5.2</b>	<b>0.3</b>	<b>4.9</b>	<b>0.3</b>	<b>-6%</b>
Red Tide	<b>4.7</b>	<b>0.3</b>	<b>4.9</b>	<b>0.4</b>	<b>4%</b>
Isle Red	<b>4.4</b>	<b>0.2</b>	<b>4.6</b>	<b>0.2</b>	<b>5%</b>

### 3.2.6 Deelconclusies kasexperiment

- Bij een hogere instraling lag de gewastemperatuur al snel 1-2 graden hoger bij de hoog licht planten. Hierdoor was de  $VPD_{\text{blad}}$  van deze behandeling ook vaak hoger. Zo werd een middagdepressie ondanks de hoge RV in de kas niet voorkomen. Tevens duidt dit erop dat de capaciteit van de plant om zich te koelen zeer beperkt is. De oorzaak ligt vermoedelijk in een beperking in de huidmondjesanatomie (aantal en of poriegrootte).
- Door de verneveling schommelt de bladtemperatuur behoorlijk. Of dit een negatief effect heeft, hebben we niet kunnen achterhalen.
- De productie van de planten onder hoog licht lag ongeveer 40% hoger dan onder laag licht, dit resulteerde in zwaardere en kwalitatief betere planten.
- De absolute grens voor lichtniveau lag voor deze planten op  $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Als de Gs of het  $\text{CO}_2$ -niveau in de kas suboptimaal zijn dan moet het lichtniveau omlaag.
- De plantvitaliteit van de planten onder hoog licht schommelde. Doordat dagen met veel instraling afgewisseld werden met donkere dagen, gaf dit geen problemen.
- Bij het hoge lichtniveau wordt een goede monitoring van stress belangrijker.

## 4 Eindconclusies

De hoofddoelstelling van het project was om de klimaatsfactoren voor Miltonia te optimaliseren voor huidmondjesopening om zo te kunnen gaan telen onder een hoger lichtniveau.

De volgende deelvragen waren gesteld:

1. Wat is de belangrijkste oorzaak van de huidmondjessluiting gedurende de dag en hoe kan deze worden voorkomen?
2. Wat is de optimale lichtintensiteit voor de huidmondjesgeleidbaarheid?
3. In relatie tot punt 2, wat is hiervoor een goede scherm- en belichtingsstrategie en wat zijn de grenzen aan de lichtintensiteit?
4. Binnen welke grenswaarden voor VPD en gewastemperatuur kan optimaal worden geteeld en hoe groot zijn hierbij de rasverschillen bij Miltonia?
5. Op welke momenten van de dag kan het beste worden belicht voor een optimaal fotosyntheserendement en maximale energiebesparing (belichtingsstrategie)?
6. Welke CO<sub>2</sub> concentratie is optimaal bij Miltonia en is er variatie in de CO<sub>2</sub> behoefte over de dag?

In het onderstaande worden puntsgewijze antwoorden gegeven op de gestelde vragen:

1. Voor Miltonia is de toename in VPD<sub>blad</sub> de directe oorzaak van de sluiting van de huidmondjes. Als VPD<sub>blad</sub> constant wordt gehouden zijn de huidmondjes bij hoge RV constant open en bij lage RV gesloten. Door een verhoogde instraling kunnen de planten in een negatieve spiraal terecht komen: Toename instraling → Tblad omhoog → VPD<sub>blad</sub> omhoog → GS omlaag → Tblad verder omhoog → ...
2. Rond de 100 μmol/m<sup>2</sup>/s bereiken de huidmondjes al maximale opening als de VPD<sub>blad</sub> laag genoeg is. Een hoger lichtniveau geeft ook een verhoging in gewastemperatuur en zo een grotere VPD<sub>blad</sub> wat weer negatief kan werken voor de Gs.
3. De grenswaarden voor lichtintensiteit liggen rond 200 μmol/m<sup>2</sup>/s, maar het rendement hangt af van de Gs (en dus VPD<sub>blad</sub>) en het CO<sub>2</sub> niveau in de kas. Bij schermen moeten pieken boven 200 μmol/m<sup>2</sup>/s zoveel mogelijk vermeden worden om de negatieve spiraal te vermijden.
4. De huidmondjes openen zich bij een VPD<sub>blad</sub> lager dan 1.0 kPa, maximale waarden worden bereikt bij 0.5 kPa. Echter bij een te hoge gewastemperatuur is een VPD<sub>blad</sub> lager dan 1.0 kPa eenvoudigweg niet te realiseren. Bovenstaande geldt voor alle getoetste rassen.
5. Belichting heeft vooral zin in de ochtend omdat temperatuur en VPD<sub>blad</sub> dan meer in de hand te houden zijn en hierdoor de huidmondjes open zijn. Het is aan te raden alleen te belichten in de middag als die dag de VPD<sub>blad</sub> lager dan 0.7 is gebleven en de huidmondjes waarschijnlijk open staan. Als de huidmondjes dicht zijn heeft belichting weinig nut en kan zelfs extra lichtstress opleveren.
6. Meer CO<sub>2</sub> is bijna altijd beter, het rendement hangt af van stand van de huidmondjes en het

lichtniveau. Een hoger CO<sub>2</sub> niveau kan deels een lagere Gs compenseren. Als PAR hoog is dan moet CO<sub>2</sub> in de kas minimaal 500 ppm zijn om schade aan het fotosynthesesysteem te voorkomen.

Voor deze 6 punten waren rasverschillen beperkt. Gemiddeld genomen was het ras Isle Red het meest gevoelig.

Teeltoptimalisatie door het toelaten van meer licht is alleen mogelijk als er samenhang is tussen alle klimaatfactoren. Dus het verhogen van het lichtniveau kan niet zonder verhoging van CO<sub>2</sub> en vocht. De bewaking van grenzen (plantvitaliteit en lichtstress) wordt wel veel belangrijker. Gedurende deze experimenten had de GrowWatch en vooral de Plantivity als monitor van de plant vitaliteit en lichtstress een duidelijke toegevoegde waarde.

De grenzen aan het systeem werden voor een belangrijk deel bepaald door de geleidbaarheid van de huidmondjes (zie ook Schapendonk en Pot, 2008). Ditmaal lijkt de huidmondjesanatomie (aantal en of poriegrootte) mede de beperkende factor te zijn. Als de plant in staat zou zijn meer te verdampen/koelen is de plant ook beter in staat de bladtemperatuur in de hand te houden wanneer de instraling toeneemt. Zo raakt de plant minder snel in de negatieve spiraal. Een middel om minder snel in de negatieve spiraal terecht te komen is het verhogen van het koelend vermogen ofwel transpiratiecapaciteit van de plant.



# Referenties

**Atwell BJ, Kriedemann PE, Turnbull CGN.** 1999. *Plants in action : adaptation in nature, performance in cultivation.* South Yarra: MacMillan Education Australia.

**Baker NR.** 2008. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *annual Review of Plant Biology* **59**, 89-113.

**Maxwell K, Johnson GN.** 2000. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal Of Experimental Botany* **51**, 659-668.

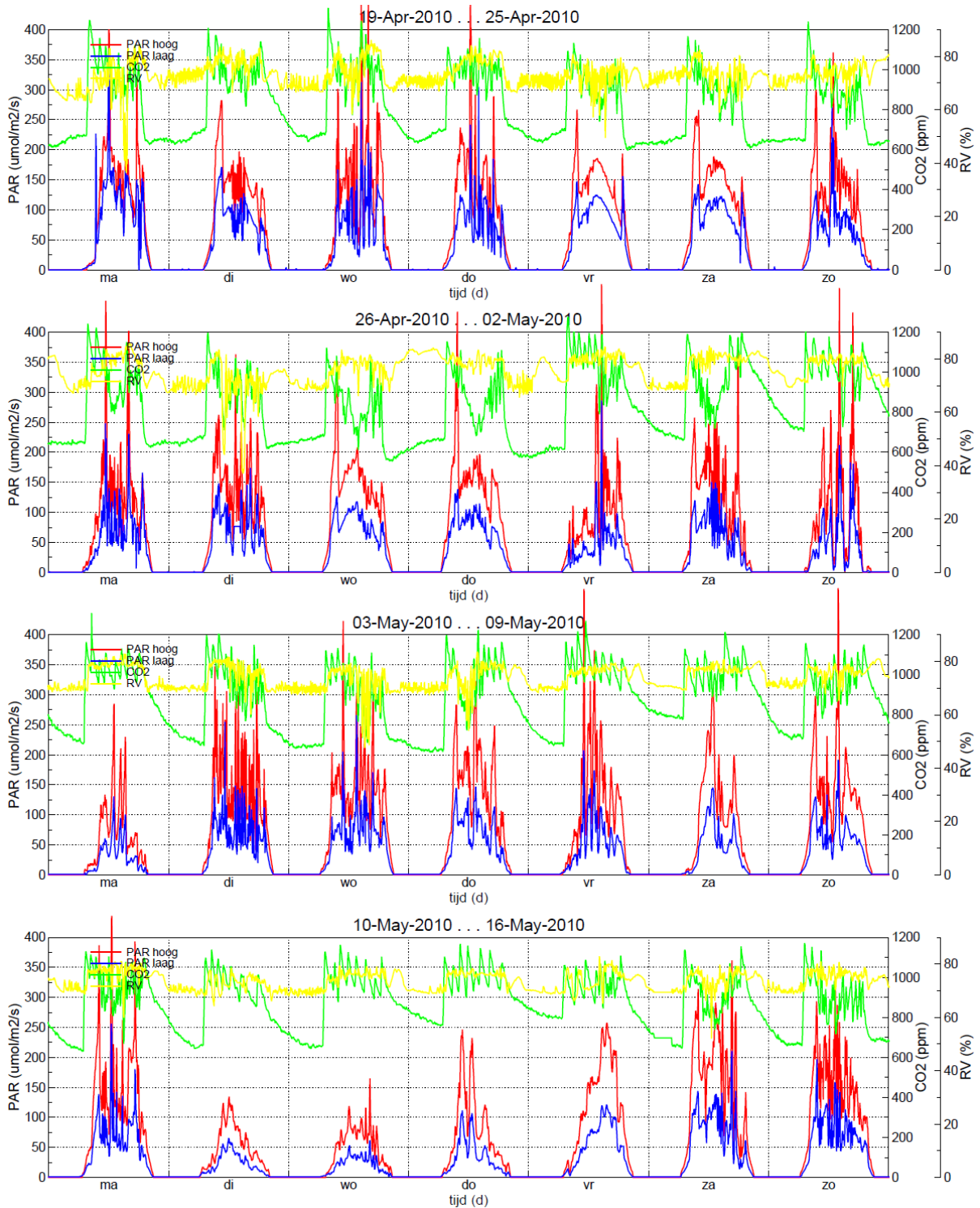
**Muraoka H, Tang YH, Terashima I, Koizumi H, Washitani I.** 2000. Contributions of diffusional limitation, photoinhibition and photorespiration to midday depression of photosynthesis in *Arisaema heterophyllum* in natural high light. *Plant Cell And Environment* **23**, 235-250.

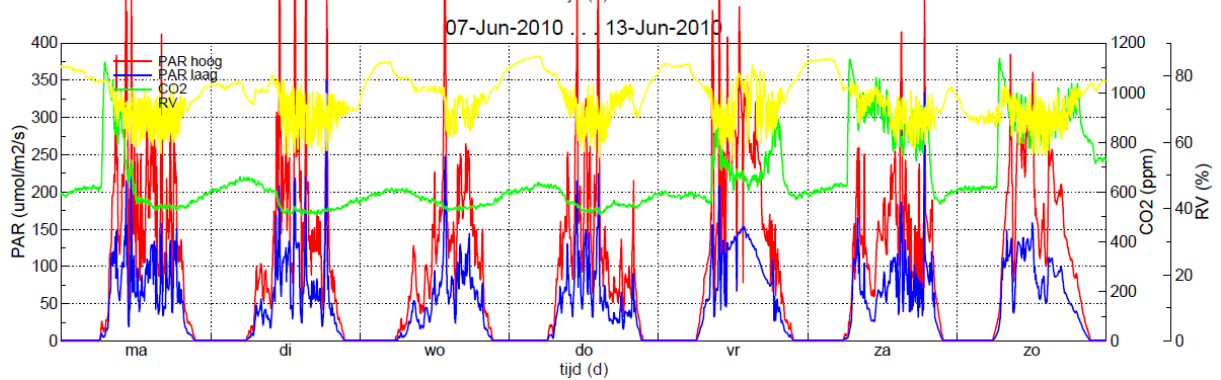
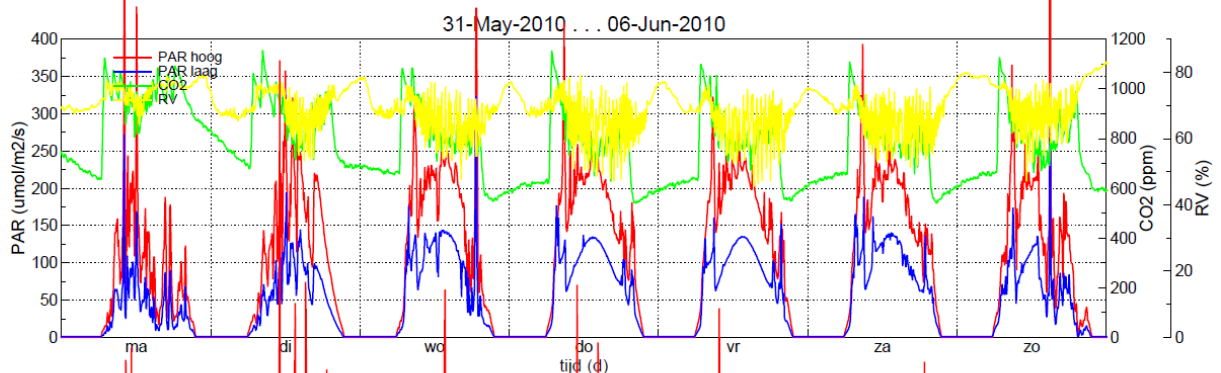
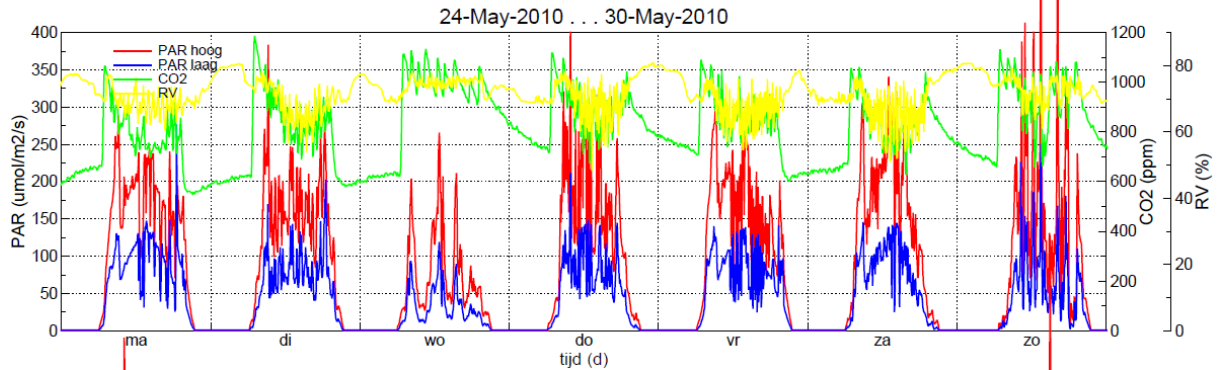
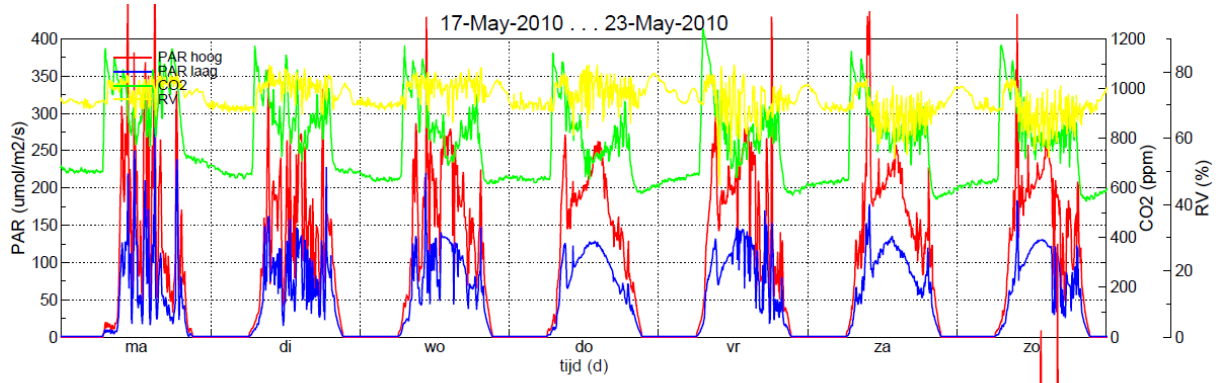
**Schapendonk AHCM, Pot CS.** 2008. Fotosynthese onderzoek *Miltonia* (deel 4). Plant Dynamics B.V., Wageningen. P19. *Vertrouwelijk*.

**Van Telgen HJ, Van Noort F, Schapendonk AHCM.** 2006. Optimalisatie lichtomstandigheden *Palmen*, onderzoek naar de hoeveelheid toelaatbaar licht in een palmenteelt. *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V. Glastuinbouw, Naaldwijk.* p31.

# Bijlagen

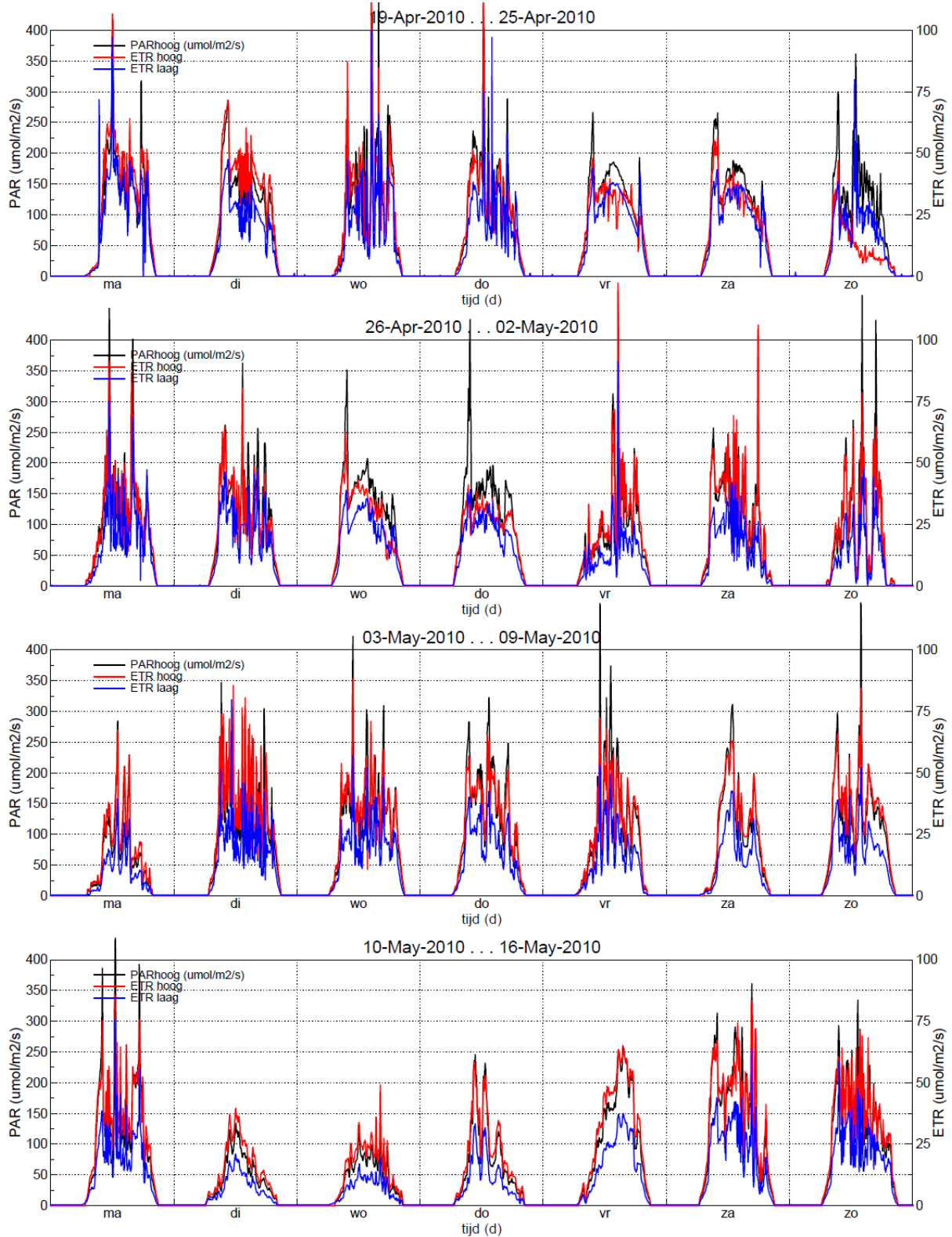
## Klimaat gedurende het kasexperiment

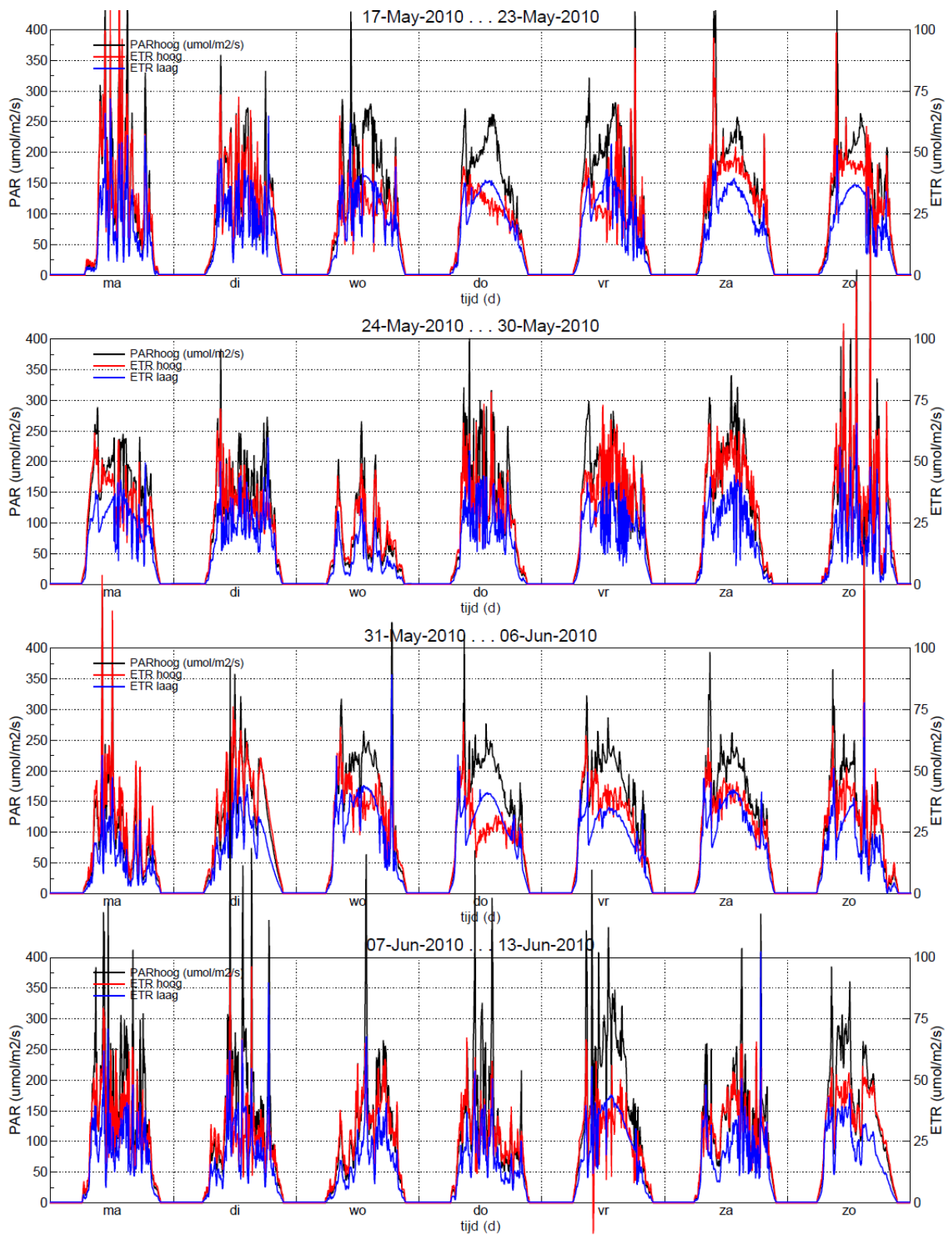




# Gemeten ETR

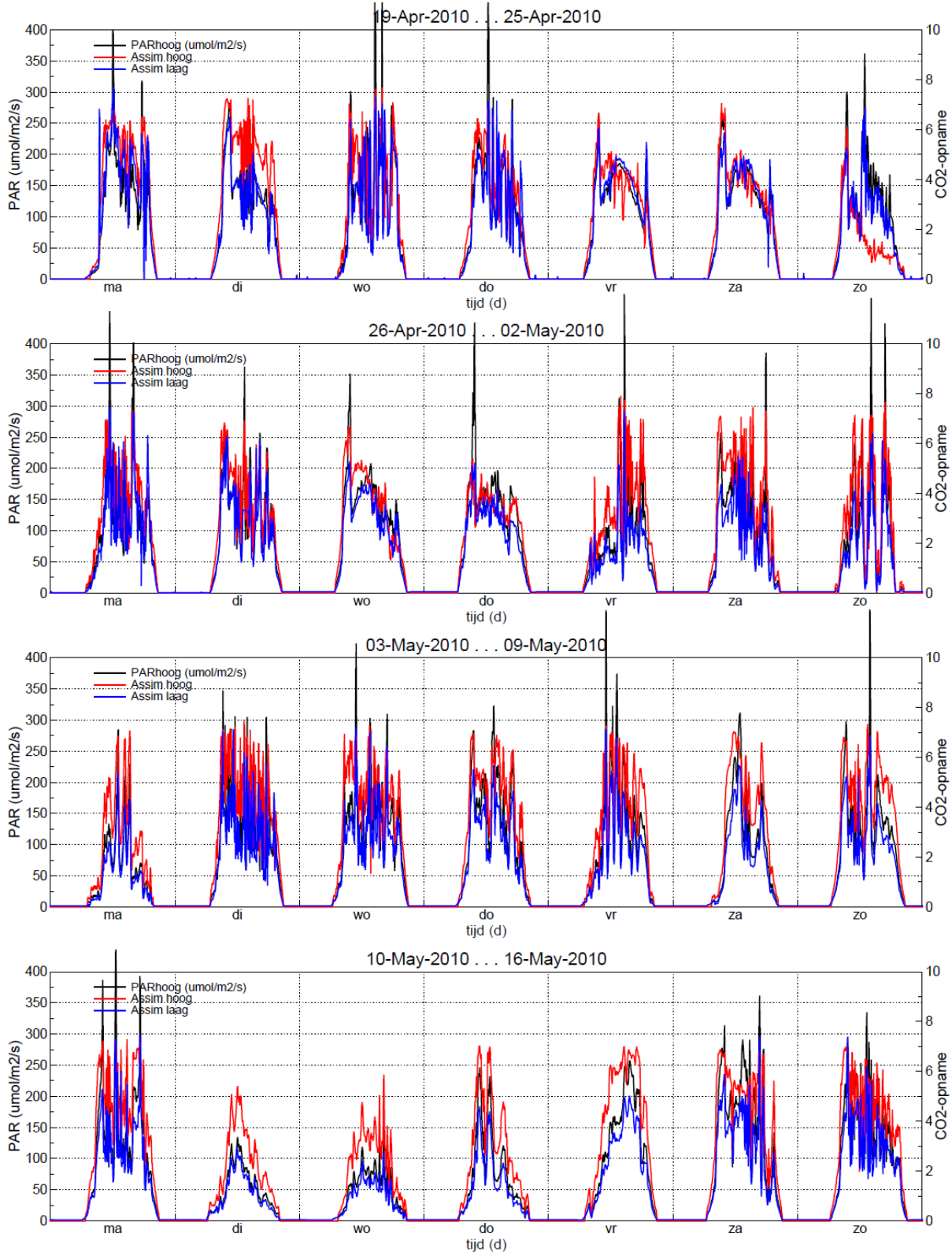
Drie maal per week werd een nieuwe plant onder de Plantivity neergezet. Van maandag- tot woensdagochtend werd Red Tide, van woensdag- tot vrijdagochtend werd Isle Red, en van vrijdag- tot maandagochtend werd Herralexandre gemeten.

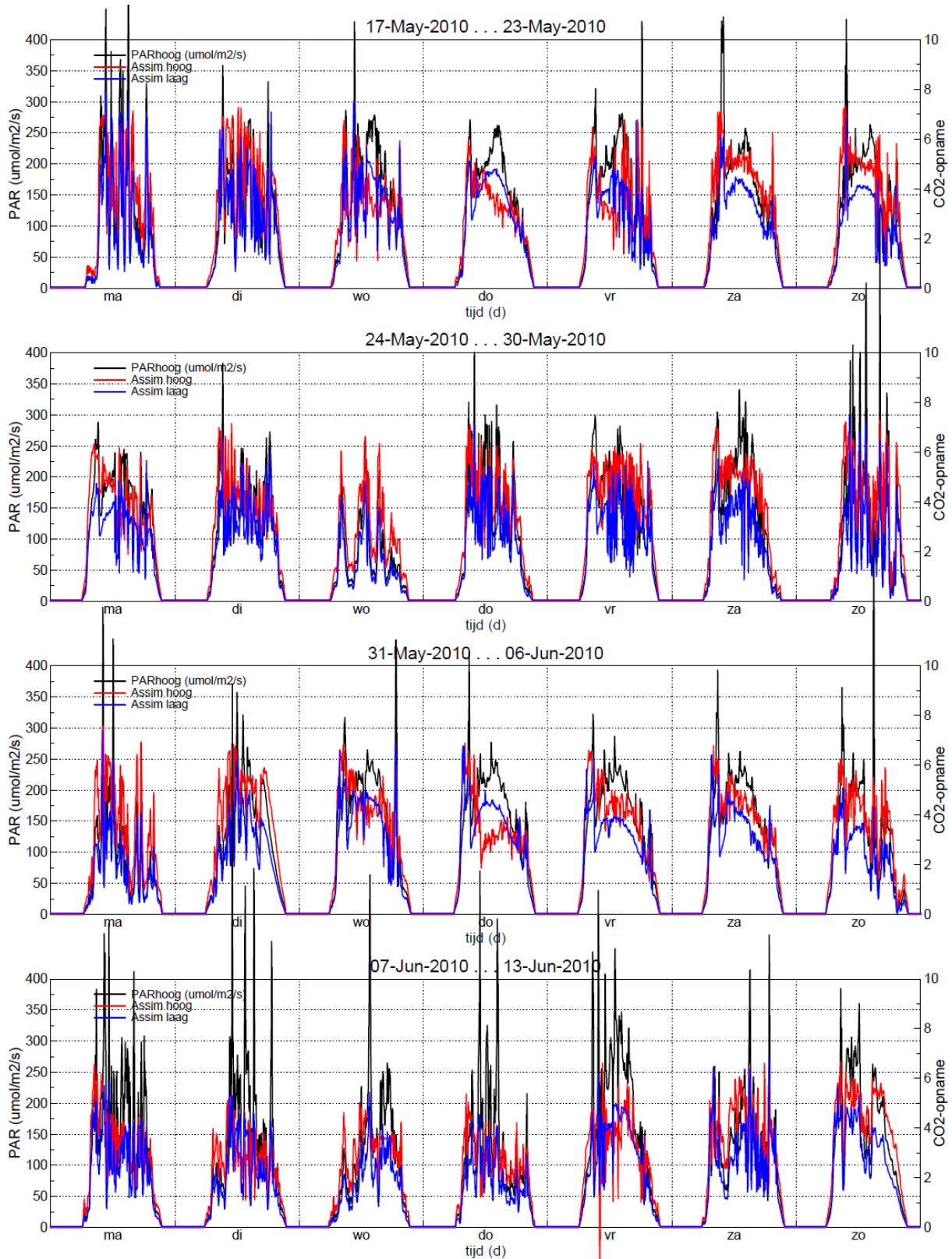




# Berekende assimilatie

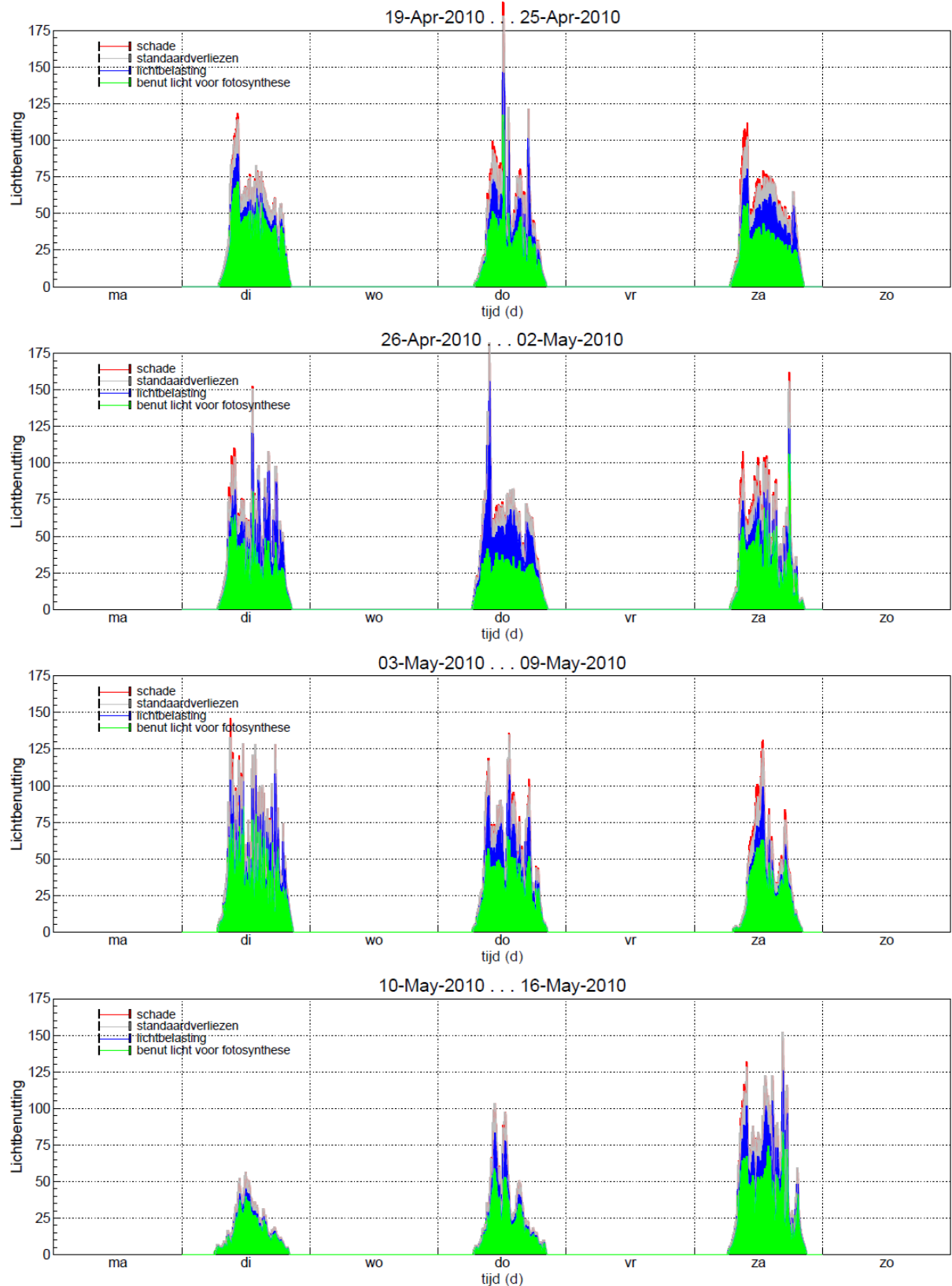
Drie maal per week werd een nieuwe plant onder de Plantivity neergezet. Van maandag- tot woensdagochtend werd Red Tide, van woensdag- tot vrijdagochtend werd Isle Red, en van vrijdag- tot maandagochtend werd Herralexandre gemeten.



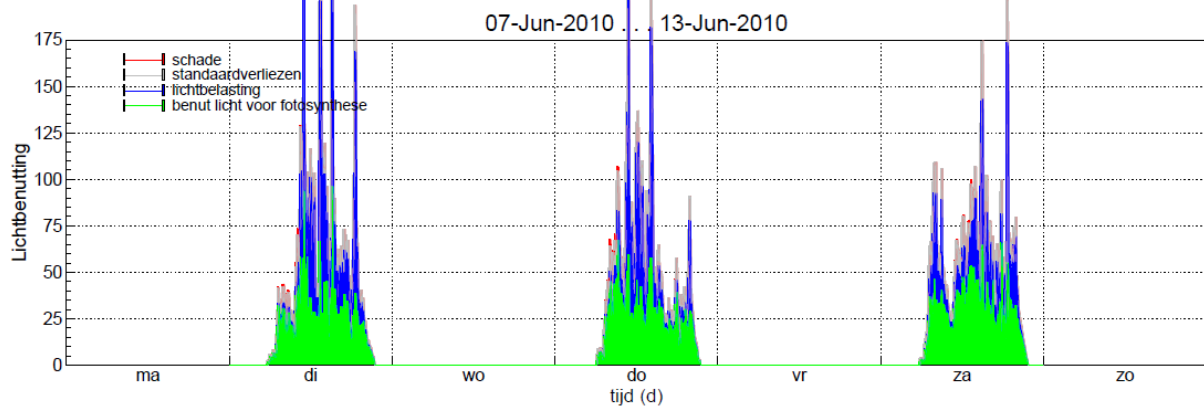
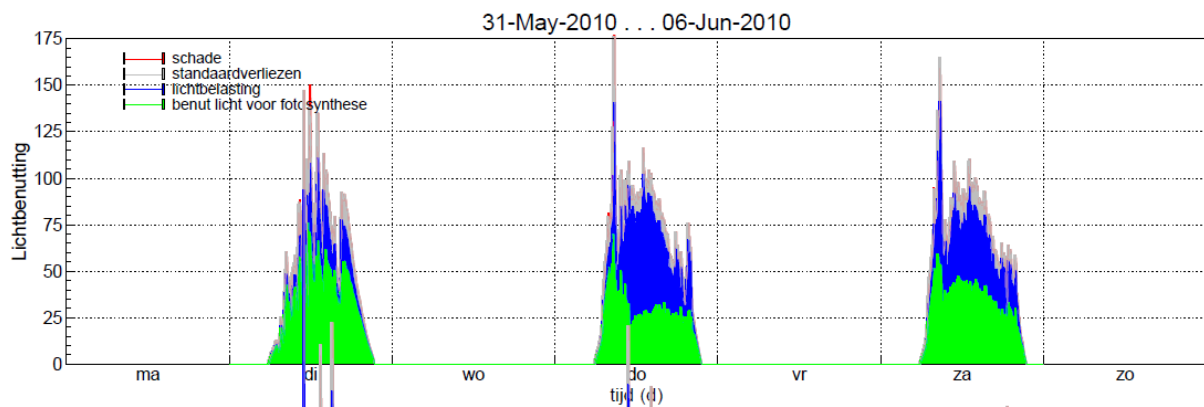
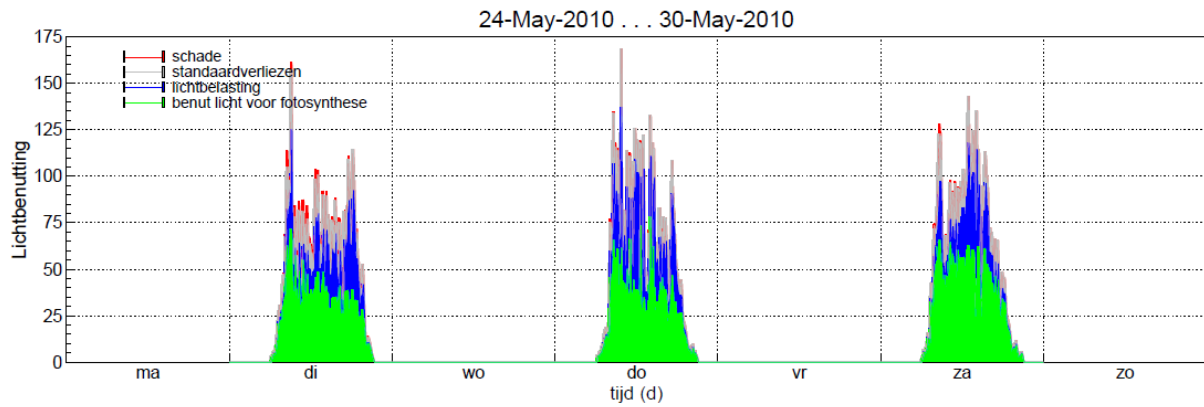
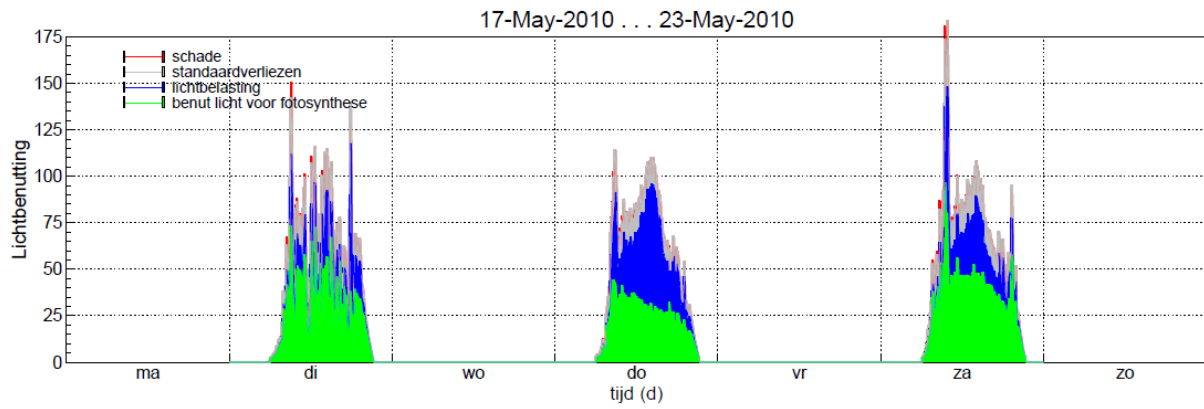


# Energiedistributie onder hoog licht

Drie maal per week werd een nieuwe plant onder de Plantivity neergezet. Van maandag- tot woensdagochtend werd Red Tide, van woensdag- tot vrijdagochtend werd Isle Red, en van vrijdag- tot maandagochtend werd Herralexandre gemeten. Doordat onderstaande metingen afhankelijk zijn van de meetwaarden in de nacht ervoor zijn de wisseldagen uit het overzicht verwijderd.







# Energiedistributie onder laag licht

Drie maal per week werd een nieuwe plant onder de Plantivity neergezet. Van maandag- tot woensdagochtend werd Red Tide, van woensdag- tot vrijdagochtend werd Isle Red, en van vrijdag- tot maandagochtend werd Herralexandre gemeten. Doordat onderstaande metingen afhankelijk zijn van de meetwaarden in de nacht ervoor zijn de wisseldagen uit het overzicht verwijderd.

