

Optimalisatie lichtomstandigheden Palmen

Onderzoek naar de hoeveelheid toelaatbaar licht in een palmenteelt

H.J. van Telgen (PPO), F. van Noort (PPO) A. Schapendonk (Plant Dynamics)

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Projectnummer: 32420041

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk

: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk

Tel. : 0174 - 636 700

Fax : 0174 - 636 835

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Doelstelling en afbakening	7
1.2 Theoretische achtergrond en plan van aanpak.....	7
2 MATERIAAL EN METHODEN	9
2.1 Plantmateriaal	9
2.2 Proefopzet en instellingen	9
2.2.1 Proefopzet	9
2.2.2 Scherminstellingen.....	9
2.2.3 Klimaatinstellingen	10
2.3 Waarnemingen.....	10
2.3.1 Fotosynthesemeting door Plant Dynamics.....	10
2.3.2 Continue meting met behulp van de Plantivitymeter	11
2.3.3 Momentane chlorofylfluorescentie metingen tijdens proef.....	11
2.3.4 Planttemperatuurmetingen.....	11
2.3.5 Eindmeting: vergelijng, vers en drooggewicht	12
3 RESULTATEN	13
3.1 Oriënterende metingen op een praktijkbedrijf	13
3.1.1 Relatie tot licht	13
3.1.2 Fotosynthese metingen in relatie tot CO ₂	15
3.1.3 Fotosynthese metingen in relatie temperatuur	15
3.1.4 Fotosynthese metingen en VPD.....	16
3.2 Gerealiseerd klimaat en lichtniveau in de proefkas bij PPO.....	17
3.3 Tussentijdse CF-metingen	20
3.4 Fotosynthesemetingen Areca in de proefkas van PPO.....	22
3.5 Fotosynthesemetingen Kentia in de proefkas van PPO	24
3.6 Plantivity metingen.....	27
3.7 Schadebeeld, vers- en drooggewicht bepalingen	28
4 CONCLUSIES	29
BIJLAGE 1	31

Samenvatting

In het hier gerapporteerde onderzoek is gezocht naar de grenswaarden van de hoeveelheid licht die toegelaten kan worden. Het onderzoek bij PPO is uitgevoerd met halfwasplanten van Areca en Kentia in twee afdelingen. De controle afdeling is 'zwaar' gekrijt en geschermd, hier wordt nog circa 6% van het buitenlicht toegelaten. In de onderzoekafdeling is tweewekelijks meer licht toegelaten tot een niveau van 12% - 18% - 24% van het buitenniveau PAR. Dit komt overeen met circa 160 - 240 - 320 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (omgerekend naar lux is dat ongeveer 4800 – 10.000 – 14400 – 19200 Lux).

De planten zijn in week 20 in de kas gezet en vanaf week 21 zijn de behandelingen ingesteld. Met behulp van uitwisselen van groepen planten tussen de twee kassen, is onderzocht in hoeverre de planten zich aan hogere en lagere lichtniveaus kunnen aanpassen. Gedurende 5 weken zijn deze wisselingen uitgevoerd, zodat uiteindelijk 20 verschillende groepen ontstonden die elk een andere lichtbehandeling hadden ondergaan. Tussentijds zijn een aantal chlorofylfluorescentie (CF) metingen uitgevoerd die een indruk geven van de momentane prestatie van de planten op het meetmoment. In week 26 zijn afsluitende fotosynthesemetingen uitgevoerd om te onderzoeken of tussen planten uit verschillende behandelingen verschillen waren ontstaan. Na week 26 zijn de planten tot en met week 30 verder geteeld, waarbij in de proefkas het niveau PAR is verhoogd tot 32%. In week 31 volgden de eindmetingen van vers en drooggewicht.

Tussen de kassen konden tijdens de behandelingen vrijwel dezelfde gemiddelde etmaaltemperatuur en RV worden gerealiseerd, zodat eventuele effecten vooral op de lichtverschillen kunnen worden teruggevoerd. De tussentijdse CF metingen lieten zien dat, zowel bij Areca als bij Kentia, hoe later op de dag, hoe verder de CF-yield was teruggelopen, zowel in de lichte als de controlekas. In de kas met een hoger lichtniveau werd altijd een lagere CF-yield bereikt dan in de controlekas op hetzelfde tijdstip, wat aangeeft dat de plant op dat moment meer moeite heeft al het aangeboden licht te gebruiken. Niettemin waren in week 26 nog steeds geen duidelijke schadebeelden zichtbaar die aan lichtovermaat kunnen worden toegeschreven, mogelijk ook doordat zich geen echt lange periode van helder weer had voorgedaan. Ook in de lichterijke weken na week 27 is echter geen schade opgetreden in het palmenonderzoek, ook niet nadat in week 28 de ingestelde RV verlaagd was naar 40%. Het effect van het toelaten van meer licht was vooral een toename in het percentage drooggewicht, vooral bij Areca, met 2-3%. Door de variatie in grootte tussen de halfwas planten en de korte duur van de proefperiode kon geen teeltversnelling worden waargenomen.

De fotosynthesemetingen geven een redelijk consistent beeld. Hoewel dit een korte proef betreft, kan toch geconcludeerd worden, dat op basis van de huidige metingen Areca 200-250 μmol PAR kan benutten en Kentia 150-200 μmol PAR. Uit de experimenten blijkt dat de lichtbenutting sterk negatief wordt beïnvloed door hoge bladtemperatuur en/of een lage RV. Op korte termijn (binnen een dag) lijkt Areca minder last te hebben van een lage RV of hoge bladtemperatuur dan Kentia.

Uit de Plantivity metingen was wel duidelijk dat een plotselinge overgang van een donkerbehandeling naar een lichte situatie negatieve effecten heeft op de assimilatie. Dit werd niet alleen veroorzaakt door een sluiting van de huidmondjes maar ook door een direct effect op de fotosynthese (fotoinhibitie). De belangrijkste oorzaak voor de relatief slechte lichtbenutting van (vooral Kentia) lijkt echter de sluiting van de huidmondjes bij een lage RV te zijn. Waar de grens ligt is moeilijk te zeggen, maar waarden beneden 70% hebben een dramatisch effect op de fotosynthese later op de dag.

Het onderzoek biedt perspectief op productieverhoging door meer licht in de kas toe te laten, maar het is **belangrijk om dit voorzichtig te toetsen**. Uit de proef en de metingen ontstaat de indruk dat vooral de RV (en het beheersen daarvan) een aanmerkelijke invloed kan hebben op de hogere lichtbenutting. Dit zal nader uitgezocht moeten worden.

1 Inleiding

Algemeen wordt er in de teelt van palmen gedurende een groot deel van het jaar geschermd. Wanneer de planten bij direct of teveel licht staan kan er beschadiging aan het gewas optreden in de vorm van bladvergeling. In de praktijk wordt daarom, voor de zekerheid, soms al vanaf februari geschermd en/of gekrijt. Wanneer er te vroeg, te veel of te vaak geschermd wordt, zal dit echter ten koste gaan van de groeisnelheid en het energieverbruik.

Een probleem bij de regeling van het kasklimaat van palmen is dat, in relatie tot (plant-)temperatuur, grenswaarden voor lichtniveaus CO_2 en RV onvoldoende bekend zijn. Niet duidelijk is waar het minimum, optimum en maximum voor deze groeifactoren gedurende kortere en langere tijd liggen. Om de gewasgroei en plantkwaliteit te optimaliseren en tegelijkertijd het energieverbruik in de hand te houden, zal de sturing van het klimaat verbeterd moeten worden en zal er meer kennis over toelaatbare lichtniveaus nodig zijn. Omdat deze toelaatbare lichtniveaus waarschijnlijk afhangen van andere factoren zoals CO_2 , temperatuur en gewastoestand (aanpassing aan omstandigheden), zijn grenswaarden beter te bepalen op basis van plantfysiologische metingen.

1.1 Doelstelling en afbakening

Doel van het experiment is om te onderzoeken of en wanneer bij een hogere lichttoelating schade gaat optreden. Deze hogere lichtniveaus worden bereikt door, ten opzichte van een referentiekas, minder te schermen. Door de schermbehandelingen te combineren met fysiologische metingen aan de planten (fotosynthesekarakteristieken, chlorofylfluorescentie en planttemperatuur), wordt geprobeerd grenswaarden voor lichtcondities te bepalen voor de teelt van palmen. Doel is verder de potentiële bruikbaarheid van de chlorofyl fluorescentiemeting (CF meting met behulp van een 'Plantivimeter') voor detectie van lichtovermaat aan te tonen.

Als hogere lichtniveaus dan nu gebruikelijk kunnen worden toegelaten, kan een hogere groeisnelheid mogelijk zijn. Ook zal het energieverbruik verminderd worden doordat meer gebruik gemaakt wordt van natuurlijke opwarming van de kas. Beide factoren kunnen bijdragen aan een hoger rendement van de teelt. Aangezien alleen Areca en Kentia in het onderzoek meegenomen worden, bestaat het risico dat de gevonden resultaten niet 100% vertaalbaar zijn naar andere palmsoorten. Door echter gebruik te maken van een gevoelige soort voor vergeling (Areca) wordt dit risico verkleind, waardoor grenswaarden uit dit onderzoek bij meer lichttolerante soorten overdraagbaar zijn zonder noemenswaardige teeltrisico's.

1.2 Theoretische achtergrond en plan van aanpak

Het optreden van vergeling van het blad hangt waarschijnlijk samen met het optreden van **foto-inhibitie**, mogelijk in combinatie met te hoge bladtemperaturen. Foto-inhibitie is het proces waarbij het chlorofyl in het blad onvoldoende capaciteit heeft om de hoeveelheid licht om te zetten in fotosynthese, warmte en fluorescentie. Hierdoor worden reactieve zuurstofmoleculen (ROS) gevormd die – indien de plant hiervoor ontoereikende reparatiemechanismen bezit - uiteindelijk het **fotosynthesysteem** schaden. De mate waarin deze schade optreedt, is afhankelijk van gewassoort, duur en intensiteit van het licht waar de planten aan blootgesteld worden, en omgevingsfactoren zoals CO_2 en temperatuur. Met behulp van CF-metingen kan hier meer inzicht in verkregen worden.

Areca en Kentia zijn semi-schaduwplanten maar het is onduidelijk bij welke lichtintensiteit de plant optimaal functioneert en bij welke lichtintensiteit schade gaat optreden. Door middel van fotosynthesemetingen en

CF-metingen in week 19 of 20 bij kwekerij Aardam in Aarlanderveen met een Areca-teelt, werd een indicatie van optimale lichtomstandigheden verkregen bij onder meer variërend licht, CO₂ en RV niveaus door middel van fotosynthese- en CF-metingen. Het verloop van de fotosynthese en openingstoestand van de huidmondjes gedurende de dag is bepaald door Plant Dynamics. Deze metingen – en de gemeten lichttransmissies en scherminstellingen op het praktijkbedrijf - zijn gebruikt om scherminstellingen in de experimentele PPO-afdelingen te kiezen. De metingen zijn uitgevoerd bij Areca in verband met de verwachte grotere gevoeligheid van Areca voor foto-inhibitie.

In twee experimentele afdelingen van 300 m² zijn, uitgaande van bijna afgeteelde Areca en Kentia planten afkomstig van praktijkbedrijven, vanaf week 21 partijen blootgesteld aan oplopende lichtniveaus door middel van scherminstellingen met een LS10 en LS16 scherm onder een krijtdek. Gedurende één schermniveau periode (zie paragraaf 2.2 voor gehanteerde niveaus) werden op verschillende dagen een deelpartij uitgewisseld met planten in de controleafdeling waar een constante scherminstelling werd gehandhaafd ('praktijksituatie'). Op deze manier werden uiteindelijk 24 partijen per gewas gerealiseerd, die verschillende lichtbehandelingen ondergingen. Op deze manier werden de mogelijkheden van planten getoetst om zich aan hogere lichtomstandigheden aan te passen.

In beide afdelingen werden ook controlepartijen aangehouden die niet gewisseld worden. Gedurende de proefperiode (week 19-30) werden PAR, temperatuur, CO₂, RV en pottemperatuur continu gemeten in beide afdelingen. Het vochtgehalte in de potten werd wekelijks geregistreerd. Tussentijds zijn een aantal keren handmatig de chlorofylfluorescentie gemeten om tijdens de behandelperiode een beeld te krijgen van het verschil tussen de beide kassen.

Bij Areca werd bovendien onderzocht of met behulp van een continue Plantivity meting, in combinatie met een planttemperatuurmeting, schadelijke effecten van licht in een vroeg stadium gedetecteerd konden worden (dus vóór het daadwerkelijke optreden van vergeling). In week 26 werden door Plant Dynamics de fotosynthesekarakteristieken van twee extreme partijen en een middenpartij gemeten. Doel hiervan was te onderzoeken of planten die continu onder hoog licht hadden gestaan of relatief kort daarvoor gewisseld waren van laag naar hoog licht en omgekeerd, verschillen in fotosynthesegedrag vertonen. Hiermee kan een indruk gekregen worden van eventuele schade of adaptatie van het fotosynthesesysteem aan sterk veranderde lichtomstandigheden.

Na afloop van de proefperiode werden de partijen tot week 30 doorgeteeld onder de laatst gehanteerde instellingen, waarna de mate van vergeling, vers- en drooggewicht bepaald werd.

2 Materiaal en methoden

2.1 Plantmateriaal

Bijna volgroeide planten van Areca (potmaat 13/14) en Kentia (potmaat 19) werden betrokken van lokale kwekers. Direct na aankomst bij PPO in week 20 werd elke partij werd in twee gelijke delen verdeeld over twee kasafdelingen van 300 m². Per afdeling werd 1 tafel (12 m²) met proefplanten per soort gebruikt. De uiteindelijke plantdichtheid was 39 pl/m² en 14 pl/m² voor respectievelijk Areca en Kentia. Gedurende week 20 waren in beide kassen de instellingen qua klimaat en scherming gelijk om de planten te laten acclimatiseren. De overige tafels in de kas werden gevuld met potanthurium en *Spathiphyllum* om klimaat te creëren.

2.2 Proefopzet en instellingen

Voorafgaand aan de proef is met de commissie en de BCO overlegd hoeveel licht weg geschermd diende te worden in zowel de controle- als de behandelingsafdeling. De hoeveelheid toelaatbaar licht in de controle afdeling werd afgestemd op de Kentia, aangezien deze lichtgevoeliger is dan de Areca.

Besloten werd dat de controle afdeling op 6% licht t.o.v. buiten wordt gehouden en de behandelingsafdeling hier de eerste week ook mee start. In de behandelingsafdelingen zal vervolgens, door met de aanwezige schermen (energiescherm en LS16) te manipuleren, tweewekelijks het (binnen)licht verhoogd worden tot circa 12, 18 en 24% van het buitenlichtniveau.

Tijdens de duur van de proef werd op de tafel met Areca met een PAR-sensor elke minuut de PAR-straling op plantniveau gemeten en per 10 minuten gemiddeld en opgeslagen.

2.2.1 Proefopzet

Na een week acclimatisering zijn de behandelingen gestart. Die bestonden uit een tweewekelijkse verhoging van het lichtniveau in de proefkas door aanpassingen in de schermingsstrategie, terwijl in de referentiekas een vast schema werd aangehouden. Terwijl in de controlekas het lichtniveau ongeveer 7.5% van het buitenlichtniveau bedroeg, werd het niveau in de behandelingskas trapsgewijs verhoogd tot circa 12.5%, circa 18% en circa 25% van het buitenlichtniveau.

Vanaf week 21 zijn elke dinsdag en vrijdag groepen planten uit de twee kassen gewisseld zodat in totaal 20 partijen zijn ontstaan die verschillende hoeveelheden licht hebben ontvangen (voor een overzicht van het wisselschema zie BIJLAGE 1).

Gedurende de behandelingsperiode zijn licht, klimaat en bladtemperatuur continu geregistreerd, is regelmatig de EC, vocht en bodemtemperatuur gemeten met een FD-sensor en in de behandelingskas met een Plantivity-meter voortdurend de chlorofylfluorescentie van een Areca-plant gemeten.

2.2.2 Scherminstellingen

Bij het begin van de proef waren de beide kassen op dezelfde manier gekrijt met Redusol. Na 1:3 krijt was nogmaals met 1:6 gekrijt om voldoende reductie van de instraling te verwezenlijken tot ongeveer 7% van het niveau van de buitenstraling (PAR). In de acclimatisering week (week 20) liep het energiescherm voor 90% dicht bij een buitenstralingsniveau van 100 W/m²; het LS-16-scherm volgde bij 300 W/m².

Vanaf week 21 begonnen de behandelingen. Door het energiescherm niet meer dicht te laten lopen en alleen vanaf 300 W/m² het LS-16 scherm te gebruiken, werd een lichtniveau van 12.5% gerealiseerd (Tabel 2.1). In deze tabel zijn ook de overige behandelingen per twee weken aangegeven.

Tabel 2.1: PAR-straling op plantniveau, gemeten bij verschillende combinaties van krijt en scherm (uitgedrukt als procent t.o.v. PAR-buitenniveau).

Behandeling	Week	Gewinst	Gerealiseerd	Combinatie
Controle	20 - 26	6%	7.2%	Krijt + 90% E-schermb (100 W/m ²) + LS16 (300 W/m ²)
1	21 - 22	12%	12.5%	Krijt + LS 16 (300 W/m ²)
2	23 - 24	18%	Hogere PAR som	Krijt + LS 16 (600 W/m ²)
3	25 - 26	24%	25.1%	Krijt + 94% E-schermb (100 W/m ²)
4	26 - 30		32.0%	Krijt

Aangezien het niveau van 18% niet met een combinatie van de aanwezige schermen was te verwezenlijken, is met de BCO overlegd of het zinvol zou zijn om gedurende week 23-24 het LS16 scherm te vervangen door een handmatig te bedienen of statisch LS10 scherm. Dit zou echter te onnauwkeurig zijn en als statische toepassing op donkere dagen te veel licht wegnemen. In overleg met de IB-cie is daarom besloten om het LS16-schermb later te laten dichtlopen (bij 600 W/m²), zodat de planten als geheel een hogere lichtsom ontvangen. Door de continue meting met de PAR-sensor in het gewas, kan dan de totaal ontvangen lichtsom achteraf relatief eenvoudig berekend worden. Vanaf week 25 zijn de instellingen van behandeling 3 toegepast, na week 26 die van behandeling 4.

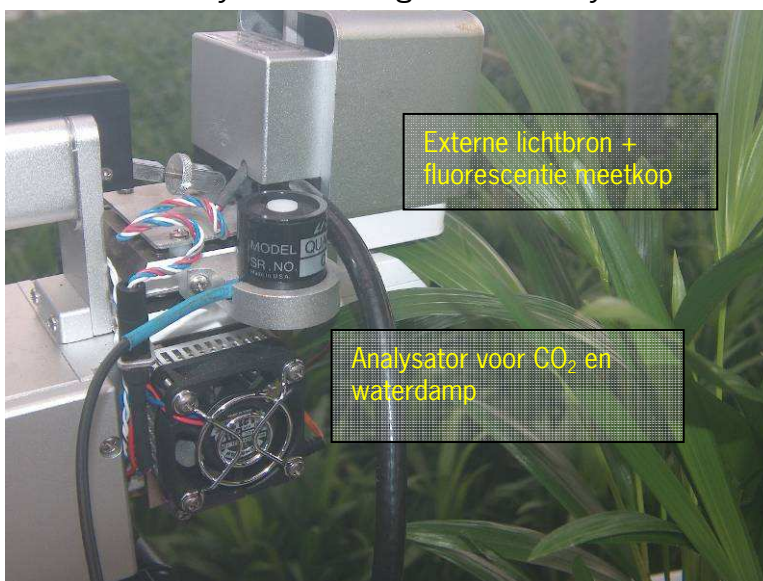
2.2.3 Klimaatinstellingen

De ingestelde stooklijn was minimaal 19 graden overdag en 20 graden 's nachts; geventileerd werd vanaf 3° boven de stooktemperatuur. Om stressmomenten af te vlakken, is in beide afdelingen verneveling toegepast om het vochniveau niet beneden 60% RV te laten zakken. Tot 25% luchting is zuivere CO₂ gedoseerd tot een niveau van 900-1000 ppm.

Water werd bovendoor gegeven met een voedingsoplossing (EC 1.7, pH 5.2) en frequentie die afhankelijk was van het weer.

2.3 Waarnemingen

2.3.1 Fotosynthesemeting door Plant Dynamics



Figuur 2.1: LiCor-6400 meetapparatuur.

Fotosynthese parameters zijn gemeten met de LiCor 6400. In de meetcuvet van deze apparatuur kunnen de lichtintensiteit, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden.

Hierdoor kan de reactie van de fotosynthese op deze veranderingen bepaald worden. In dit experiment ligt het accent op licht. De standaard meetcondities voor het blad, tijdens de metingen, waren zoveel mogelijk gelijk aan de

heersende kascondities tenzij anders vermeld.

Tijdens de metingen met de LiCor-6400 bij verschillende lichtintensiteiten, werd de CO₂ concentratie op 1000 ppm gehandhaafd. De effecten van bladtemperatuur op de fotosynthese werden bestudeerd door de

lucht in de cuvet te koelen of te verwarmen.

Als maat voor de fotosynthese wordt gerekend met $\mu\text{mol CO}_2$ opname. Deze eenheid kan als een grove vuistregel worden omgerekend naar de hoeveelheid drogestof door het getal voor de fotosynthesewaarde door 10 te delen. Een fotosynthese snelheid van $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotosynthese levert dus in een uur een totale groei in drogestof van 1 gram. Dit getal mag met een factor 1,5 - 2 vermenigvuldigd worden bij volledige lichtonderschepping ($\text{LAI} > 2,5$). Indien de bladdikte in gram drogestof/ m^2 blad bekend is, kan op eenvoudige wijze worden uitgerekend wat de groei van de planten op elk moment van de dag is.

2.3.2 Continue meting met behulp van de Plantivitymeter

Gedurende de 6 weken van de proef is met behulp van de Plantivity meter de fotosynthesecapaciteit van een aantal proefplanten in de "lichte" kas continu gemeten. Tweemaal per week werd deze plant 'ververst' en de fotosynthese efficiëntie en bladtemperatuur gemeten (zie afbeelding).



De Plantivity meter meet het elektronentransport (ETR) in de bladgroenkorrels. Op basis van het elektronentransport kan de fotosynthesecapaciteit W_j berekend worden. W_j is de assimilatiesnelheid als er geen beperking is van CO_2 binding, bijvoorbeeld door sluiting van de huidmondjes.

2.3.3 Momentane chlorofylfluorescentie metingen tijdens proef

Tijdens de behandelingen werd op verschillende dagen handmatig het fotosyntheserendement Φ_p van dat moment bepaald met behulp van een EARS MLHD handfotosynthesemeter. Bij elke meting werden per kas en per soort van 10 willekeurige planten steeds het bovenste, onbeschaduwde blad gemeten. De verschillen tussen de planten bleken gering en de meetwaarden zijn vervolgens gemiddeld.

Met deze meter wordt de bladgroenfluorescentie onder omgevingslicht (F) en vervolgens de maximale fluorescentie (F_M) gemeten, waarna de meter het fotosyntheserendement berekent uit de formule $\Phi_p = 1 - F/F_M$. In het donker is Φ_p voor alle planten in goede conditie ongeveer gelijk, namelijk 0.8 (= 80%). Bij laag licht of als het fotosyntheseapparaat van de plant geremd is, wordt dit getal lager. Als vuistregel geldt hoe meer remming, hoe lager het fotosyntheserendement.

2.3.4 Planttemperatuurmetingen

In beide kassen werd continu de planttemperatuur van de Areca's geregistreerd met een Heiman infrarood camera. Deze was opgehangen boven de tafel; elke minuut werd de planttemperatuur gemeten, per 10 minuten werden deze waarden gemiddeld en als 10-minuten gemiddelde opgeslagen.

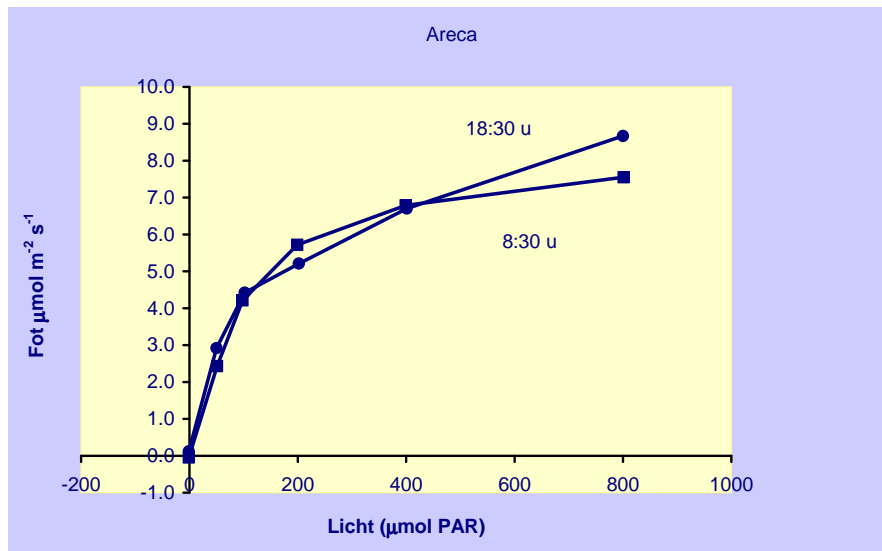
2.3.5 Eindmeting: vergelijking, vers en drooggewicht

In week 30 werden de eindmetingen uitgevoerd. Visueel werden de planten beoordeeld op vergelijking. Voor vers- en drooggewicht bepalingen van het bovengronds gewas, werden uit de groepen van eerste wisseldag (week 21-1), de middelste wisseldag (week 23-1) en de laatste wisseldag (week 25-2), willekeurig planten genomen (15x Areca, 5x Kentia). Direct boven het substraat werden de planten afgeknipt en het bladmateriaal werd onmiddellijk gewogen. De vers- en drooggewichten van de Kentia's werden individueel gemeten, die van de Areca's per 5 planten. Uit het vers- en drooggewicht is vervolgens het drooggewicht berekend.

3 Resultaten

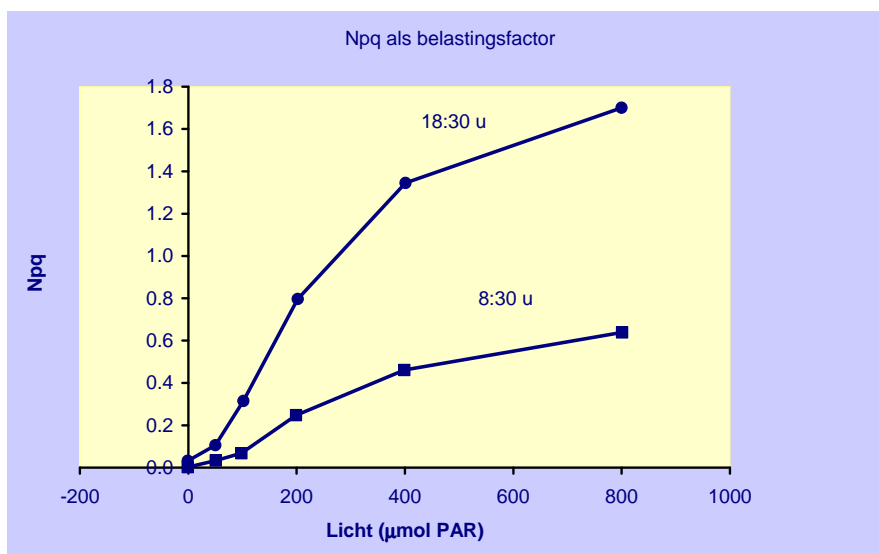
3.1 Oriënterende metingen op een praktijkbedrijf

3.1.1 Relatie tot licht



Figuur 3.1: Fotosynthese gemeten aan een jong volgroeid blad van Areca in de ochtend en 's avonds. $\text{CO}_2 = 996 \text{ ppm}$, $T_{\text{blad}} = 25.7 \text{ }^\circ\text{C}$, $G_s = 37 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, $\text{VPDL} = 1.01 \text{ kPa}$.

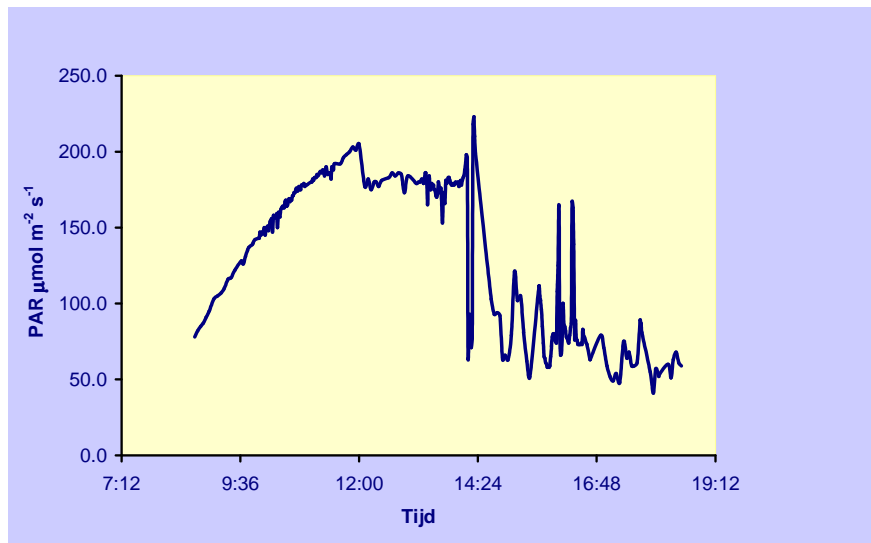
De fotosynthese van Areca is hoger dan verwacht mag worden op basis van het dunne blad. Er is nauwelijks verloop over de dag. De dip in activiteit die vaak bij potplanten in de middag te zien is, trad bij Areca onder de heersende condities niet op. Er werd geen middagdepressie in de fotosynthese waargenomen.



Figuur 3.2: Stressindicator gemeten aan dezelfde bladeren als hierboven.

De Npq is een maat voor de belasting die een blad ondervindt, een soort stress factor. Ondanks het feit dat er weinig verschil is in de fotosynthese (zie figuur hierboven), lijkt het erop dat de stress in de loop van de

dag is toegenomen, waardoor de Npq in de avond tot een hogere waarde stijgt dan in de ochtend bij toenemend licht.



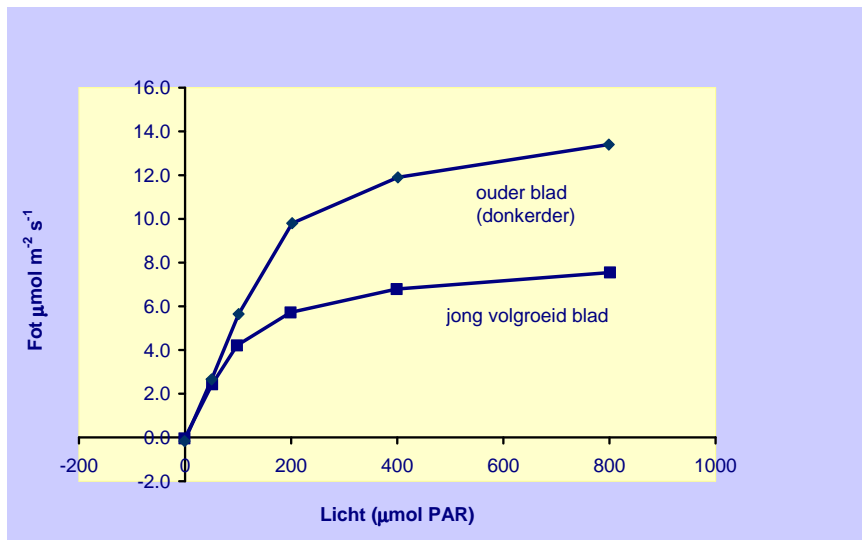
Figuur 3.3: Gemiddelde PAR, gemeten in de kas tijdens de metingen.

Het lijkt erop dat het lichtprofiel over de dag ongeveer de ideale dosering heeft opgeleverd. Uit de metingen van de fotosynthese lijkt 200 $\mu\text{mol PAR}$ optimaal voor de ochtend. Boven 200 $\mu\text{mol PAR}$ neemt de fotosynthese niet veel meer toe maar de stressfactor wel. Op basis van de fotosynthesemetingen lijkt de straling in de kas 's middags te laag maar omdat er dan meer stress bij de plant optreedt, is het misschien toch beter de instraling te temperen tot 150 μmol of misschien nog iets minder.



Figuur 3.4: Bladeren waaraan de metingen zijn verricht.

Het donker gekleurde blad is wat ouder en heeft een duidelijk hogere fotosynthese (zie volgende figuur). De fotosynthese van Areca is in het algemeen 50% hoger dan bijvoorbeeld Anthurium en 80% hoger dan Spathiphyllum. De vorm van de curve is niet verschillend voor jonge en oude bladeren en de optimum lichtintensiteit is ongeveer 200 $\mu\text{mol PAR}$.

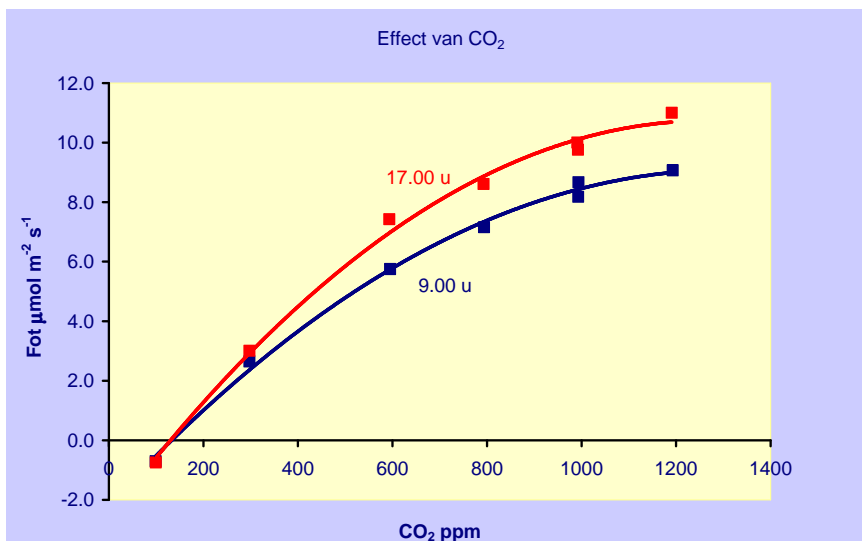


Figuur 3.5: De fotosynthese van de donkere oudere bladeren is hoger dan van de jonge lichtere bladeren.

3.1.2 Fotosynthese metingen in relatie tot CO₂

Het effect van de CO₂ concentratie werd onderzocht bij lichtverzadiging (800 μmol PAR)

De fotosynthese van Areca is gelimiteerd door de capaciteit waarmee CO₂ kan worden opgenomen. De beperking is de huidmondjes geleidbaarheid. CO₂ doseren heeft op korte termijn een zeer sterk positief effect. Het is echter bekend dat bij langdurige blootstelling aan hoge CO₂ concentraties "gewenning" optreedt, waardoor het effect wordt verminderd. Dit zou verder onderzocht moeten worden.



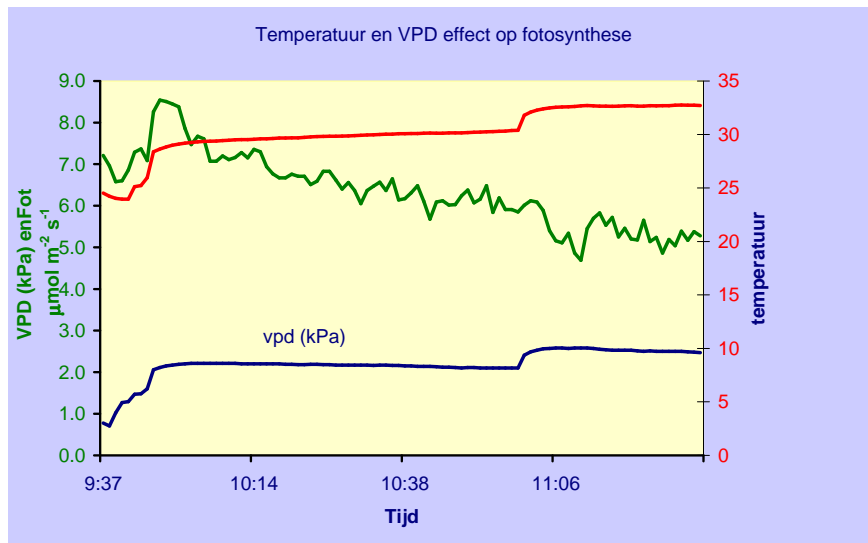
Figuur 3.6: Fotosynthese bij toenemende CO₂ concentraties. De lichtintensiteit tijdens de meting was 800 μmol PAR.

CO₂ heeft een zeer groot effect op de fotosynthese. Een verdubbeling van de concentratie geeft een verdubbeling van de productie. Er is nauwelijks een verschil tussen de response in de ochtend en aan het eind van de dag. Boven 1200 ppm is er geen effect meer te verwachten.

3.1.3 Fotosynthese metingen in relatie temperatuur

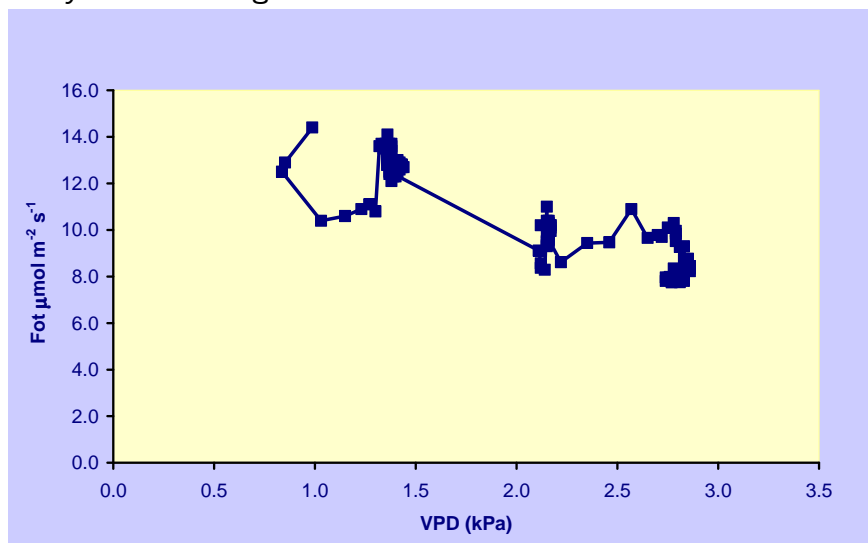
De temperatuur werd in 2 stappen verhoogd (Figuur 3.7, rode lijn). Het dampdrukdeficiet (VPD) nam daardoor ook toe (blauwe lijn). De effecten zijn op korte termijn dat wil zeggen binnen enkele uren, betrekkelijk gering. De fotosynthese (groene lijn) daalt met 30% als de bladtemperatuur toeneemt van 25

naar 33 °C. De afname in de fotosynthese is een gevolg van de sluiting van de huidmondjes. Dit effect van VPD en temperatuur is bij Areca dan echter minder dan bij Anthurium of Spathiphyllum.



Figuur 3.7: Fotosynthese in relatie tot temperatuur.

3.1.4 Fotosynthese metingen en VPD

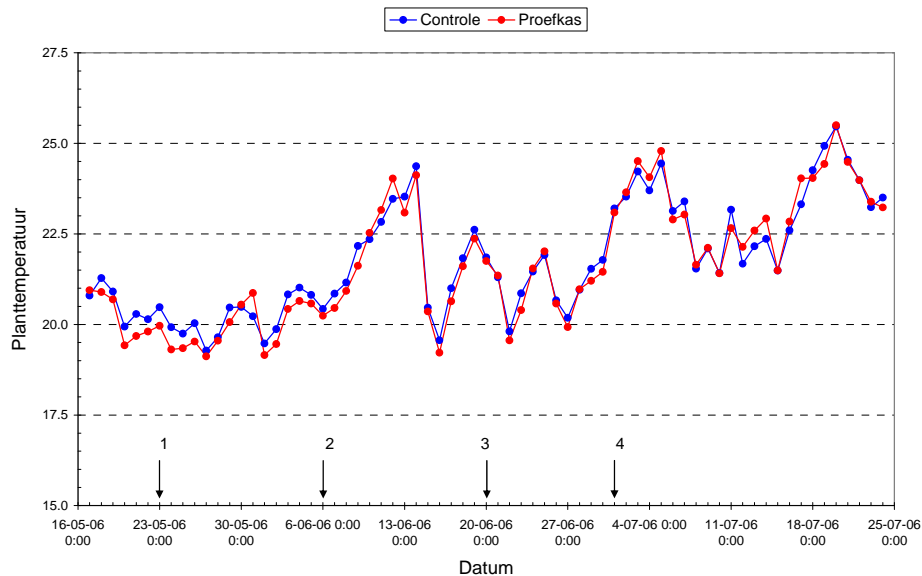


Figuur 3.8: Gecombineerde metingen van 13.00 u tot 16.30 u bij 400 μmol PAR en oplopende VPD.

Areca lijkt op korte termijn betrekkelijk ongevoelig voor droge lucht. De fotosynthese wordt ongeveer gehalveerd als de VPD verdrievoudigd. Mogelijk speelt hier mee dat alleen een deel van het blad de hoge VPD heeft ondergaan waardoor watertransport vanuit andere delen aanvullend op het tekort kan werken.

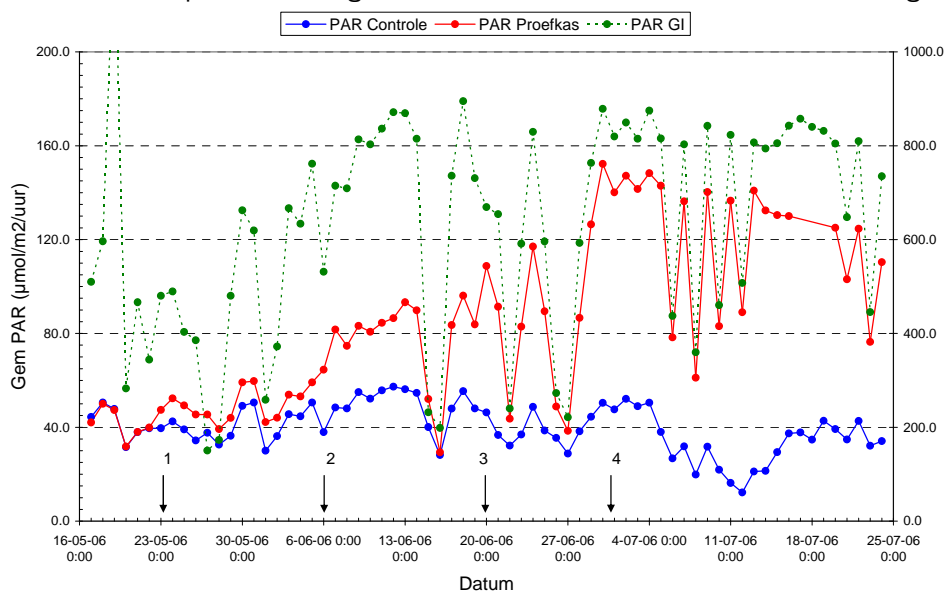
3.2 Gerealiseerd klimaat en lichtniveau in de proefkas bij PPO

In de periode van week 20-26 ontlieden de gerealiseerde planttemperaturen in de controle- en proefkas elkaar nauwelijks. Zowel in uurgemiddelde als etmaalgemiddelde (Figuur 3.9) waren de planttemperaturen vrijwel gelijk. Over de gehele proefperiode bedroeg de gemiddelde etmaaltemperatuur van de planten in de controlekas 21.8°C en die in de proefkas 21.7°C.



Figuur 3.9: Planttemperatuur van Areca (etmaalgemiddelde) in de periode van week 20 - 30. De pijlen met nummers geven de dagen aan waarop de scherminstellingen in de proefkas zijn aangepast. Voor een verklaring van de nummers: zie tabel 2.1.

Ondanks de verschillen in toegelaten licht, waren de etmaaltemperaturen gedurende de hele proefperiode vrijwel identiek. De door de planten ontvangen hoeveelheid PAR verschilde uiteraard sterk (Figuur 3.10).

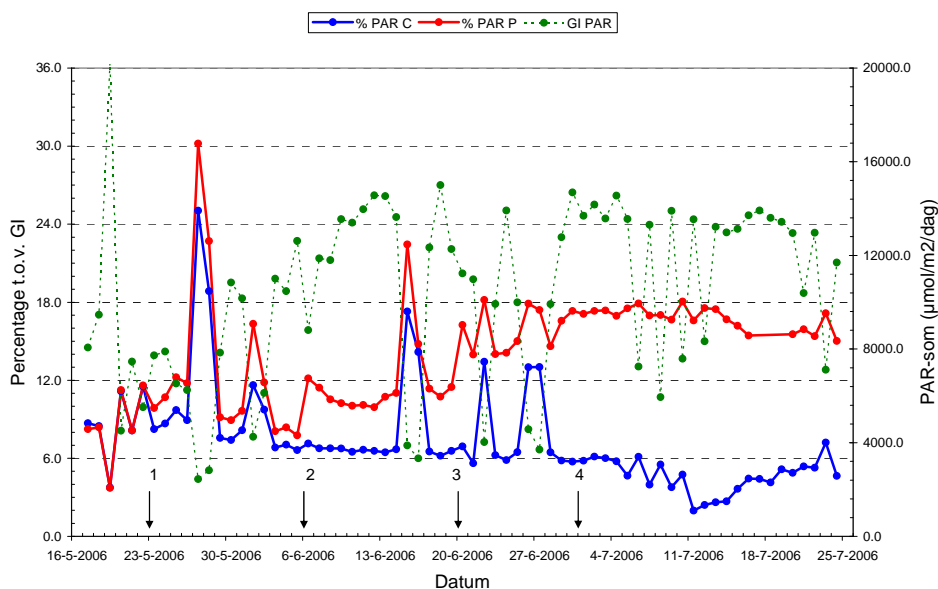


Figuur 3.10: Gemiddeld PAR-niveau bij Areca in de periode van week 20 - 30 (linker Y-as). Ter vergelijking is de gemiddelde PAR-straling buiten de kas ook aangegeven (groene lijn, rechter Y-as). De pijlen met nummers geven de dagen aan waarop de scherminstellingen in de proefkas zijn aangepast. Voor een verklaring van de nummers: zie tabel 2.1.

De PAR-straling werd net boven de plant gemeten. Het gemiddelde werd berekend door de dagelijkse PAR-som te delen door de bij de datum behorende daglengte (uren). De gemiddelde PAR ontvangen op plantniveau, was gedurende de acclimatiseringweek ongeveer gelijk (Figuur 3.10). Nadat op 23 mei de behandelingen gestart waren, begonnen er duidelijk verschillen in ontvangen PAR op te treden. Deze verschillen in PAR zijn het grootst op dagen met hoge PAR niveaus buiten. Op donkere dagen, als de buitenniveaus PAR laag zijn (diepe dalen in groene lijn), is te zien dat het verschil tussen de proefkas en de controlekas kleiner wordt.

Dit is wellicht nog duidelijker te zien in Figuur 3.11, waarin het percentage van de globale dagelijkse PAR-som dat de planten bereikt grafisch is uitgezet.

In de acclimatiseringweek ontvangen de Areca's in beide kassen vrijwel een gelijk percentage PAR buitenlicht. Vanaf 23 mei (start behandeling 1) gaan de percentages uit elkaar lopen ten teken dat in de proefkas meer licht wordt toegelaten. Vanaf 6 juni (start behandeling 2) wordt het verschil nog groter; dit herhaalt zich wanneer de volgende behandelingen (3 en 4) op, respectievelijk, 20 juni en 1 juli worden gestart.



Figuur 3.11: Percentage van de totale dagsom aan PAR licht dat de planten bereikt (gemeten bij Areca) in de proefkas (rood) en de controlekas (blauw). De globale PAR-som is aangegeven met een groene stippelijijn (schaal op rechter Y-as). De pijlen met nummers geven de momenten aan waarop de scherminstellingen in de proefkas zijn aangepast. Voor een verklaring van de nummers: zie tabel 2.1.

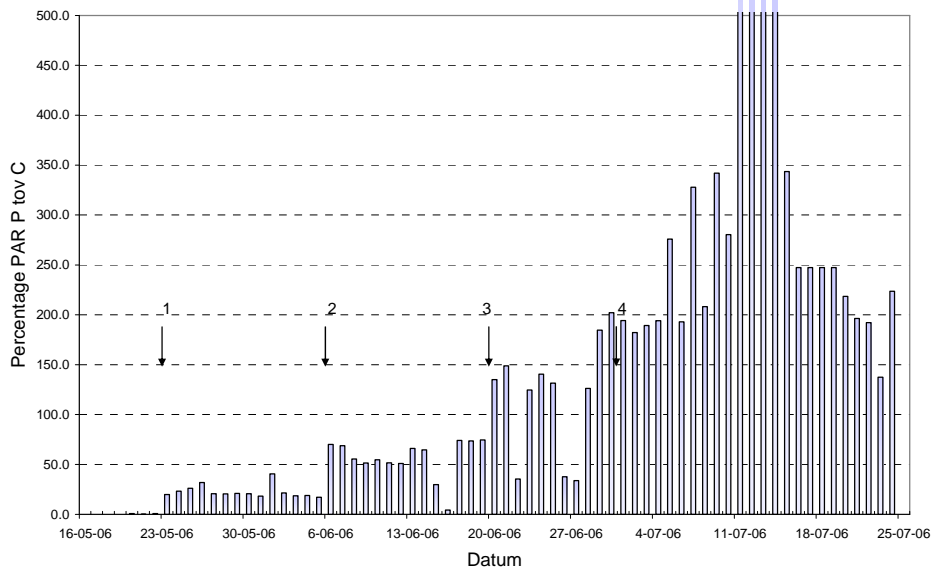
Op de momenten dat de totale buitenstralingniveaus zeer laag waren (bijvoorbeeld op 27-28 mei, 1 juni, 15-16 juli, 22 juli en 26-27 juli) is te zien dat de verschillen tussen proefkas en controlekas kleiner zijn. Het percentage globale PAR- dat op zulke momenten de planten bereikt is weliswaar veel hoger dan op de heldere dagen, de totale hoeveelheid PAR (in μmol) is op zulke dagen juist lager.

Om de verschillen tussen de controle en proefkas tijdens elke behandelingsperiode beter in beeld te krijgen, is in figuur 3.12 (volgende pagina) uitgezet, hoeveel meer licht de planten per dag in de proefkas ontvangen ten opzichte van de controlekas. De hoogte van elke balk geeft aan, hoeveel procent meer licht de planten in de proefkas per dag hebben ontvangen ten opzichte van de planten in de controlekas.

Tot 23 mei is er vrijwel geen verschil (1%) tussen beide kassen; tijdens behandeling 1 ontvangen de planten gemiddeld bijna 23% meer PAR.

In behandeling 2 (tussen 6 juni en 20 juni) krijgen de planten in de proefkas gemiddeld ruim 56% meer PAR dan in de controlekas. In periode 3 (20 juni - 1 juli) is het weer wat wisselvallig geweest, maar gemiddeld is de hoeveelheid ontvangen PAR in de proefkas gemiddeld 125% hoger geweest, ofwel ruim 2x zo hoog als in de controle.

In de periode na 1 juli (die buiten de eigenlijke proefbehandelingen viel) zijn de verschillen soms heel extreem geweest (tot ver boven de 500%) en komt het gemiddelde PAR niveau in de proefkas bijna 340% hoger uit.

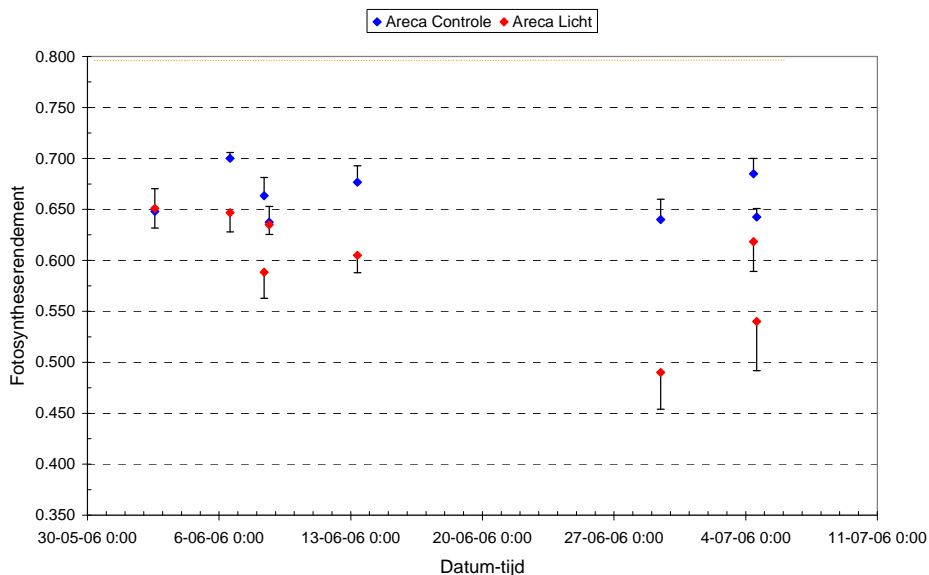


Figuur 3.12: Hoeveelheid PAR licht op plantniveau in proefkas P, uitgedrukt als percentage van de hoeveelheid PAR in de controlekas C. De pijlen met nummers geven de momenten aan waarop de scherminstellingen in de proefkas zijn aangepast. Voor een verklaring van de nummers: zie tabel 2.1.

3.3 Tussentijdse CF-metingen

Op verschillende dagen is zowel bij Areca als bij Kentia handmatig het fotosyntheserendement bepaald. De resultaten van deze metingen zijn te zien in figuur 3.13 en 3.14. Daaruit komt naar voren dat vanaf de start van behandeling 2 op 6 juni, er verschillen beginnen op te treden in de chlorofylfluorescentie tussen de lichte kas en de controleafdeling. In de lichte kas krijgen de planten dan gemiddeld een 50% hogere hoeveelheid PAR dan in de controle (zie hierboven).

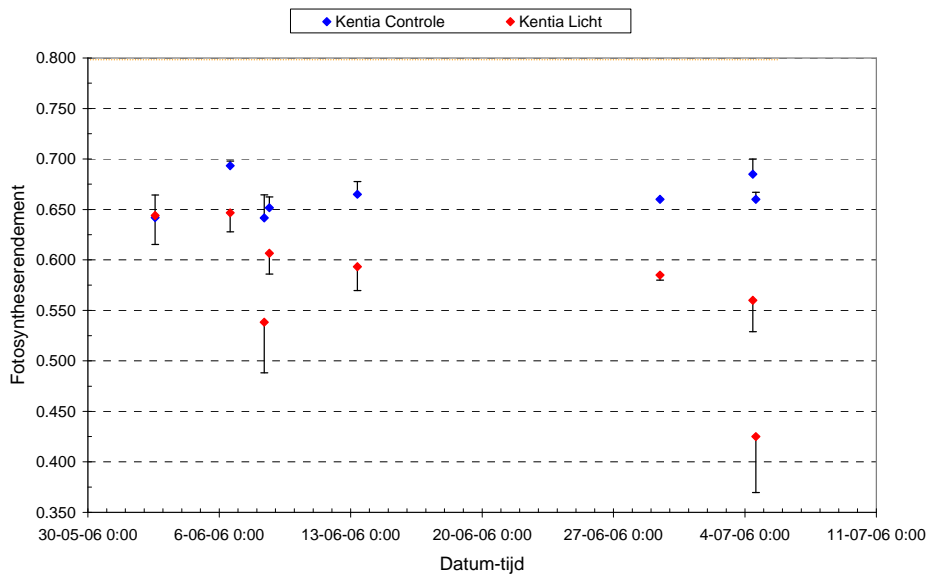
Vanaf dit moment is het fotosyntheserendement van de planten in de proefkas op het moment van meten gemiddeld steeds iets lager dan in de controle. Daarbij heeft ook het tijdstip van de meting invloed. In de ochtend (voor 10.00 uur) is het verschil kleiner dan in de middag. Weliswaar daalt dan ook het rendement in de controlekas, maar de daling in de proefkas is sterker, zodat het verschil groter wordt. Toch kan men nog niet echt spreken over een middagdepressie, aangezien de dip zeer beperkt is en de Areca's nog redelijk blijven presteren.



Figuur 3.13: Fotosyntheserendement (FR) bij Areca.

Vanaf het moment dat er gemiddeld 50% meer PAR wordt toegelaten, was het FR van de planten in de lichte proefkas altijd lager dan in de controle. Bij meting in de middag was het verschil toegenomen. Van een echte middagdepressie is echter geen sprake. Ondanks dit duidelijk effect van meer licht op het FR, trad er echter geen zichtbare schade aan de planten op als gevolg van de hogere PAR niveaus.

Kentia (Figuur 3.14) vertoont een vergelijkbaar beeld als de Areca's. Ook hier is niet echt sprake van een zware middagdip, hoewel die wel verwacht was bij deze soort. Alleen bij de laatste meting op 4 juli, als de PAR-niveaus zeer hoog zijn, is te zien dat het rendement in de middag sterk terugloopt. Ook hier was geen zichtbare schade opgetreden aan het eind van de teelt.



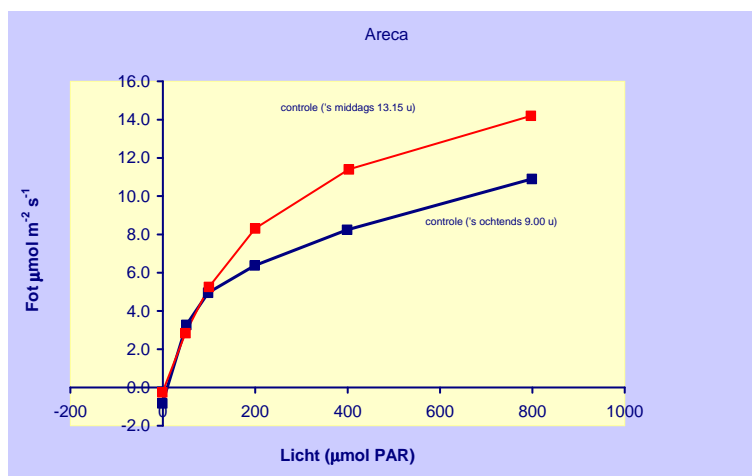
Figuur 3.14: Fotosyntheserendement bij Kentia.

3.4 Fotosynthesemetingen Areca in de proefkas van PPO

Van Areca en Kentia werden twee meetseries verricht; 's ochtends vroeg en 's middags. Per serie werden vier behandelingen gemeten:

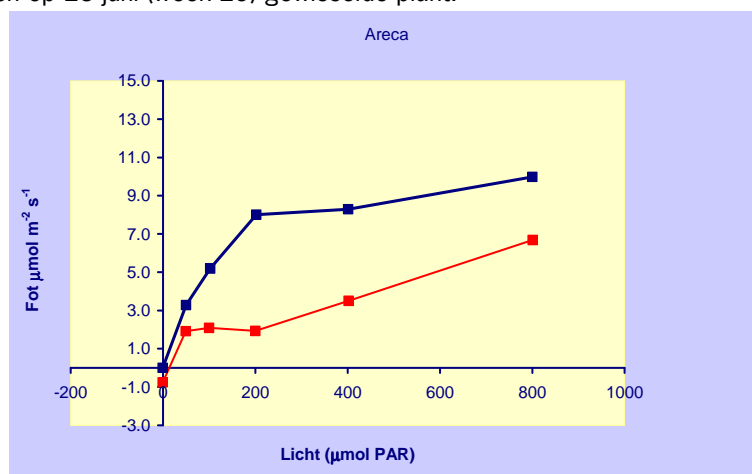
1. Planten die continu in de controle (=praktijksituatie) kas hebben gestaan bij een laag lichtregime.
2. Planten die altijd in de "lichte" kas hebben gestaan.
3. Planten die werden overgezet in week 23 en
4. Planten die werden overgezet in week 25.

Metingen aan Areca in de "donkere" controle kas (Figuur 3.15), waren consistent met de metingen verricht bij Aardam maar de fotosynthese was zelfs nog wat hoger. De fotosynthese nam tegen de middag zelfs nog wat toe.



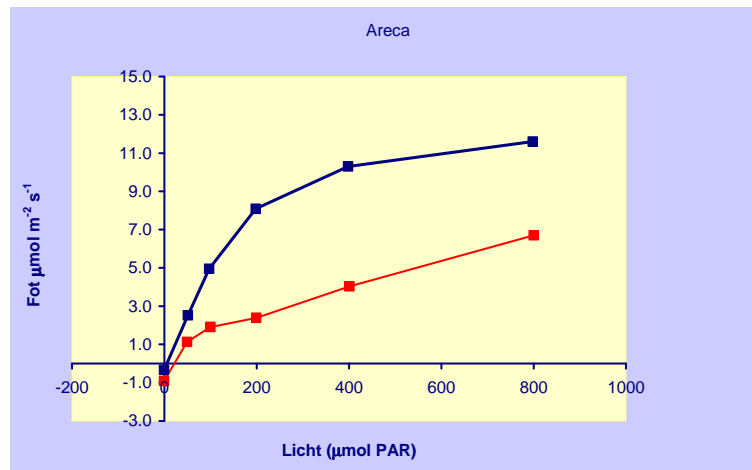
Figuur 3.15: Lichtresponse curve van Areca. Gemeten in de ochtend (blauwe lijn) en in de middag (rode lijn).

Er was een relatief hoge fotosynthese bij Areca in de "donkere" kas. Een fotosynthese van $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ komt ongeveer overeen met een groei van 0.1 g droge stof per m^2 blad per uur. In overeenstemming met de metingen bij Aardam lijkt de fotosynthese van Areca niet gevoelig voor een dip in de middag. De gemeten huidmondjes geleidbaarheid nam toe van $78 \text{ mmol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ in de ochtend tot $105 \text{ mmol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ in de middag. Een lichtintensiteit van $200 \mu\text{mol}$ (daar waar de fotosynthese sterk begint af te vlakken) lijkt voor deze planten optimaal maar wordt in de betreffende kas eigenlijk zelden gehaald. Figuur 3.16 toont de fotosynthese van een op 23 juni (week 25) gewisselde plant.



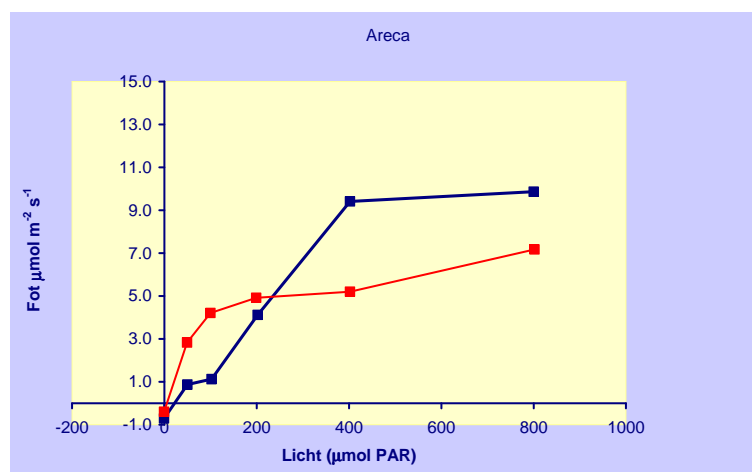
Figuur 3.16: Fotosynthese van een plant die in week 25 is overgezet naar de lichte kas, gemeten in de ochtend (blauwe lijn) en in de middag (rode lijn).

De blauwe lijn is in de ochtend gemeten de rode in de middag. De fotosynthese is duidelijk lager dan van de plant uit de "donkere" behandeling in figuur 3.15. Opvallend is de lage fotosynthese in de middag. De afname van de fotosynthese van ochtend naar middag was niet te zien in de donkere kas en ook niet bij de metingen op het bedrijf van Aardam. De gemeten huidmondjes geleidbaarheid nam af van $58 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de ochtend tot $11 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de middag. Dit verklaart de onregelmatige vorm van de curve. De fotosynthesecapaciteit van de planten die in week 25 zijn overgezet is in de middag slechts 25% van de fotosynthesecapaciteit in de donkere controlekas.



Figuur 3.17: Fotosynthese van een plant die in week 23 is overgezet naar de lichte kas, gemeten in de ochtend (blauwe lijn) en in de middag (rode lijn).

De fotosynthese van een plant die in week 23 was overgezet is te zien in figuur 3.17. De gemeten huidmondjes geleidbaarheid nam hierbij af van $83 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de ochtend tot $10 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de middag. De effecten zijn vergelijkbaar met de behandeling waarbij de planten in week 25 waren overgezet.

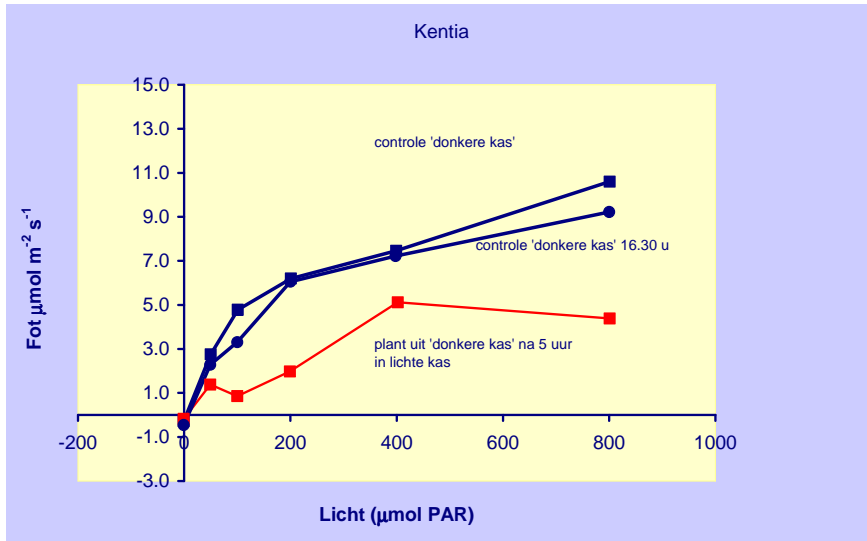


Figuur 3.18: Fotosynthese van een plant die vanaf het begin van het experiment in de "lichte" kas hebben gestaan, gemeten in de ochtend (blauwe lijn) en in de middag (rode lijn).

Bij planten die vanaf het begin in de lichte kas hadden gestaan (Figuur 3.18), nam de huidmondjes geleidbaarheid af van $32 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de ochtend tot $16 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de middag. De lage fotosynthese waarden bij lage lichtintensiteiten zijn afwijkend en voor deze waarneming is eigenlijk geen plausible verklaring.

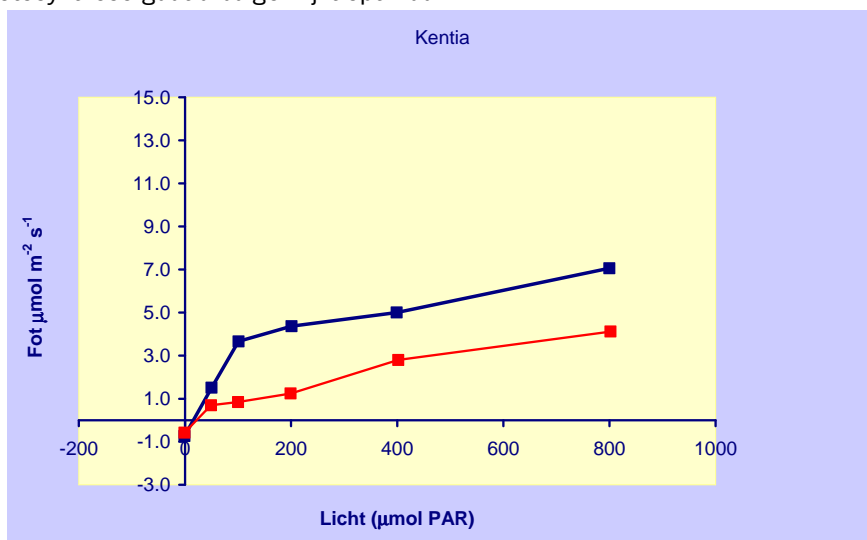
3.5 Fotosynthesemetingen Kentia in de proefkas van PPO

Kentia is erg gevoelig voor een middagdepressie in de lichte kas (Figuur 3.19, rode lijn). In de donkere kas is de fotosynthese later op de dag echter vrijwel gelijk aan de meting in de ochtend (vergelijk beide blauwe lijnen).



Figuur 3.19: Lichtrespons curve van Kentia.

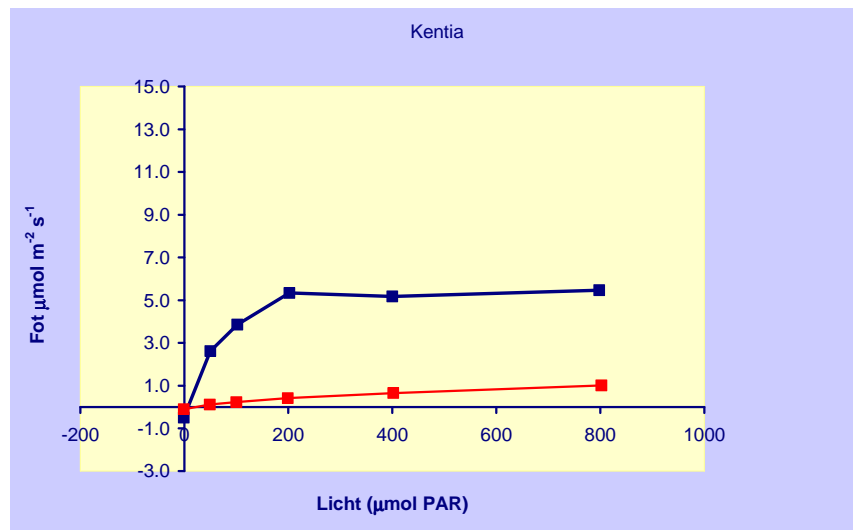
De fotosynthese capaciteit van Kentia is lager dan die van Areca. De afbuiging van de curve begint bij lagere lichtintensiteiten dan bij Areca (bij ongeveer bij 150 $\mu\text{mol PAR}$). Kentia is dus gevoeliger voor licht en duidelijk gebaat bij de omgevingscondities in de "donkere" kas, hoewel later zal blijken dat het zeker niet alleen de lichtcondities zijn die daarvoor zorgen. In de "lichte kas nam de huidmondjes geleidbaarheid af van 35 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de ochtend tot 6 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de middag. Een lichtintensiteit van 150 μmol (het punt waar de fotosynthese gaat afbuigen lijkt optimaal).



Figuur 3.20: Lichtresponse curve van de fotosynthese, gemeten aan een Kentia plant die in week 25 is overgezet naar de lichte kas.

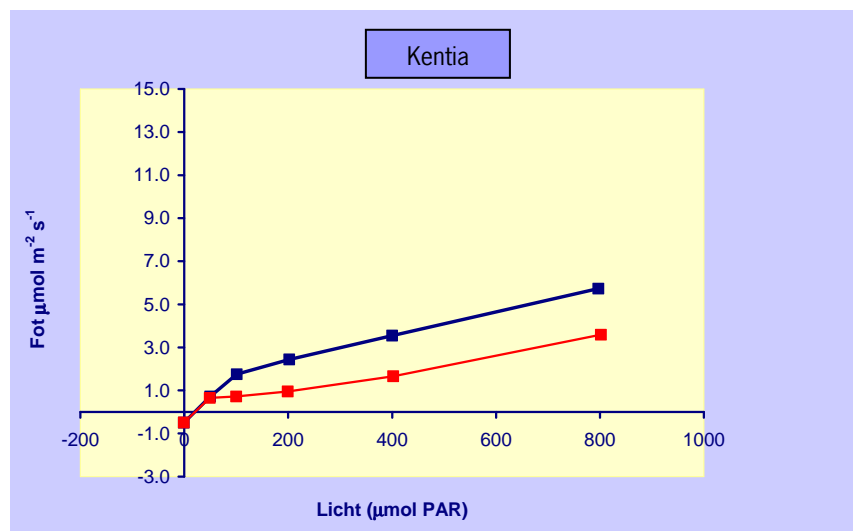
De blauwe lijn is in de ochtend gemeten de rode in de middag. De gemeten huidmondjes geleidbaarheid nam af van 30 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de ochtend tot 6 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in de middag. Dit verklaart de onregelmatige vorm van de curve. De fotosynthesecapaciteit van deze behandeling is gereduceerd tot 25% van de

donkere kas. De resultaten van de metingen laten eigenlijk betrekkelijk weinig verschillen zien tussen de verschillende wisselingen (vergelijk figuren 3.20, 3.21 en 3.22).



Figuur 3.21: Lichtresponse curve van de fotosynthese, gemeten aan een Kentia plant die in week 23 was overgezet.

Bij planten die in week 23 waren overgezet (Figuur 3.21), nam de gemeten huidmondjes geleidbaarheid af van 83 mmol.m⁻².s⁻¹ in de ochtend tot 10 mmol.m⁻².s⁻² in de middag.



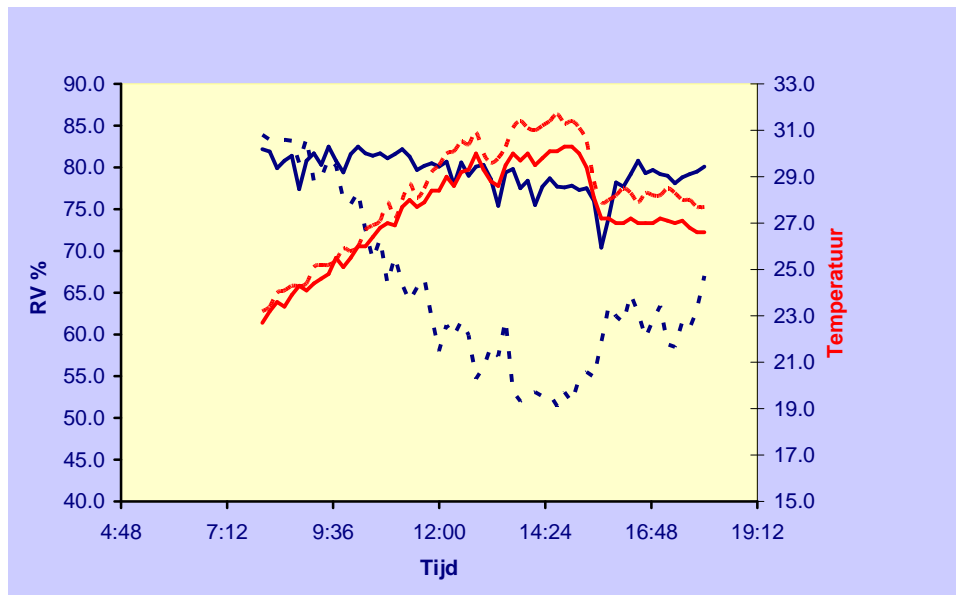
Figuur 3.22: Fotosynthese, gemeten aan een plant die vanaf het begin van het experiment in de lichte kas heeft gestaan.

Bij planten die vanaf het begin in de lichte proefkas hadden gestaan (Figuur 3.22) nam de gemeten huidmondjes geleidbaarheid van 32 mmol.m⁻².s⁻¹ in de ochtend tot 16 mmol.m⁻².s⁻¹ in de middag.

De sterke afname van de fotosynthese lijkt in eerste instantie veroorzaakt te worden door een afname van de CO₂ opname in het blad (volgens de gangbare opvattingen een huidmondjes functie) en *niet* door een afname van de fotosynthesecapaciteit. Indien we in staat zouden zijn om deze afname in CO₂-opname te voorkomen dan zou waarschijnlijk de optimale lichtbenuttingsefficiëntie ook toenemen.

In figuur 3.23 zijn het verloop van de RV en de temperatuur in de lichte en de donkere kas weergegeven op de dag dat bovenstaande metingen werden verricht. Het is waarschijnlijk, dat de afname van de fotosynthese (als gevolg van de huidmondjessluiting) veroorzaakt is door een stijging van de temperatuur en/of een daling van de RV (Figuur 3.23).

In vergelijking met de "donkere kas" is vooral het verschil in RV opvallend. In de "donkere" kas blijft de RV vrijwel constant. In dit verband is het interessant dat voor Kentia geen terugloop in de fotosyntheselicht response is gevonden onder de "donkere" condities. Dit is nog geen bewijs maar wel een aanwijzing dat RV een cruciale rol speelt bij de lage lichtbenutting van Kentia en het is te verwachten dat die veel hoger kan worden als de RV, of beter het dampdruk deficit van het blad (VPD), goed in de hand kunnen worden gehouden.



Figuur 3.23: Verloop van de temperatuur (rode lijnen) en de RV (blauwe lijnen) in de "donkere kas" (gestippeld) en de kas met de lichtbehandelingen (getrokken lijnen).

3.6 Plantivity metingen

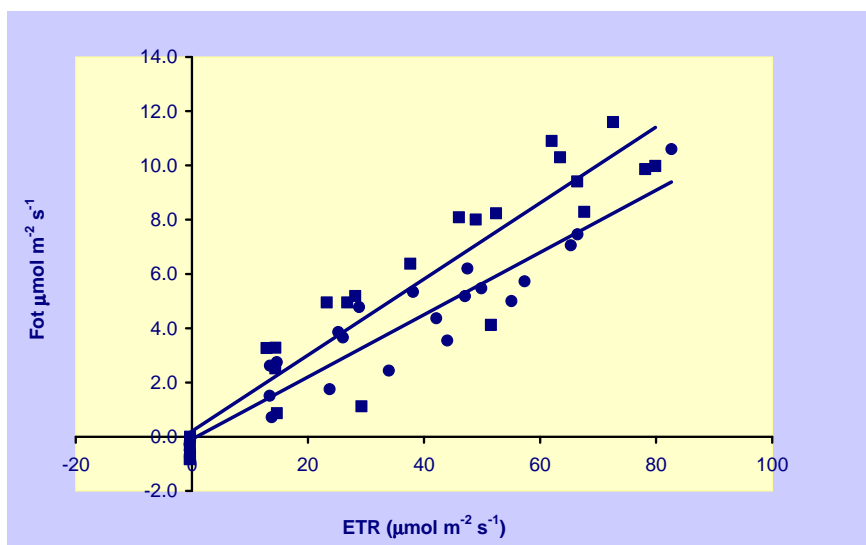


De Plantivity metingen zijn een maat voor de fotosynthesecapaciteit. Helaas worden de effecten van een eventuele verminderde CO₂ opname als gevolg van het sluiten van de huidmondjes minder direct gemeten.

Dit probleem kan worden opgelost door een soft sensor in te bouwen die modelmatig het gedrag van de huidmondjes registreert en door vervolgens deze waarden te combineren met de gemeten W_j .

De Plantivity meting is voor praktijkmetingen bij Areca echter niet geschikt. Het lijkt erop dat de meting zelf invloed heeft op het blad. Daardoor

moeten de meetwaarden elke dag worden geijkt en dat vraagt dermate veel werk dat de meting momenteel alleen geschikt is voor experimentele toepassingen.



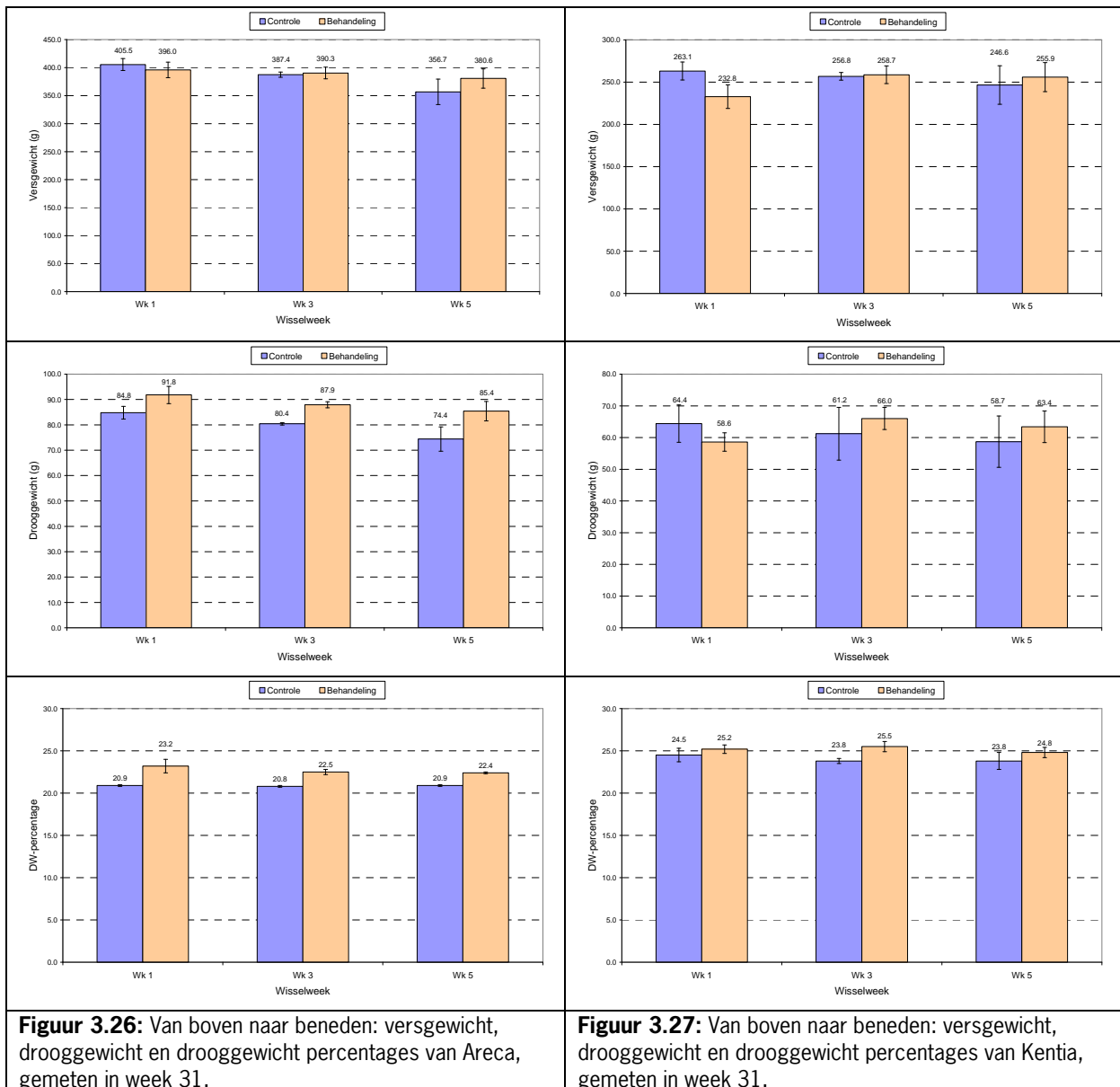
Figuur 3.24: Fotosynthese (assimilatiesnelheid) in relatie tot gemeten elektronen transport snelheid.

Onder lichtbeperkende en non-stress condities is er een uitstekende correlatie tussen de assimilatiesnelheid en het elektronentransport. Uit de metingen (Figuur 3.24) blijkt dat er een rechtlijnig verband is tussen assimilatie en elektronentransport. Areca (vierkante symbolen, bovenste lijn) is daarbij efficiënter dan Kentia (ronde symbolen, onderste lijn). Per mol elektronen wordt gemiddeld over de soorten ongeveer 0.13 - 0.14 mol CO₂ vastgelegd; voor Areca is dit ongeveer 0.15 mol, voor Kentia ongeveer 0.11 mol CO₂.

3.7 Schadebeeld, vers- en drooggewicht bepalingen

Aan de in de lichte proefkas geteelde Areca en Kentia waren, vergeleken met de planten uit de controle, op geen enkele manier schadebeelden te ontdekken die zouden kunnen duiden op schade veroorzaakt door een te hoog lichtniveau, zoals vergeeld blad, meer dode bladpunten of verdroogd blad.

Het telen bij een hoger lichtniveau resulteerde, zowel bij Areca als Kentia, niet in een significant hoger versgewicht. Wel was er een duidelijke trend naar een gemiddeld hoger drooggewicht van de planten geteeld in de lichte proefkas. Dit resulteerde dan ook in een aanzienlijke toename van het drooggewicht percentage. Bij Areca, was de toename met 2-3% significant; bij Kentia was er wel een toename in percentage drooggewicht, maar deze was niet significant te noemen.



Figuur 3.26: Van boven naar beneden: versgewicht, drooggewicht en drooggewicht percentages van Areca, gemeten in week 31.

Figuur 3.27: Van boven naar beneden: versgewicht, drooggewicht en drooggewicht percentages van Kentia, gemeten in week 31.

Het effect van het toelaten van meer licht resulteerde dus weliswaar in een hoger droge stof percentage, maar er kon geen teeltversnelling worden waargenomen. Mogelijk speelt hier een rol dat de gewassen beide al bijna het afleverstadium hadden bereikt op het moment dat de proef startte.

4 Conclusies

Bij palmen wordt een groot gedeelte van het jaar geschermd en/of gekrijt, omdat de palmen onder Nederlandse omstandigheden gevoelig zijn voor bladvergelting. In het hier gerapporteerde onderzoek, aangevraagd door de palmencommissie, is gezocht naar de grenswaarden van de hoeveelheid licht die toegelaten kan worden.

Het onderzoek bij PPO is uitgevoerd met halfwasplanten van Areca en Kentia in twee afdelingen. De controle afdeling is 'zwaar' gekrijt en geschermd, hier wordt nog circa 6% van het buitenlicht toegelaten. In de onderzoekafdeling is tweewekelijks meer licht toegelaten tot een niveau van 12% - 18% - 24% van het buitenniveau PAR. Dit komt overeen met circa 160 μmol - 240 μmol - 320 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (omgerekend naar lux is dat ongeveer 4800 - 10.000 - 14400 - 19200 Lux). Deze waarden zijn gehaald door aanpassing van de scherminstellingen. De planten zijn in week 20 in de kas gezet en vanaf week 21 zijn de behandelingen ingesteld. Met behulp van uitwisselen van groepen planten tussen de twee kassen, is onderzocht in hoeverre de planten zich aan hogere en lagere lichtniveaus kunnen aanpassen. Gedurende 5 weken zijn deze wisselingen uitgevoerd, zodat uiteindelijk 20 verschillende groepen ontstonden die elk een andere lichtbehandeling hadden ondergaan. Tussentijds zijn een aantal chlorofylfluorescentie (CF) metingen uitgevoerd die een indruk geven van de momentane prestatie van de planten op het meetmoment. In week 26 zijn afsluitende fotosynthesemetingen uitgevoerd om te onderzoeken of tussen planten uit verschillende behandelingen verschillen waren ontstaan. Na week 26 zijn de planten tot en met week 30 verder geteeld, waarbij in de proefkas het niveau PAR nogmaals is verhoogd tot 32%. In week 31 volgden tenslotte de eindmetingen van vers en drooggewicht.

Een opsomming van de resultaten:

- Tussen de kassen konden tijdens de behandelingen vrijwel dezelfde gemiddelde etmaaltemperatuur en RV worden gerealiseerd, zodat eventuele effecten vooral op de lichtverschillen kunnen worden teruggevoerd.
- De tussentijdse CF metingen lieten zowel bij Areca als bij Kentia zien dat, hoe later op de dag, hoe verder de fotosynthese-efficiëntie was teruggelopen. Dit trad zowel in de lichte als in de controlekas op, maar in de lichte proefkas nam het niveau sterker af. In de proefkas met een hoger lichtniveau werd altijd een lagere fotosynthese-efficiëntie bereikt dan in de controlekas op hetzelfde tijdstip, hetgeen aangeeft dat de plant op dat moment meer moeite heeft al het aangeboden licht te gebruiken.
- Niettemin waren in week 26 nog steeds geen duidelijke schadebeelden zichtbaar die aan lichtovermaat kunnen worden toegeschreven, mogelijk ook doordat zich geen echt lange periode van helder weer had voorgedaan. Ook in de lichtrijke weken na week 27 bleek echter geen schade te zijn opgetreden in de lichte kas, ondanks het nog hogere lichtniveau en ook niet nadat in week 28 de ingestelde RV verder verlaagd was naar 40%.
- Fotosynthesemetingen lieten wel verschillen zien tussen de controle- en de behandelingskas en stemden daarmee overeen met de indruk die uit de CF-metingen was ontstaan. In de lichte behandelingen is de fotosynthese wel lager (vooral 's middags en bij Kentia), maar dat heeft niet geleid tot betrouwbare verschillen in versgewicht.
- Wat wel naar voren komt is het hogere drooggewicht in de afdeling waar meer licht is toegelaten. Het effect van het toelaten van meer licht gaf vooral een toename in het percentage drooggewicht, vooral bij Areca, met 2-3%. Door de variatie in grootte tussen de halfwas planten aan het begin en de korte duur van de proefperiode kon geen duidelijke teeltversnelling door hoog licht worden waargenomen.

De metingen geven een redelijk consistent beeld en hoewel dit een korte proef betreft kunnen toch een aantal conclusies getrokken worden:

- Bepaling van de lichtverzadigingscurve gaf aan dat Areca meer licht kan verdragen dan voorheen aangenomen. Op basis van de huidige metingen kan Areca 200-250 μmol PAR benutten en Kentia

150-200 $\mu\text{mol PAR}$.

- Uit de experimenten bleek dat de lichtbenutting sterk negatief wordt beïnvloed door hoge bladtemperatuur en/of een lage RV. Op korte termijn (binnen een dag) lijkt Areca minder last te hebben van een lage RV of hoge bladtemperatuur dan Kentia.
- Uit de Plantivity metingen werd wel duidelijk dat een plotselinge overgang van een donkerbehandeling naar een lichte situatie negatieve effecten heeft op de assimilatie. Dit werd niet alleen veroorzaakt door een sluiting van de huidmondjes maar ook door een direct effect op de fotosynthese (fotoinhibitie). De belangrijkste oorzaak voor de relatief slechte lichtbenutting van (vooral Kentia) lijkt echter de sluiting van de huidmondjes bij een lage RV te zijn. Dit kwam naar voren toen uit de controlekas (6% daglichtniveau, RV ca. 80%) een plant werd gemeten in de behandelingskas bij het hoogste lichtniveau en een RV van op dat moment 50% en de fotosynthese vrijwel onmiddellijk begon weg te zakken, terwijl de planten in de controlekas ongeveer op hetzelfde niveau bleven presteren. Waar de grens ligt is moeilijk te zeggen maar waarden beneden 70% lijken een behoorlijk dramatisch effect te hebben op de fotosynthese later op de dag.
- Meer licht toelaten resulteerde in een hoger drooggewicht percentage. Dit kan duiden op een hogere assimilatenproductie, die echter in dit stadium van de teelt geen duidelijke teeltversnelling gaf daar de planten al min of meer volgroeid waren. Wellicht dat vanaf het begin telen bij een hoger lichtniveau wel de extra versnelling geeft.

Voorlopige aanbevelingen

- Het onderzoek biedt perspectief op productieverhoging door meer licht in de kas toe te laten, maar het is belangrijk om dit **voorzichtig te toetsen**. Uit de proef en de metingen ontstaat de indruk dat vooral de RV (en het beheersen daarvan) een aanmerkelijke invloed kan hebben op de hogere lichtbenutting. Dit zal nader uitgezocht moeten worden.
- Uit de metingen blijkt dat de **huidige** teeltcondities conservatief gekozen zijn en in elk geval planten opleveren die over de hele dag een goede productiecapaciteit hebben, hoewel een belangrijk deel daarvan niet optimaal benut wordt. Dit is een veilige manier van telen, die risico's zoveel mogelijk uitsluit. Deze benadering hoeft niet zonder meer verlaten te worden.
- Het lijkt er wel op dat de teelt in potentie sneller kan gaan, mits de controle op RV, CO_2 en temperatuur dat toelaat. Kassen waarin de RV en temperatuur getemperd kunnen worden zonder teveel lichtverlies lijken gezien deze uitkomsten een goede optie. Het is wel belangrijk om bij een hogere lichtintrede te blijven bestuderen of de bladkleur kwalitatief goed blijft en of er ook echt een versnelling in groei en ontwikkeling optreedt. Dit laatste kan het beste bestudeerd worden in een teelt waarbij met jong plantmateriaal wordt gestart.

Bijlage 1

Wisselschema Palmenproef: Kleurverandering geeft schermingsverandering aan. Uiteindelijk per gewas 2 kassen x 12 partijen = 24 partijen.

Planten uit controlekas 20 worden om de 3-4 dagen overgezet naar kas 21 met hogere lichtomstandigheden en omgekeerd
Gewisselde planten krijgen code mee zoals aangegeven in kolom 1-12

Week	Dag	Scherm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	Ma	250	Alle planten onder dezelfde omstandigheden voor acclimatisering											
	Di	250												
	Wo	250												
	Do	250												
	Vr	250												
	Za	250												
	Zo	250												
21	Ma	300												
	Di	300	W11-01											
	Wo	300	W11-02											
	Do	300	W11-03											
	Vr	300	W11-04	W12-01										
	Za	300	W11-05	W12-02										
	Zo	300	W11-06	W12-03										
22	Ma	300	W11-07	W12-04	W21-01									
	Di	300	W11-08	W12-05	W21-02									
	Wo	300	W11-09	W12-06	W21-03									
	Do	300	W11-10	W12-07	W21-04									
	Vr	300	W11-11	W12-08	W21-05	W22-01								
	Za	300	W11-12	W12-09	W21-06	W22-02								
	Zo	300	W11-13	W12-10	W21-07	W22-03								
23	Ma	600	W11-14	W12-11	W21-08	W22-04								
	Di	600	W11-15	W12-12	W21-09	W22-05	W31-01							
	Wo	600	W11-16	W12-13	W21-10	W22-06	W31-02							
	Do	600	W11-17	W12-14	W21-11	W22-07	W31-03							
	Vr	600	W11-18	W12-15	W21-12	W22-08	W31-04	W32-01						
	Za	600	W11-19	W12-16	W21-13	W22-09	W31-05	W32-02						
	Zo	600	W11-20	W12-17	W21-14	W22-10	W31-06	W32-03						
24	Ma	600	W11-21	W12-18	W21-15	W22-11	W31-07	W32-04	W41-01					
	Di	600	W11-22	W12-19	W21-16	W22-12	W31-08	W32-05	W41-02					
	Wo	600	W11-23	W12-20	W21-17	W22-13	W31-09	W32-06	W41-03					
	Do	600	W11-24	W12-21	W21-18	W22-14	W31-10	W32-07	W41-04					
	Vr	600	W11-25	W12-22	W21-19	W22-15	W31-11	W32-08	W41-05	W42-01				
	Za	600	W11-26	W12-23	W21-20	W22-16	W31-12	W32-09	W41-06	W42-02				
	Zo	600	W11-27	W12-24	W21-21	W22-17	W31-13	W32-10	W41-07	W42-03				
25	Ma	600	W11-28	W12-25	W21-22	W22-18	W31-14	W32-11	W41-08	W42-04				
	Di	600	W11-29	W12-26	W21-23	W22-19	W31-15	W32-12	W41-09	W42-05	W51-01			
	Wo	600	W11-30	W12-27	W21-24	W22-20	W31-16	W32-13	W41-10	W42-06	W51-02			
	Do	600		W12-28	W21-25	W22-21	W31-17	W32-14	W41-11	W42-07	W51-03			
	Vr	600		W12-29	W21-26	W22-22	W31-18	W32-15	W41-12	W42-08	W51-04	W52-01		
	Za	600		W12-30	W21-27	W22-23	W31-19	W32-16	W41-13	W42-09	W51-05	W52-02		
	Zo	600			W21-28	W22-24	W31-20	W32-17	W41-14	W42-10	W51-06	W52-03		
26	Ma	600			W21-29	W22-25	W31-21	W32-18	W41-15	W42-11	W51-07	W52-04	W61-01	
	Di	600			W21-30	W22-26	W31-22	W32-19	W41-16	W42-12	W51-08	W52-05	W61-02	
	Wo	600				W22-27	W31-23	W32-20	W41-17	W42-13	W51-09	W52-06	W61-03	
	Do	600				W22-28	W31-24	W32-21	W41-18	W42-14	W51-10	W52-07	W61-04	
	Vr	600				W22-29	W31-25	W32-22	W41-19	W42-15	W51-11	W52-08	W61-05	W62-01
	Za	600				W22-30	W31-26	W32-23	W41-20	W42-16	W51-12	W52-09	W61-06	W62-02
	Zo	600					W31-27	W32-24	W41-21	W42-17	W51-13	W52-10	W61-07	W62-03
27	Ma	600					enz	enz	enz	enz	enz	enz	enz	enz
	Di		Alle planten weer onder dezelfde omstandigheden											
	Wo													
	Do													