

Plantsensoren en modellering de volgende stap in optimalisatie van de bedrijfsvoering chrysant

In opdracht van
Landelijke commissie Chrysant LTO Groeiservice

Gefinancierd door
Productschap Tuinbouw
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer

Uitgevoerd door
Onderzoek DLV Plant
Theo Roelofs
Paul de Veld
Rene Corsten
Helma Verberkt

In samenwerking met Plant Dynamics
Growlab is ter beschikking gesteld door Hoogendoorn Automatisering
Met medeparticipatie van Letsgrow en Priva

PT - Projectnummer: 13038

DLV Plant
Postbus 7001
6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78
F 0317 46 04 00
E info@dlvplant.nl
www.dlvplant.nl

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding en doel	6
2 Plantsensoren	8
2.1 Plansensoren	8
2.2 Meetset Growlab	11
2.3 Berekende waarden vanuit de sensormetingen	12
3 Materiaal en methode Praktijkmonitoring	14
3.1 Opzet en uitvoering praktijkmonitoring	14
3.2 Waarnemingen en verslaglegging	15
4 Resultaten Praktijkmonitoring	17
4.1 Planttemperatuur	17
4.2 Broezen	18
4.3 Dauwpuntstemperatuur	19
4.4 Temperatuurverloop bij vorst	21
4.5 PAR-licht	23
4.6 Lichtreflectie tegen de padgevel	23
4.7 Metingen GrowWatch	24
5 Fotosynthese metingen	34
5.1 Doelstelling	34
5.2 Materiaal en methoden	34
5.3 Resultaten	35
5.4 Conclusies	37
6 Materiaal en methode groeiproef	39
6.1 Proefopzet	39
6.2 Accommodatie en teeltgegevens	40
6.3 Waarnemingen	41
7 Resultaten groeiproef	44
7.1 Stengellengte	44

7.2	Aantal bladeren	44
7.3	Aantal bladeren per cm tak	45
7.4	Aantal scheuten	46
7.5	Aantal scheuten per cm tak	46
7.6	Versgewicht tak	47
7.7	Versgewicht per cm tak	48
7.8	Drooggewicht tak	48
7.9	Drooggewicht per cm tak	49
7.10	Drogestofgehalte tak	49
7.11	LAI dag 34 en 62	50
7.12	LAI vanaf dag 0 t/m 60	50
8	Conclusies en aanbevelingen	52
Bijlage 1.	Lijst met deelnemende bedrijven	54
Bijlage 2.	Dataverzameling	55
Bijlage 3.	Fotosynthesemetingen door Plant Dynamics	56

Samenvatting

Van eind 2007 tot maart 2009 is het project 'Plantsensoren en modellering; de volgende stap in optimalisatie van de bedrijfsvoering chrysant' in de praktijk uitgevoerd. Doel van het door het PT gefinancierde project was het ontwikkelen van een teeltsturingssysteem, gekoppeld aan plantsensoren, met als hoofddoel gewasgroei en gewasontwikkeling bij Chrysant te optimaliseren en te komen tot een beter bedrijfsrendement.

Er zijn groeimodellen voor chrysant ontwikkeld. Hiermee kan achteraf berekend worden wat de groei geweest moet zijn. Daarnaast kan met de verzamelde data een prognose gemaakt worden wat het gewicht gaat worden. Het lukt hiermee echter niet om de momentane, werkelijke groei te meten. Plantsensoren hebben de potentie dit wel mogelijk te maken. Koppeling van de bestaande modellen aan meetgegevens van plantsensoren resulteert in de gewenste gewasgroeigegevens. Daarbij is het van belang om kennis te hebben van de invloed van de groeifactoren licht, CO₂, VPD en LAI op de groei. Het project is gesplitst in 3 onderdelen:

- Praktijkmonitoring
- Onderzoek plantenpaspoort Chrysant
- Groeiproef

Praktijkmonitoring

De praktijkmonitoring vond plaats op 10 moderne chrysantenbedrijven, verspreid over het land. Tussen de bedrijven rouleerden twee Growlab-sets waaraan de sensoren voor PAR licht, kas- en planttemperatuur, RV, CO₂, bodemvocht (WET), en assimilatie (plantivity) verbonden waren. Uit de cijfers die deze sensoren produceerden werden modelberekeningen gemaakt die gegevens opleverde over de VPD, de condensatietemperatuur, de lichtbelasting en het fotosyntheserendement.

De data-uitwisseling tussen de bedrijven vond plaats via Lets Grow. Hierdoor konden de deelnemende bedrijven naast de metingen en berekeningen van de plantsensoren, ook de klimaatgegevens per bedrijf onderling uitwisselen. Medewerkers DLV Plant analyseerden wekelijks de gegevens. Opvallende zaken werden naar de groep gecommuniceerd en bediscussieerd. Tijdens het project bleek dat deze werkwijze van dataverzameling, uitwisseling en analyse met het Lets Grow systeem uitstekend geschikt is voor praktijkonderzoek. De plantmonitoring heeft op diverse punten nieuwe teeltinzichten opgeleverd en bestaande bevestigd.

De non-contact sensoren, zoals PAR, PT, CO₂, WET, temperatuur en RV leverde betrouwbare en bruikbare gegevens op. De sensor met contactmeting, de plantivitymeter, voldeed praktisch minder goed. Het is een puntsmeting op één blad. Dit maakt de betrouwbaarheid erg gevoelig voor een snel groeiend gewas als de chrysant. Daarnaast blijkt de plantivitymeter meer een stressindicator. Uit het plantenpaspoort Chrysant is naar voren gekomen dat de chrysant weinig stressmomenten kent. Daarom is de huidige plantivitymeter niet geschikt voor groeimodellering in chrysant. Een fotosynthesecamera, die over een grotere oppervlakte de fotosynthese nauwkeurig kan bepalen zou ideaal zijn.

De WET sensor is een goed bruikbare meter gebleken om in de toekomst zowel in onderzoek als in de praktijk een rol te gaan spelen in de noodzaak om met minder emissie te gaan telen.

Onderzoek plantenpaspoort Chrysant

Voor de modelberekeningen achter de plantivitymeter, moeten de assimilatiecapaciteit en de fotosynthese eigenschappen van de chrysant bekend zijn. Daarnaast levert dit interessante teelttechnische kennis over de chrysant op. Plant Dynamics heeft in samenwerking met DLV Plant met de zgn. Licor-6400 fotosynthesemeter het

plantenpaspoort Chrysant gemaakt. De gewasafhankelijke kengetallen van Chrysant zijn nader bepaald. Daarvoor zijn in februari en juni 2008 metingen aan verschillende chrysantenrassen gedaan op 2 van de deelnemende praktijkbedrijven. Uit de metingen is gebleken dat de chrysant een gewas is met een zeer hoge productiecapaciteit. Het gewas is weinig gevoelig voor stressomstandigheden door bijvoorbeeld lage luchtvochtigheden. Daarnaast is de fotosynthese bij chrysant over de dag genomen erg stabiel. Er is een bepaalde mate van seizoensinvloed. In de wintermaanden gaat het gewas iets beter om met lage lichtintensiteiten, in de zomer juist met hoge intensiteiten. Dit is ook te zien aan de optimale CO₂ concentraties. In de winter is de maximale productie bij 1000 ppm, in de zomer bij 1400 ppm. De verschillen in de gemeten plantfysiologische reacties tussen de rassen zijn zeer gering.

Groeioproef

Om aanvullende gegevens met betrekking tot de ontwikkeling van het gewas te verzamelen, is in de praktijk een groeioproef uitgevoerd. Hiervoor zijn op het bedrijf van één van de deelnemers proefvelden uitgezet met 5 verschillende rassen in 2 herhalingen die wekelijks werden bemonsterd. Bij modellering is de LAI (Leaf Area Index) een belangrijke factor. Uit de groeioproef is gebleken dat de LAI in de tweede helft van de teelt gemiddeld 6,7 m² blad per m² grondoppervlakte bedraagt. De LAI bereikt bij een zomerteelt na 3 weken teeltduur de grens van 3 m²/m². Tussen de rassen kan de LAI behoorlijk verschillen, tot maximaal 15%. Er bleek een groot verschil tussen de productie in vers- en drooggewicht tussen de rassen, terwijl het percentage drooggewicht nauwelijks verschilde. Er lijkt een positief verband te bestaan tussen productie en LAI/aantal bladeren bij Chrysant.

1 Inleiding en doel

De chrysantenteelt is een planmatig gestuurde teelt. De mate waarin het lukt om de planning te realiseren is een cruciale rendementsfactor voor de bedrijven. Het al dan niet realiseren van de planning uit zich op twee manieren:

- qua oogsttijdstip. Komt de ingecalculeerde teeltduur overeen met de werkelijke?
- qua kwaliteit. Komt het gewicht en de takopbouw van de geproduceerde chrysanten overeen met de gewenste specificaties? Afwijkingen kunnen zowel naar boven als naar beneden optreden.

De huidige ontwikkeling van verdere schaalvergroting in de chrysantenteelt zal de noodzaak van een optimale 'stuurbaarheid' van de teelt verder vergroten.

Er zijn inmiddels al groeimodellen voor chrysant ontwikkeld. WUR heeft daar in het verleden onderzoek naar gedaan en verschillende adviesbureaus en toeleveranciers hebben mogelijkheden om aan de groei van chrysanten te rekenen. Dit zijn modellen waarmee achteraf berekend kan worden wat de groei geweest is en vervolgens kan op basis van die opgebouwde data berekend worden, wat voor een te planten gewas het teeltschema zou moeten zijn, op basis van aannames over licht, CO₂ etc. Wat er in deze bestaande groeimodellen echter ontbreekt, is de koppeling naar de werkelijke momentane gewasgroei op ieder moment gedurende de teelt. Om dit mogelijk te maken is het noodzakelijk dat er aan het gewas metingen met plantsensoren, waaronder een fotosynthese meting, uitgevoerd worden die uiteindelijk resulteert in gewasgroeigegevens.

Op het moment dat er een koppeling is tussen de werkelijke momentane groei in de kas en de groeimodellen heeft het voor het chrysantenbedrijf de volgende voordelen:

- Er is een directe bewaking ten aanzien van de groeioptimalisatie. Als er in de teelt iets niet optimaal verloopt, merkt de teler dat op het moment dat het gebeurt en niet pas op het moment dat de gevolgen ervan zichtbaar worden. Snel ingrijpen is dan mogelijk.
- Het inzetten van groeifactoren met een hoog variabel kostendeel zoals assimilatiebelichting en CO₂ kunnen veel gericht ingezet worden. Aan de hand van of het gewas voor of achterligt op de lijn naar het streefgewicht kan er dan (per vak verschillend) een tandje bij- of teruggeschakeld worden. Dit biedt perfecte kansen om in te spelen op de energiemarkt.
- De aanwezigheid van een systeem met plantsensoren op bedrijven zal de kennisontwikkeling qua klimaat en teeltsturing verder doen toenemen.

In de afgelopen jaren is de ontwikkeling op het gebied van plantsensoren gestaag doorgegaan. Enkele jaren geleden hebben enkele chrysantenbedrijven met het systeem van phytomonitors gewerkt. Ondanks dat daar wel wat van geleerd is, waren deze meetapparaten te kwetsbaar en daardoor niet meer gebruikt. Hetzelfde geldt eigenlijk voor de tensiometers. Inmiddels zijn er andere typen plantsensoren ontwikkeld, die minder kwetsbaar zijn en waarbij ook de dataoverdracht veel beter verloopt. Een doorbraak is dit verband is de zgn. plantivity-meter die op basis van fluorescentie indirect de fotosynthese meet. Ook de ontwikkeling van de WET meter is een grote stap vooruit ten opzichte van de tensiometer. Deze meet continu het Watergehalte, de EC en de Temperatuur van het teeltsubstraat.

Met de Plantivity wordt indirect de fotosynthese van het gewas gemeten. Deze meting wordt met een "softsensor" vertaald in droge stof groei per vierkante meter. Met de meter kan een schatting worden gemaakt van de groei van het gewas binnen de heersende groeiomstandigheden.

De doelstelling van dit project is het ontwikkelen van een teeltsturingssysteem, gekoppeld aan plantsensoren, met als hoofddoel gewasgroei en gewasontwikkeling bij Chrysant te optimaliseren en te komen tot een beter bedrijfsrendement.

Er wordt een methode ontwikkeld om grenswaarden vast te stellen voor temperaturen in de kas, in interactie met RV, lichtintensiteit en CO₂, ter bewaking van de teelt en als eerste aanzet voor een economische optimalisatie. De objectieve continue registratie van de plantvitaliteit maakt het de tuinder mogelijk om op het scherp van de snede te telen. Hij kan zelf waarnemen of een combinatie van factoren gunstig uitpakt of niet en dat is tevens de enige basis voor een goed bedrijfsrendement.

2 Plantsensoren

2.1 Plansensoren

Binnen het project zijn diverse plantsensoren betrokken. Dit zijn:

Ruimtetemperatuur en RV meetbox

De relatieve luchtvochtigheid en ruimtetemperatuur sensor is een elektronische sensor. De sensoren worden in een box geplaatst die voorzien is van een ventilator. De ventilator zorgt voor een constante luchtstroom in de box.

Parameters: temperatuur in graden Celsius en relatieve luchtvochtigheid in %

Temperatuur is nodig voor het bepalen van verdampingsdruk verschil (of enthalpie) van omgeving en plant.



Foto 1. Meetbox kasttemperatuur en RV

PAR sensor

PAR is de hoeveelheid "groei" licht die op een bepaald oppervlakte van het gewas valt. Het groeilicht wordt door een gewas gebruikt voor de fotosynthese. De PAR licht sensor kan meer informatie geven over de fotosynthese van het gewas. Bij te weinig PAR licht kan er onvoldoende fotosynthese plaatsvinden, waardoor de groei van het gewas stilstaat. Te veel straling is ook niet goed en kan leiden tot verbranding van het gewas. De PAR sensor wordt in de kas geplaatst bij het gewas. Zo is er een juiste registratie van licht dat het gewas ook ontvangt.

Parameter: PAR licht in micro $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$

Par is onontbeerlijk omdat het licht dat de plant ontvangt in veel gevallen de beperkende factor is. Dientengevolge is het raadzaam om deze meter in duplo te installeren. Wanneer er onverhoopte schaduwwerkingen optreden is er altijd een backup.



Foto 2. PAR licht sensor

CO₂ sensor

De elektronische CO₂ sensor maakt het mogelijk om CO₂ te meten tussen het gewas. Dikwijls hebben bedrijven wel een algemene CO₂ meting, maar is er weinig zicht in de CO₂

die bij de plant aanwezig is en hoeveel CO₂ is er nodig om het fotosynthese proces in evenwicht te houden.

Parameter: CO₂ gehalte in ppm (parts per million)

De CO₂ meter is onontbeerlijk daar bij een tekort aan CO₂ de basis voor de aanmaak van de suikers ontbreekt.



Foto 3. CO₂ opnemer

De infrarood temperatuur sensor

De infrarood temperatuur sensor kan de blad- of planttemperatuur meten. De sensor kan op een blad of vrucht worden gericht of in een hoek van maximaal 7 m² meten, zodat er een gelijkmatige meting van de temperatuur plaatsvindt. De sensor wordt in een metalen behuizing opgehangen en is spatwaterdicht. De sensor wordt op een beugel met draaibare kop gemonteerd.

Parameter: Planttemperatuur in graden Celcius

De planttemperatuur bepaalt o.a. de dampdruk in de plant. Om de VPD (vapour pressure deficit, zie paragraaf 2.3.) tussen plant en kas te berekenen is dit meetinstrument onmisbaar.



Foto 4. Infra Rood temperatuursensor (IR camera / Planttemperatuur meter)

Plantvitaliteits meter of plantivitemeter

De plantvitaliteitsmeter benadert de fotosynthese van het gewas. Deze meting wordt vertaald in droge stof groei per vierkante meter. Met de meter kan een registratie plaatsvinden over hoe het gewas zich ontwikkelt binnen de groeiomstandigheden.

Parameter: fotosynthese in gram droge stof/m² blad

Hoe efficiënt het licht voor de fotosynthese wordt gebruikt, wordt indirect gemeten met de fluorescentiemeter. Licht wordt nooit 100% voor de fotosynthese gebruikt. Een deel wordt omgezet in warmte en een deel weer uitgezonden als licht (fluorescentie). Dit fluorescentie licht meet de fluorescentiemeter. Bij laag licht en geen stress van de plant is de fluorescentie relatief laag en bij verzadigd licht is de fluorescentie maximaal. Het verschil onder lichte omstandigheden in de kas (PAR Pam) en bij verzadigd licht (= lichtflits van de fluorescentiemeter) is een maat voor hoe efficiënt het licht voor de fotosynthese wordt gebruikt onder kasomstandigheden. De fluorescentie van het licht is dus een maat voor de fotosynthese: hoe meer reflectie, hoe minder de relatieve fotosynthese. Als er veel licht is, wordt er meestal veel gereflecteerd en gaat de efficiëntie van het licht voor de fotosynthese dus omlaag maar kan de absolute fotosynthese toch redelijk hoog zijn. De hoeveelheid licht is dus belangrijk. Deze wordt door de plantivitemeter zelf gemeten. Dit gebeurt door de hoeveelheid licht die op een wit meetvlak valt, die op de bladhouder is gemonteerd, te registreren. Deze lichthoeveelheid wordt weergegeven in PAR Pam ($\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$).

De fluorescentie wordt gebruikt als input voor de softsensor. Dit is een model, waarmee de uiteindelijke fotosynthese in gram droge stof per m² wordt berekend. In het model wordt ook rekening gehouden met de invloed van licht, CO₂ en de VPD op de uiteindelijke fotosynthese. Deze parameters zijn gewasafhankelijk en moeten voor ieder gewas dus apart bepaald worden. Binnen het project is voor chrysant een dergelijk 'plantenpaspoort' gemaakt in samenwerking met Plant Dynamics.

Deze meter kan goed fungeren als controle instrument voor modellen waarbij gebruik gemaakt wordt van voorspellingen op basis van omgevingsfactoren.



Foto 5. Plantivity meter

Wet sensor

De wet sensor is een instrument dat inzicht geeft in de waterhuishouding bij de wortels van het gewas. De wet sensor wordt in de grond gestoken en meet via elektronische signalen drie relevante gegevens:

- EC ofwel zougehalte in mS/cm
- vochtgehalte (0-100%)
- temperatuur in °C

De wet sensor wordt softwarematig gekalibreerd en kan daarom in vele bodem- en substraat-soorten worden geplaatst zoals: steenwol, veengrond, volle grond, potgrond of kokos. Binnen het Chrysanten project is het in wet sensor geplaatst in de volle grond.



Foto 6. WET-sensor

2.2 Meetset Growlab

Binnen het onderzoek is gebruik gemaakt van twee uitgebreide meetsets (Growlabs). Een meetset is uitgerust met:

- 1 ruimte temperatuur meter gecombineerd met een relatieve luchtvochtigheidsmeter,
- 1 CO₂ meter,
- 1 Plantivity meter met ingebouwde PAR-licht sensor,
- 2 PAR-licht sensoren
- 1 Bladtemperatuur meter.
- Wet meter. Deze bestaat uit:
 - 1 Worteltemperatuur meter
 - 1 EC meter
 - 1 vochtgehalte meter substraat

2.3 Berekende waarden vanuit de sensormetingen

Naast het puur meten van de parameters door de sensoren, zijn er ook diverse berekeningen van de gemeten waarden gemaakt.

Met de meting van de kasttemperatuur en RV:

- De dauwpuntstemperatuur
Als de kasttemperatuur en RV bekend zijn, kan berekend worden bij welke temperatuur de RV 100% zal zijn, dus waarbij het vocht in de lucht gaat condenseren. Deze parameter is vooral interessant als ook de planttemperatuur bekend is. Indien de planttemperatuur onder de dauwpuntstemperatuur komt, dan condenseert er vocht op het gewas. Dit geeft grote risico's op Japanse Roest of *Botrytis*.

Met de planttemperatuurmeter:

- De VPD (vapour pressure deficit, of dampdrukverschil) eenheid: kPa.
De VPD geeft het drukverschil tussen de lucht in de huidmondjes en de lucht rondom het blad weer. Hoe hoger dit verschil, hoe hoger de verdampingscapaciteit is. De planttemperatuur bepaald de dampdruk in de huidmondjes, waarbij de RV in de huidmondjes op 100% wordt gesteld. De kasttemperatuur en RV van de meetbox in de growlab-set bepalen de dampdruk van de lucht rondom het blad. Als streefwaarde wordt veelal een VPD tussen de 0,5 en 1,2 kPa aangehouden. Onder de 0,5 kan de plant bijna niet verdampen, boven de 1,2 gaat de verdamping sneller dan de plant vocht kan opnemen. De plant zal ter bescherming dan zijn huidmondjes gaan sluiten, waardoor er minder CO₂ kan worden opgenomen.

Met de plantivymeter:

- Fm Maximale fluorescentie in de nacht (nulmeting, bladkwaliteit).
In jong blad neemt Fm toe. Tijdens meetperiode moet Fm constant blijven. Bij afname Fm (>10%) moet de Plantivity verzet worden naar een nieuw blad. Het omzetten naar een nieuw blad moet minimaal 1 maal per week aan het einde van de dag plaatsvinden.
- Fm' Maximale fluorescentie overdag (dit is dezelfde lijn als de Fm lijn).
- F0 Actuele fluorescentie (de plant kan dit licht niet omzetten in assimilaten = suikers).
- Yield (= Rendement) (Fm-F0)/Fm
Bij overmaat aan licht gaat het rendement naar beneden door een toename van F0 maar de assimilatie kan toch omhoog gaan. Dit komt doordat de hoeveelheid benut licht toeneemt (zie begrip "Benut licht"). Rendement 's nachts ligt tussen de 0,7 en 0,8. Overdag neemt rendement af omdat het licht toeneemt. Een streefwaarde voor overdag is moeilijk te geven omdat dit afhankelijk is van de hoeveelheid PAR.
- Benut licht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) = Gemiddelde PAR*Yield
- NPQ Non Photochemical Quenching (lichtbelasting of plantenstress)
= (Fm-Fm')/Fm'
= energie welke gebruikt wordt voor niet fotosynthetisch gerelateerde processen.
Richtlijn voor NPQ is maximaal 1 a 1,2. Uitschieters zijn niet erg maar niet continue op 2 houden. Bij een NPQ van 1 heeft de plant 50% van z'n fotosystemen uitgeschakeld omdat hij het opgenomen licht niet om kan zetten in groei. Wordt de NPQ hoger dan 1 dan schakelt de plant steeds meer fotosystemen uit. Dit doet hij om zichzelf te beschermen. De fotosystemen die hij wel gebruikt moeten steeds harder gaan werken. Het is te vergelijken met een toerenteller. Boven de 1 begint het rode gebied. Een poosje kan je hierin rijden maar continue in het rood rijden gaat ten koste van de levensduur van de motor.
- Geavanceerde assimilatie
= Berekende opgenomen $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{blad.seconde}$

De berekende assimilatie is gebaseerd op een model waarin het rendement van de fotosynthese, planttemperatuur, CO₂ concentratie, hoeveelheid PAR en VPD zit. 10 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2$ blad/seconde levert per uur 1 gram droge stof per vierkante meter blad. Deze factor van 10 is een gemiddelde voor de gewassen die in de kas geteeld worden. Voor bijvoorbeeld cactussen is dit getal veel hoger. Globaal bestaat elke gram droge stof uit 0.456 gram koolstof. Het droge stofgehalte van chrysant is ongeveer 11%.

3 Materiaal en methode Praktijkmonitoring

3.1 Opzet en uitvoering praktijkmonitoring

De praktijkmonitoring vond plaats op 10 praktijkbedrijven. De bedrijven zijn zodanig gekozen dat ze allemaal een redelijk moderne bedrijfsuitrusting hebben en dus goed met elkaar vergelijkbaar waren. Verder is er rekening gehouden met een zekere spreiding over de regio's in Nederland en zijn er telers gezocht die ook zelf geïnteresseerd zijn in dit soort technische ontwikkelingen. In de bijlage 1 staat een lijst met deelnemende bedrijven.

Binnen het project waren twee Growlabs-sets beschikbaar. Eén Growlab is te beschikking gesteld door Hoogendoorn Automatisering. Er is voor gekozen om deze twee Growlabs te laten rouleren over de bedrijven waarbij de apparaten steeds ongeveer een maand op hetzelfde bedrijf bleven staan. In de onderzoeksperiode hebben alle deelnemende bedrijven 2 keer een Growlab op hun bedrijf gehad.

De Growlabs zijn gemonteerd aan zgn. mono-rail haken (zie foto hieronder). Dit had de voorkeur boven het alternatief vastklemmen aan een kaspoot. Het verplaatsen van de set en het instellen op de juiste hoogte gaat hiermee makkelijker.



Foto 7. Growlab opstelling in een Chrysanten gewas

De data-uitwisseling vond plaats via Letsgrow. Dit is een bedrijfsvergelijkings-systeem waarbij o.a. gegevens vanuit klimaatcomputers én van apparaten zoals Growlabs in een centrale database terechtkomen, waarna deze gegevens goed en eenvoudig (o.a. in grafiekvorm) naast elkaar gezet kunnen worden.

Hiertoe hebben de deelnemende bedrijven een abonnement op Letsgrow afgesloten. De deelnemers met een klimaatcomputer van het merk Priva hadden daar nog een zogenaamde rapportgenerator voor nodig, die door Priva tijdelijk voor de deelnemers beschikbaar gesteld is. De situatie tijdens het onderzoek was dus als volgt:

- vanuit de klimaatcomputers van de 10 deelnemende bedrijven werden continu 5 minutenwaardes naar Letsgrow verzonden van:
 - 2 klimaatgroepen, diverse gegevens
 - buitenomstandigheden
 - energievoorzieningVoor een complete lijst van verzamelde gegevens: zie bijlage 2.
- Via een GSM verbinding op de Growlabs werden 5 minutenwaardes van de sensoren op de Growlab ook naar Letsgrow gestuurd. Dit betrof:
 - luchttemperatuur
 - RV
 - CO₂
 - PAR licht, 2 metingen per Growlab
 - Planttemperatuur
 - Plantivity-fluorisentiëreactie
 - Watergehalte
 - EC
 - Temperatuur van de grond
- Op basis van de metingen vanuit de Growlabs werden in de database van Letsgrow vervolgens modelberekeningen uitgevoerd, die dan onderstaande gegevens opleverde:
 - VPD (vochtdeficit tussen plant en lucht)
 - Dauwpunttemperatuur
 - Lichtbelasting
 - Fotosynthese-rendement
 - Plantivity-rendement.
- De adviseurs en onderzoekers van DLV Plant alsmede ook de 10 deelnemende bedrijven konden via het systeem van Letsgrow de gegevens van de 10 klimaatcomputers en van de 2 Growlabs bekijken, vergelijken en analyseren. Via mail en internet, alsmede tijdens groepsbijeenkomsten is er veel aandacht besteed aan uitwisseling van en discussie over de interessante punten, die uit de waarnemingen en gegevensuitwisselingen naar voren kwamen.

3.2 Waarnemingen en verslaglegging

Via het grafieken- en data-analyse-systeem van Letsgrow konden de gegevens van de klimaatcomputers van de 10 deelnemers en de 2 Growlabs bekeken en geanalyseerd worden. Hiertoe zijn er een aantal standaard grafiekensets samengesteld.

Per deelnemend bedrijf:

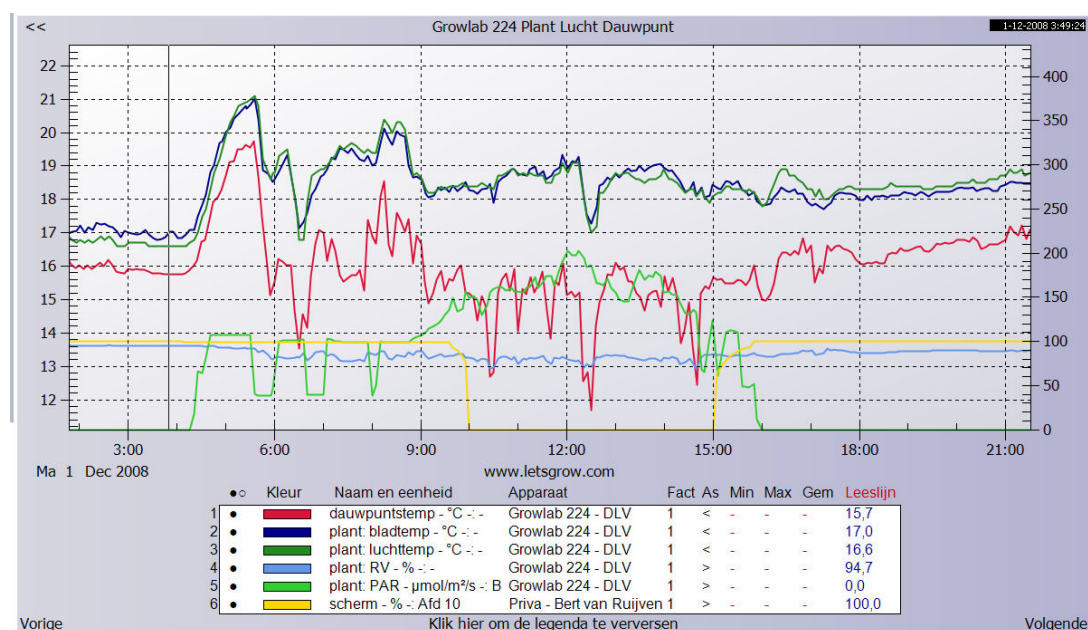
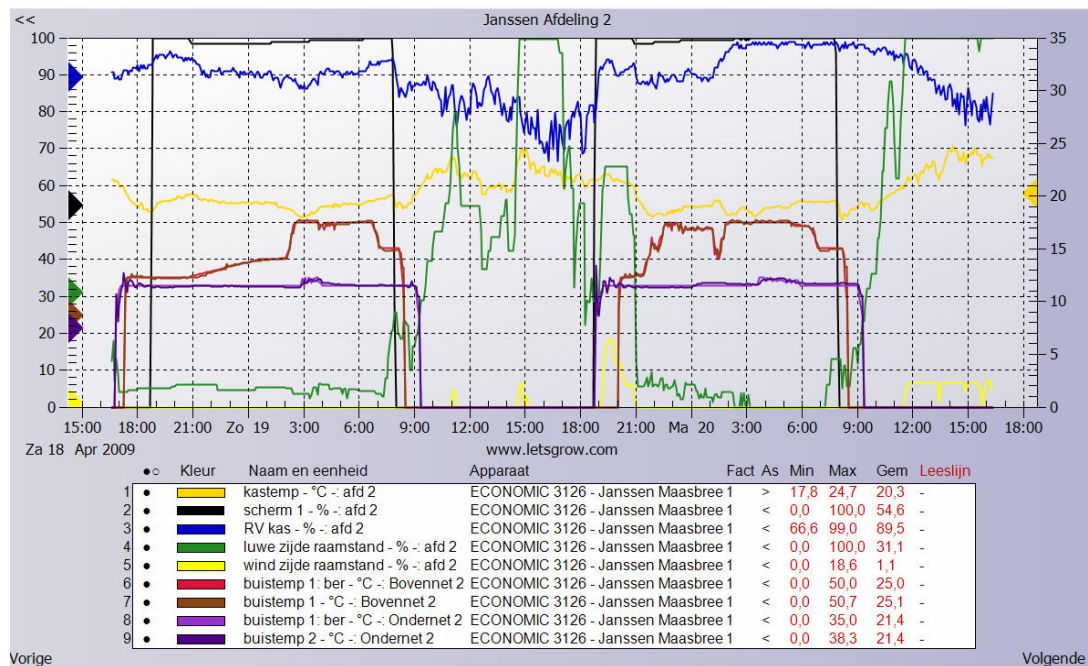
- 2 grafieken van beide klimaatafdelingen die in het systeem meedraaiden,
- een grafiek van de meteo-data en
- een grafiek van de situatie qua energie. Buffervulling, branderstanden, en gasverbruik.

Per Growlab:

- grafiek met straling en PAR gegevens,
- plantivity-gegevens,
- relatie bladtemperatuur t.o.v. luchttemperatuur en dauwpunt,
- blad/luchttemperatuur t.o.v. VPD en
- gegevens van de WET meter.

Deze grafieken werden wekelijks door medewerkers van DLV Plant geanalyseerd. Opvallende zaken werden via mail en internet aan de deelnemers van de groep uitgewisseld en ter discussie gebracht. Voor de internet-uitwisseling is er op het hoofdportal van www.chrysantnet.nl een forumgroep aangemaakt, waarbinnen de 10 deelnemers van de plantensensorengroep informatie konden uitwisselen en bediscussiëren. De deelnemers kregen dus van de medewerkers DLV Plant en van elkaar feedback op hun klimaatinstellingen.

Hieronder volgen twee voorbeelden van de gebruikte grafieken. In hoofdstuk 4 staan een aantal opmerkelijke zaken uit de praktijkmonitoring die nader toegelicht worden.



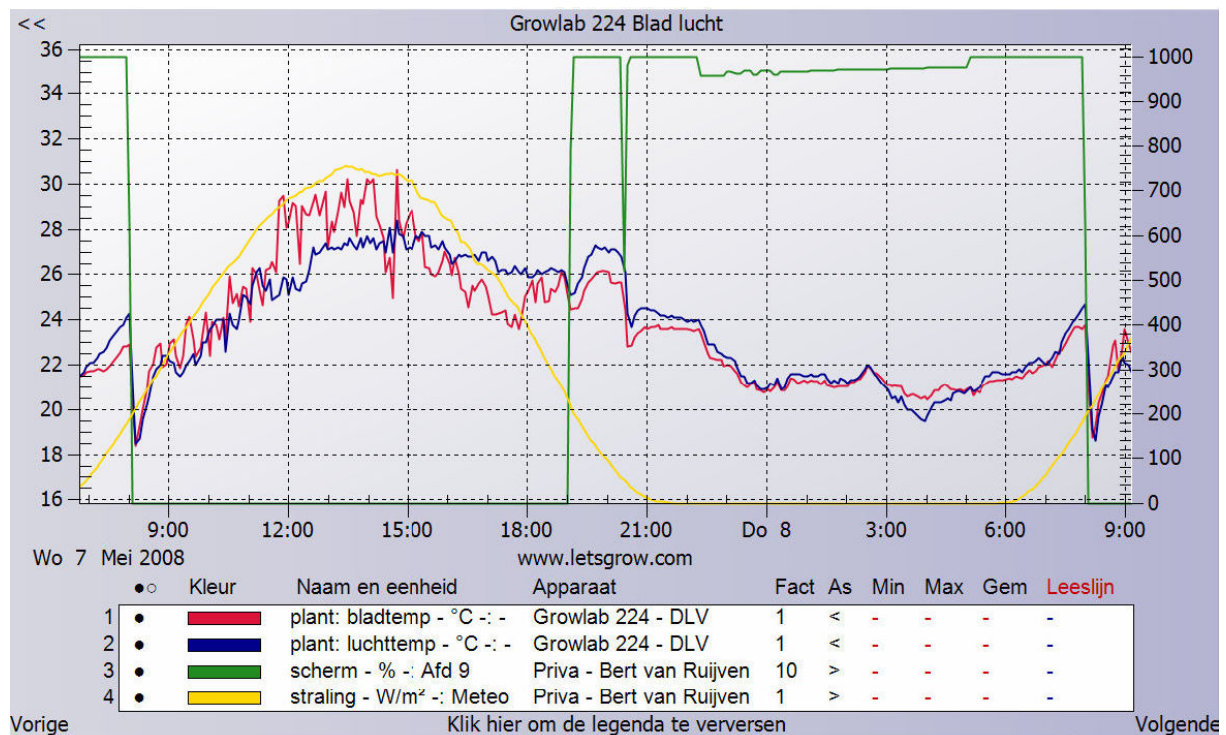
Figuur 1a en 1b.

Voorbeeld figuren zoals toegepast tijdens het project

4 Resultaten Praktijkmonitoring

4.1 Planttemperatuur

Hieronder volgt een voorbeeld van een grafiek met daarin de blad- en luchttemperatuur van 7 mei 2008.



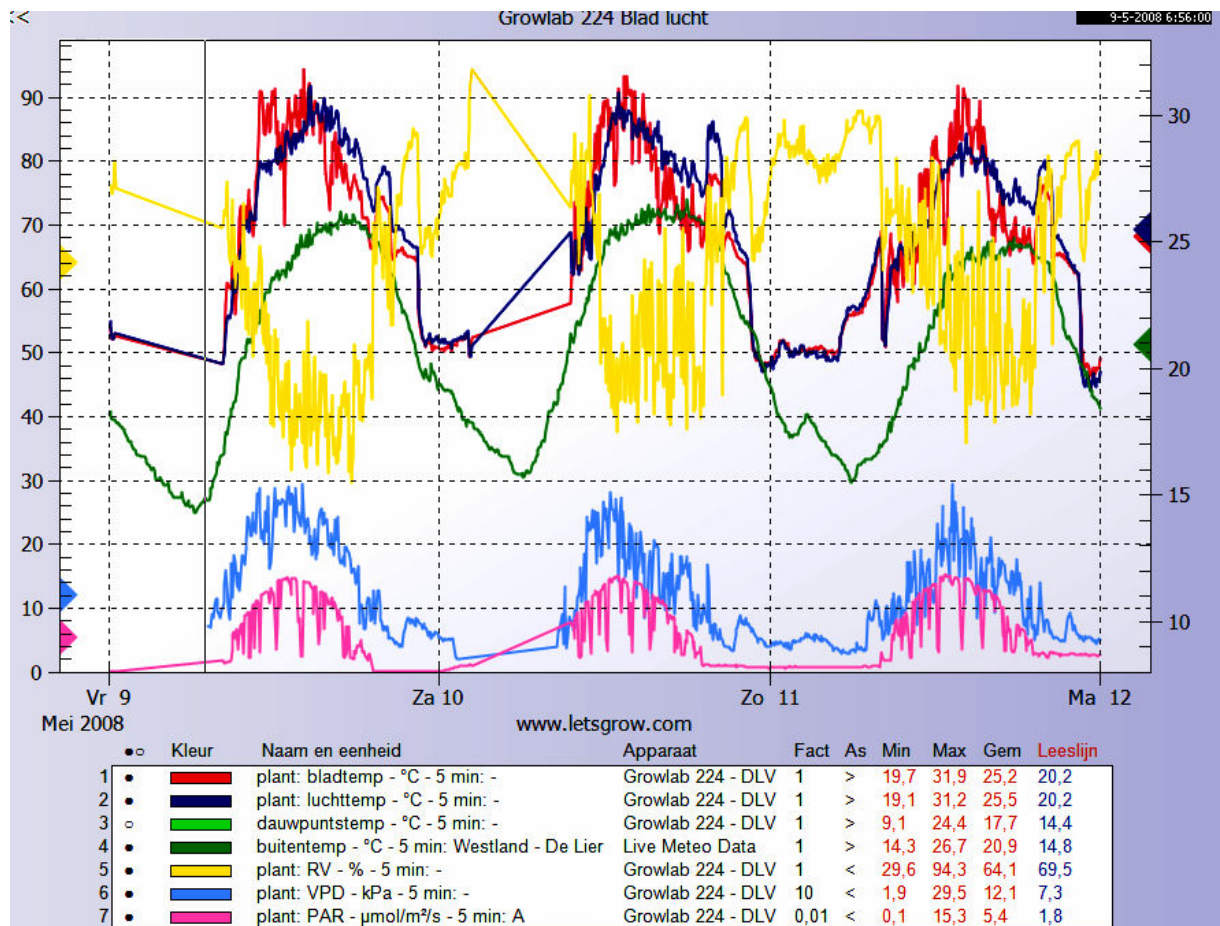
Figuur 2. Blad- en luchttemperatuur op 7 mei 2008

- 's nachts ligt de bladtemperatuur steeds 0,2 tot 0,5 °C onder de luchttemperatuur. Dit is logisch verklaarbaar doordat het gewas 's nachts een klein beetje verdampt en daardoor wat warmte verliest.
- Overdag zorgt de instraling voor opwarming van het blad waardoor deze op of boven de luchttemperatuur uitkomt. In de periode met zonnig en schraal weer (begin mei 2008) komt bladtemperatuur nauwelijks boven de luchttemperatuur uit tot een instraling van 600 W/m² straling buiten. Bij meer dan 600 W/m² is blijkbaar de koelende capaciteit van de verdamping niet genoeg om de opwarming te compenseren.
- Na 15.00 uur, als de instraling weer onder de 600 W/m² zakt, is het opvallend dat de bladtemperatuur weer zakt tot zelfs ruim onder de luchttemperatuur. De koelcapaciteit van het verdampende gewas is dan blijkbaar erg groot. Het gaat op dat moment dus uitstekend met het gewas.
- Op dagen met een hogere luchtvochtigheid dan begin mei, zien we andere reacties. Opvallend is dan dat het punt waarbij de bladtemperatuur wegloopt bij de luchttemperatuur bij een veel lager stralingsniveau ligt (ca 200 W/m²). Dit is te verklaren door het feit dat bij een hogere RV het gewas minder makkelijk kan verdampen en dus minder makkelijk kan koelen.

- In de grafiek is ook het effect van een flitskier (korte kier in het verduisteringsdoek) op de kas- en planttemperatuur goed te zien. De flitskier komt er om ongeveer 20.30 uur in. De kastemperatuur reageert iets eerder op de koelere lucht aanvoer dan de planttemperatuur, maar het verschil is niet klein. Uiteindelijk daalt de temperatuur voor beiden met ongeveer 3°C.

4.2 Broezen

Er zijn wat experimenten met broezen uitgevoerd. Per 15 minuten is een korte gietbeurt met de regenleiding gegeven van 4 seconden. In onderstaande figuur zijn 3 zonnige dagen in mei 2008 met ongeveer dezelfde buitentemperatuur en een lage buiten RV weergegeven. Op 9 mei is er niet gebroesd, op 10 en 11 mei wel.



Figuur 3. Klimaat op 9, 10 en 11 mei 2008

De gemiddelden tussen 9.00 uur en 18.00 uur van de verschillende parameters zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Gemiddelden tussen 9.00 uur en 18.00 uur van de verschillende parameters

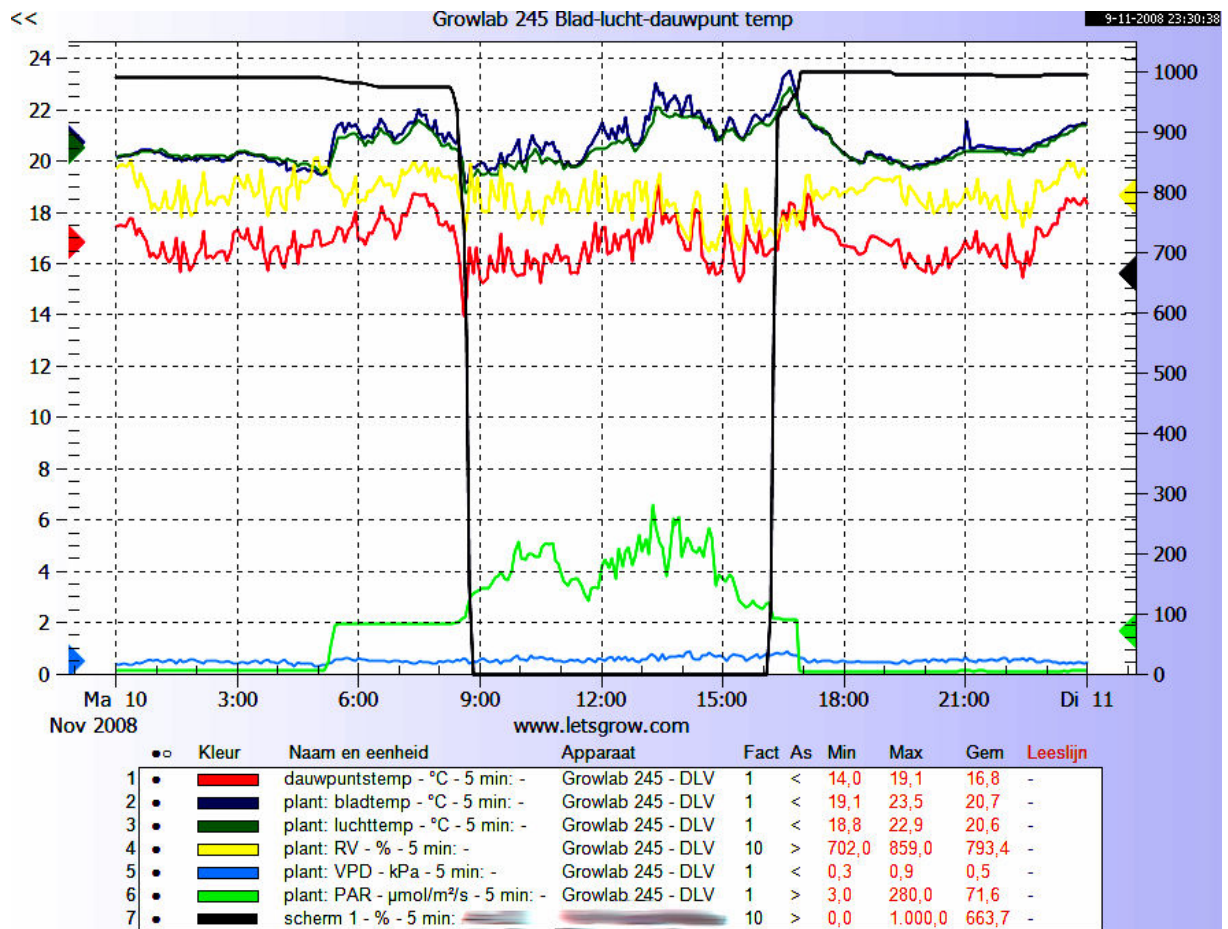
datum:	buitentemp. °C	PAR μmol/m ² /s	kastemp. °C	planttemp. °C	RV %	VPD kPa
9-5-2008	23,8	964	28,3	28,4	47%	2,1
10-5-2008	24,7	974	28,1	27,8	56%	1,7
11-5-2008	22,8	1037	26,9	26,9	58%	1,5

Meest opvallend is de hogere RV en daardoor lagere VPD op de dagen wanneer er wel gebroesd is. Bij een VPD boven de 1,5 heeft een gewas normaal gesproken problemen om de verdamping bij te houden. Door het broezen wordt deze stress-situatie voor een groot deel weggenomen. Het effect op kas- en planttemperatuur is moeilijker te meten, maar het is wel opvallend dat de kas- en planttemperatuur op 10 mei lager zijn dan op 9 mei, terwijl de gemiddelde buitentemperatuur hoger was. Het is echter in deze praktijkproef niet zo, dat door broezen de planttemperatuur ten opzichte van de kastemperatuur lager komt te liggen.

4.3 Dauwpuntstemperatuur

De dauwpuntstemperatuur in combinatie met de planttemperatuur kan in theorie een goede indicator zijn of er risico op natslaan van het gewas, dus problemen met bv Japanse roest, te verwachten zijn.

Tijdens de hele periode dat er op de bedrijven gemeten is, is het opvallend weinig voorgekomen dat de planttemperatuur onder de dauwpuntstemperatuur kwam. Dit komt overeen met de stelling, dat problemen met Japanse Roest de laatste jaren vooral veroorzaakt worden door technische storingen of problemen met de warmtevoorziening, in plaats van door de reguliere klimaatregeling. Toch zijn er wel interessante ervaringen opgedaan. In onderstaande grafiek is een voorbeeld van hoe de kas, plant en dauwpunttemperaturen reageren op een aantal cruciale momenten die op een dag optreden. Het gaat om een herfst dag, 10 november 2008. Belangrijke momenten zijn dan het aangaan van de assimilatiebelichting in de ochtend, het openlopen van het doek een paar uur later en het dichtlopen van het doek in de namiddag.



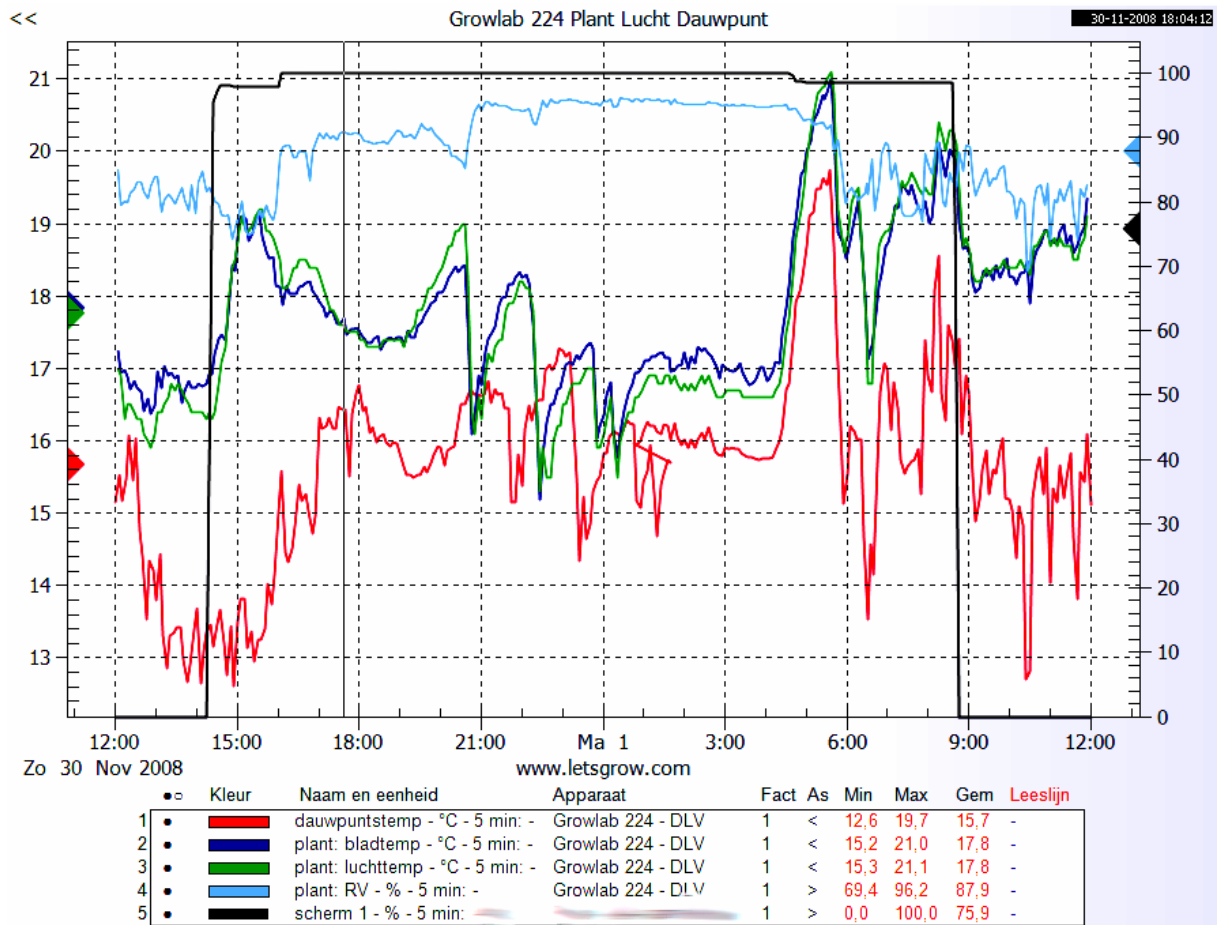
Figuur 4. Klimaat op 10 november 2008

's Ochtends in de 'licht aan onder doek'-periode zakt door het dalen van de RV het dauwpunt weg bij de blad-luchttemperaturen. Hierdoor is er een goede 'marge' om geen condensatie onderin het gewas te krijgen.

's Middags wordt het schermdoek op energiedoekregeling vanaf 16.15 uur in stappen gesloten en begint het licht vanaf 16.50 uur af te schakelen. Om 16.55 uur is het licht uit en het doek ook dicht. Opvallend is dat de bladtemperatuur oploopt vanaf het moment dat het doek gedeeltelijk dicht is. De meest logische verklaring hiervoor: de 'uitstraling' naar de koude hemel/buitenlucht stopt na het sluiten van de 'carport', terwijl de lampstraling wel doorgaat met het opwarmen van het blad.

Een andere verklaring kan de volgende zijn. Door het sluiten van het scherm wordt de verdamping op een of andere manier minder. Hierdoor wat minder koelend effect, waardoor de bladtemperatuur iets oploopt. In ieder geval, op deze manier is er een regeling waarbij condensatie op de kop van het gewas bij het dichtlopen van het doek goed tegengegaan wordt.

Een voorbeeld van de gevolgen van een technische storing is weergegeven in de volgende grafiek. Dit was een WKK storing, waarbij de lampen een aantal keren aan en uit gingen. De kas- en planttemperaturen gaan hierdoor flink fluctueren. De temperatuur daalt een aantal keren zodanig, dat de planttemperatuur onder de dauwpunttemperatuur komt. Gevolg: kans op condensatie.

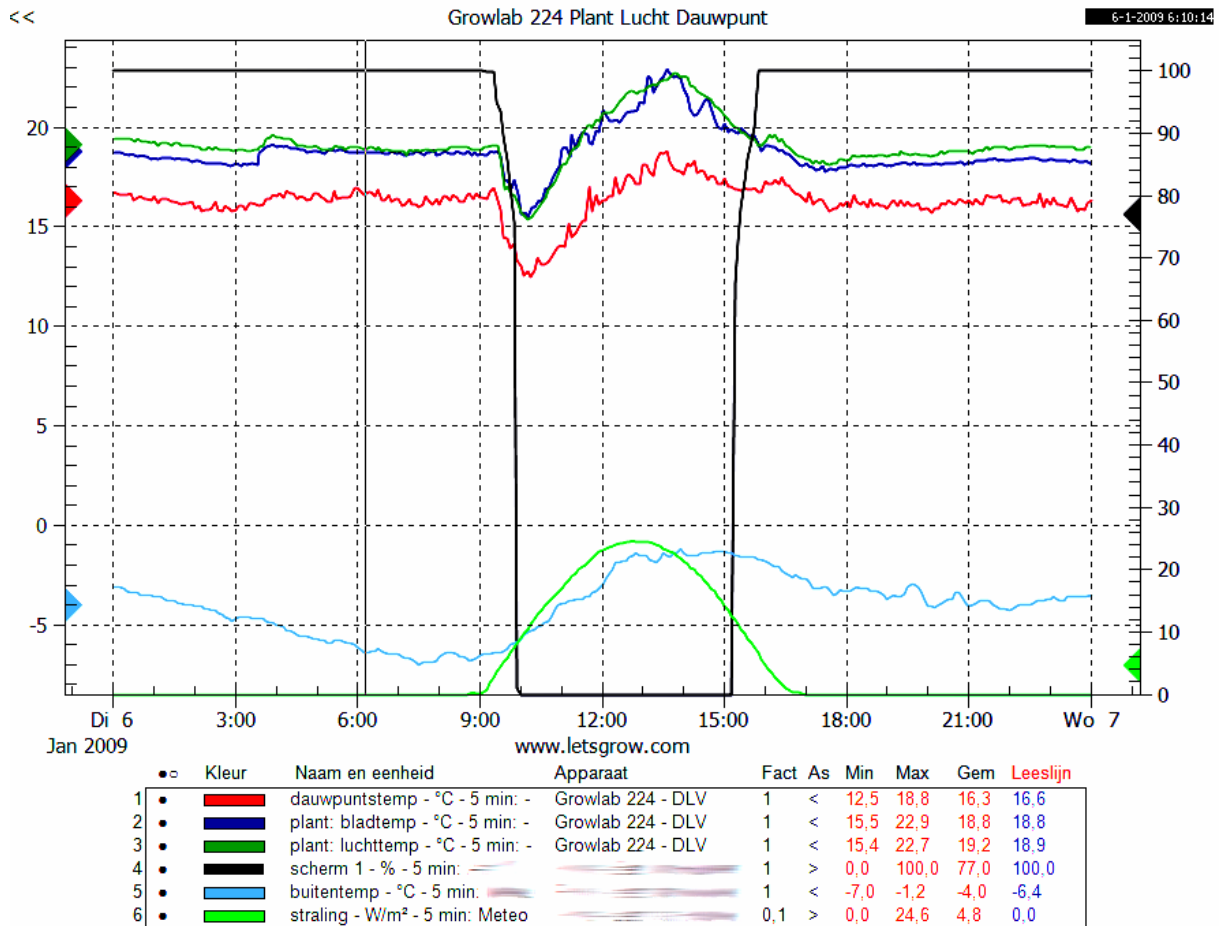


Figuur 5. Klimaat op 30 november 2008

4.4 Temperatuurverloop bij vorst

In de eerste weken van januari 2009 was er een korte vorstperiode. Het is interessant om te zien hoe hier door deelnemers om werd gegaan en wat dit voor gevolgen had voor het klimaat. In onderstaande grafiek is te zien dat er bij deze winterse omstandigheden geen problemen waren met de dauwpuntstemperatuur.

Meer opvallend is de regeling van het verduisteringsdoek en de reactie van de temperatuur hierop.



Figuur 6. Klimaat op 6 januari 2009

In de ochtend gaat het schermdoek open bij een lage buitentemperatuur (-6°C) en weinig licht (60 Watt/m^2). Gevolg is, dat de temperatuur wegzakt naar bijna 15°C . In de middag gaat het doek vroeg dicht, bij een buitentemperatuur van -1°C en een buitenstraling van 140 Watt/m^2 . De temperatuur in de kas is dan nog 20°C .

Leerpunten hieruit zijn:

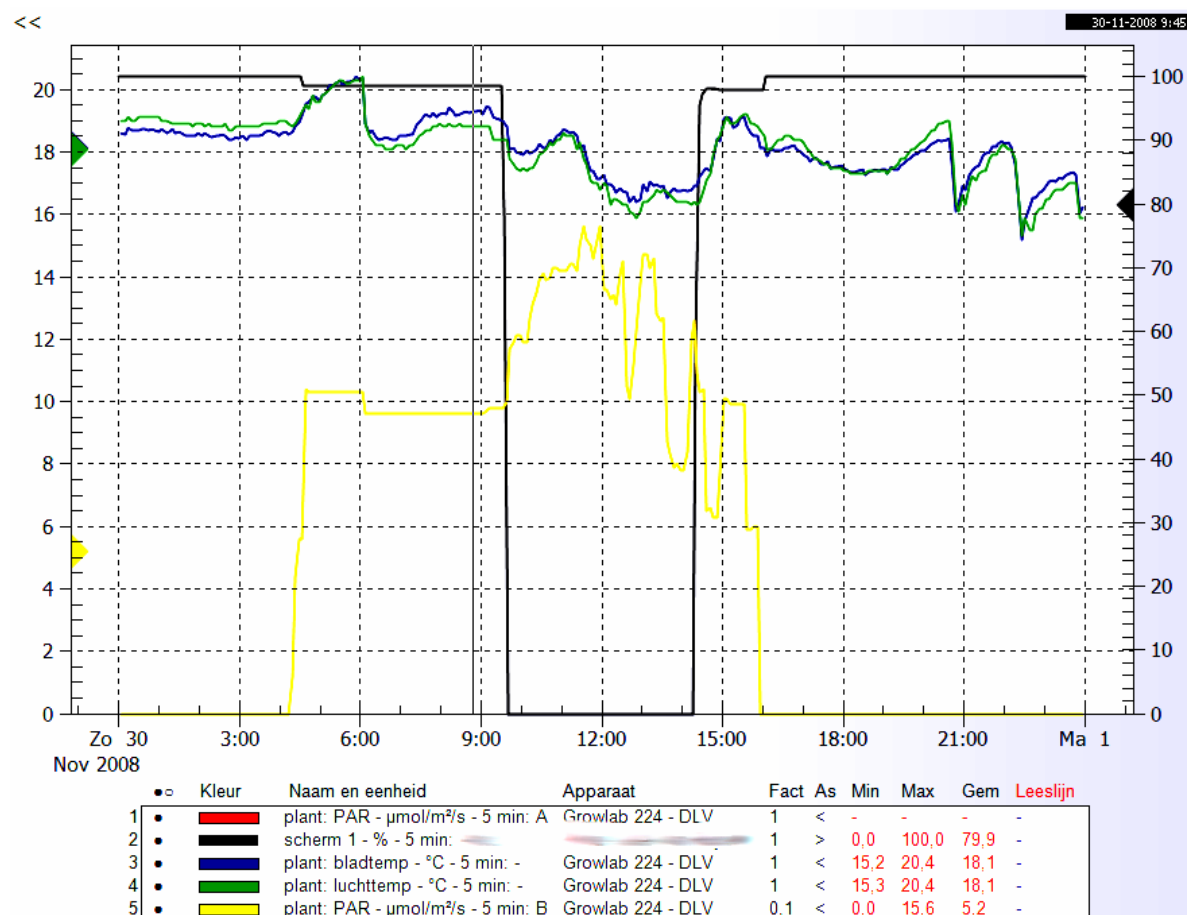
- Het 'warmte'vermogen van zonne-instraling van 130 tot 140 W/m^2 is zodanig dat de kas ervan op temperatuur gebracht wordt, ook bij een paar graden vorst.
- 's ochtends het doek niet te vroeg openen. Wachten tot de instraling hoog genoeg is, zodat er voldoende warmtebijdrage is.
- 's middags het doek niet te snel dichtdoen bij zonnig weer. Zonde om dat licht en die warmtebijdrage weg te schermen.
- De 'schakelniveau's' qua instraling moeten bij het openlopen hoger staan dan bij het dichtlopen. Redenen: 's ochtends ligt er nog ijs op het dek. Dat moet eraf dooien en het is goedkoper om de zon dit te laten doen. Daarnaast is het 's middag normaal gesproken niet zo koud buiten.

4.5 PAR-licht

Door de monitoring is in de dagen van begin mei goed zicht verkregen op het effect van Reduheat. Twee bedrijven binnen de groep hebben dat er in dikte 1 op 5 op het dek zitten. De data uit de klimaatcomputers tussen de deelnemers liet zien dat in begin mei-omstandigheden de temperatuurreductie van Reduheat ongeveer 4°C is, of in verhouding minder hoeven luchten etc. Er is ook een inschatting gemaakt van het lichtverlies. Zonder Reduheat was de maximum PAR meting 1400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Met reduheat was het PAR-maximum 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Dit zou betekenen dat er door het Reduheat op dat bedrijf 29% PAR-licht weggeschermd wordt. Qua temperatuurmetingen is geconstateerd dat op het reduheat bedrijf de bladtemperatuur begin mei gelijk bleef met de luchttemperatuur.

4.6 Lichtreflectie tegen de padgevel

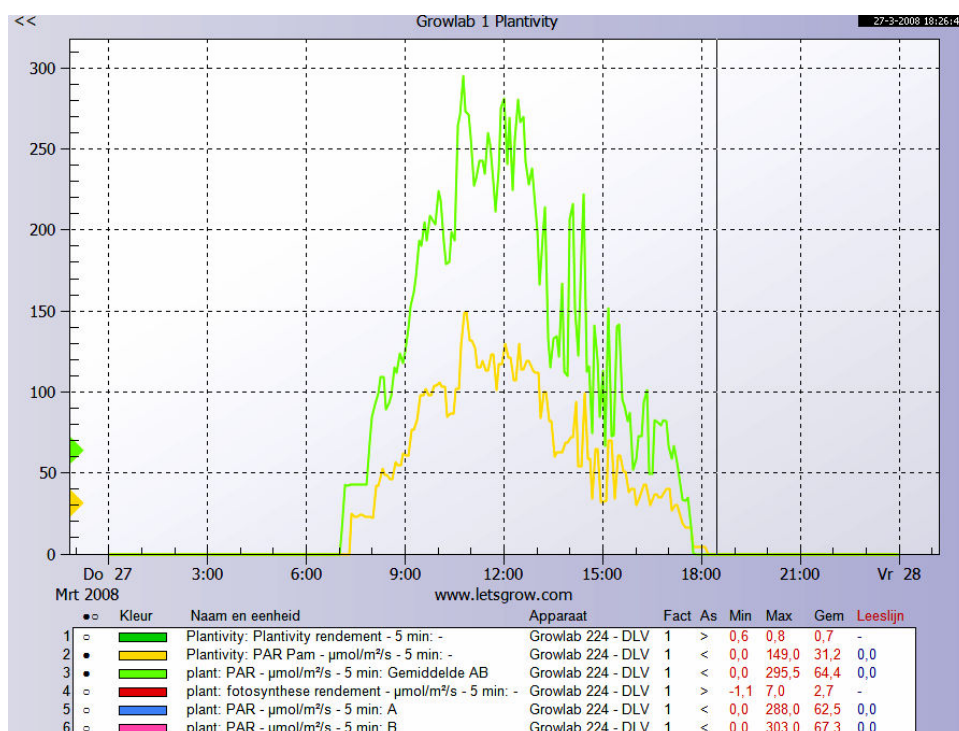
Op een van de bedrijven was in het belichtingsseizoen te zien dat iedere ochtend om 6.00 uur de PAR lichthoeveelheid terugzakt van 108 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ naar 102 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Tegelijk zakt ook de temperatuur met 1 tot 2°C. Dit laat onderstaande grafiek zien. De oorzaak hiervan is zeer waarschijnlijk dat het padgeveldoek om 6.00 uur openloopt. De weerkaatsing van het licht tegen de witte gevel valt weg en er stroomt koude lucht uit de koude sluis van het pad het vak in. De Growlab hangt in dit geval 1 poot van het pad vandaan.



Figuur 7. Klimaat op 30 oktober 2008

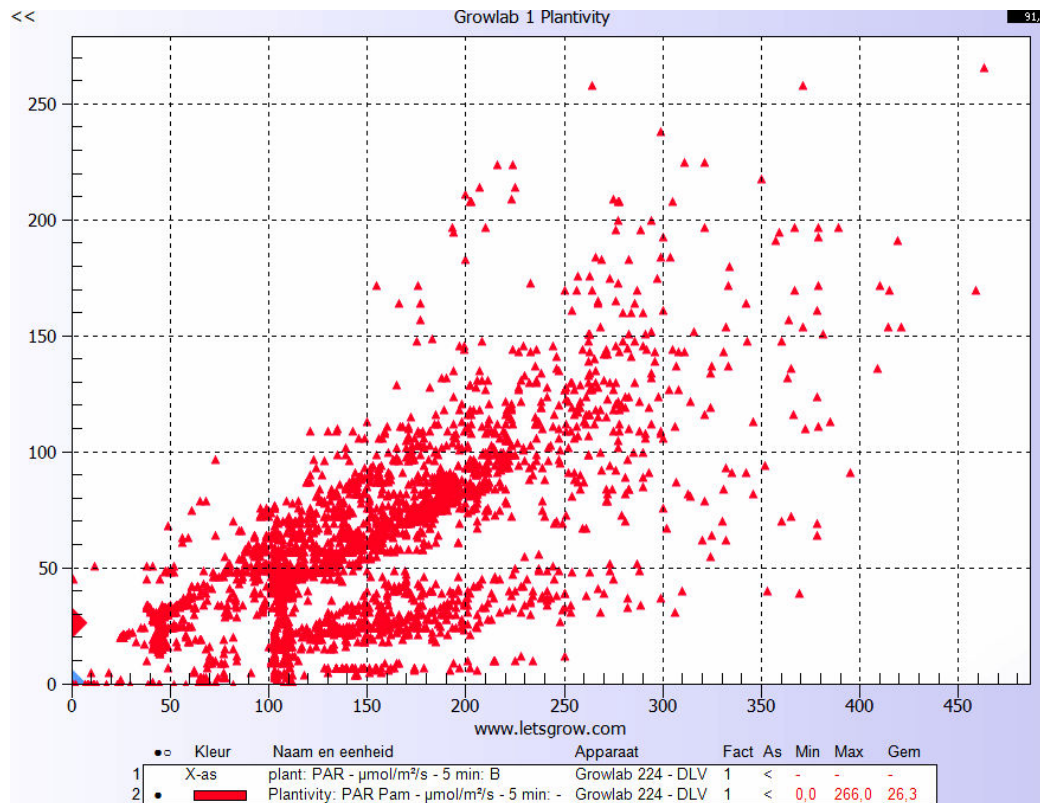
Belangrijkste leerpunt hierbij is dat witte gevels de hoeveelheid assimilatielicht verhogen op het gewas en dus beter het gevelschem niet eerder opendoen dan nodig is. Dit geldt dan voor de witte buitengevelsdoeken. De koude lucht uit de sluis van het pad is ongewenst. De planten in de eerste meters vanaf het pad worden het eerst koud en warmen hierna snel weer op door de belichting. Dit geeft kans op Japanse Roest. De padgevels kunnen dus beter direct vanaf het moment dat de lampen aan gaan geopend worden.

4.7 Metingen GrowWatch



Figuur 8. Verschillen PAR PAM en PAR meting

Voor de metingen van de plantivity wordt uitgegaan van de PAR PAM. Deze zit op bladhoogte en geeft veelal lagere waarden aan dan de 2 PAR lichtmeters (zie figuur 8) die boven het gewas hangen. In figuur 9 is de relatie weergegeven tussen de PAR PAM en het PAR licht in de periode van 30 november 2008 tot en met 3 januari 2009. De bijbehorende vergelijking is hierbij ook weergegeven. Gemiddeld wordt er een PAR Pam gemeten die meer dan 50% lager is dan PAR meting. De plantivity sensor, die aan een chrysantenblad gekoppeld moet zijn, ondervindt het handicap dat het chrysantengewas erg snel in lengte groeit. Al na een paar dagen wordt het blad met het meetpunt overgroeit en in de schaduw gezet. Vrij vaak moet er dan een nieuw blad op de plantivity gezet worden. Door de snelle groei en het vaak verwisselen kan verstoring optreden van de metingen. Het juist aanbrengen van de plantivity en interpretatie van de gegevens vergt dus de nodige ervaring.

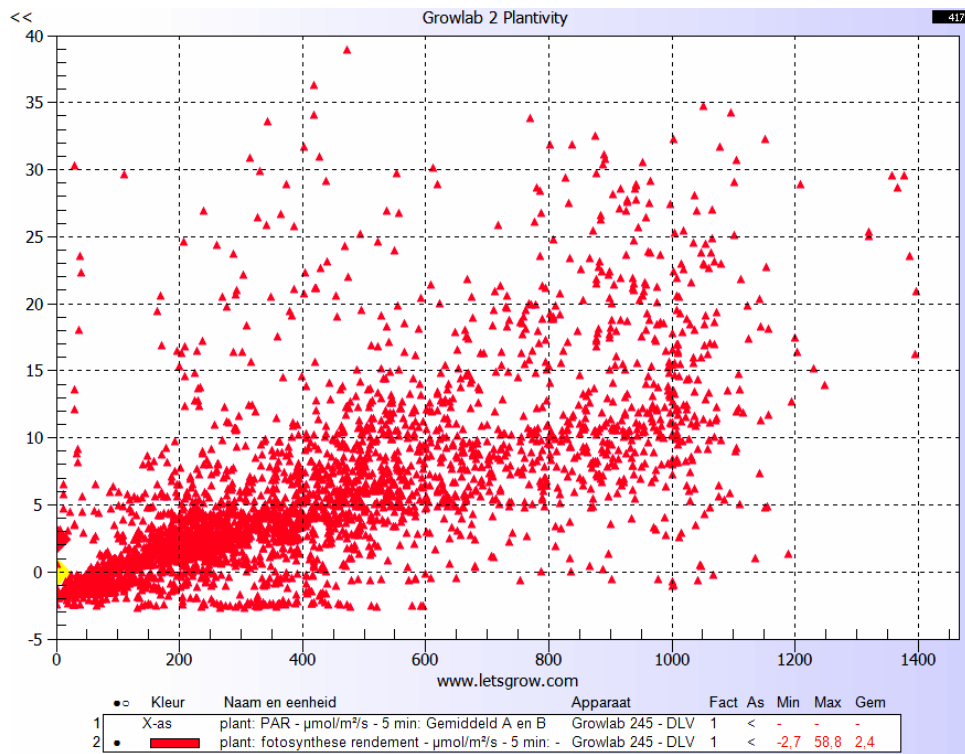


$$y = 0.3833x + 0.5078$$

$$R^2 = 0.7458$$

Figuur 9. Relatie PAR Pam en PAR licht

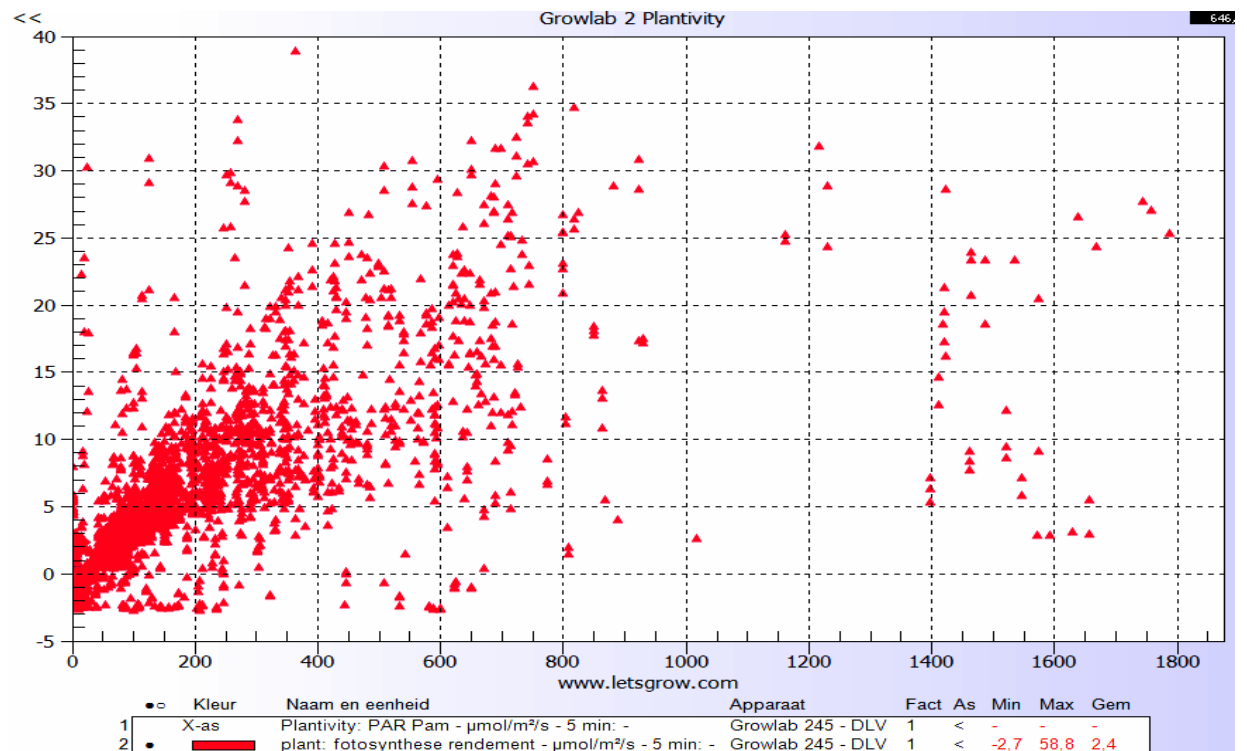
Licht blijkt een zeer belangrijke factor voor de fotosynthese van Chrysant. In figuur 10 en 11 is de relatie tussen weergegeven tussen de fotosynthese en het PAR-licht en de PAR-PAM. Duidelijk is te zien (figuur 11) dat bij hele hoge instraling (1400 tot aan 1800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) de fotosynthese niet altijd evenredig meeloopt. Dit komt doordat andere factoren dan in het minimum zijn zoals CO_2 .



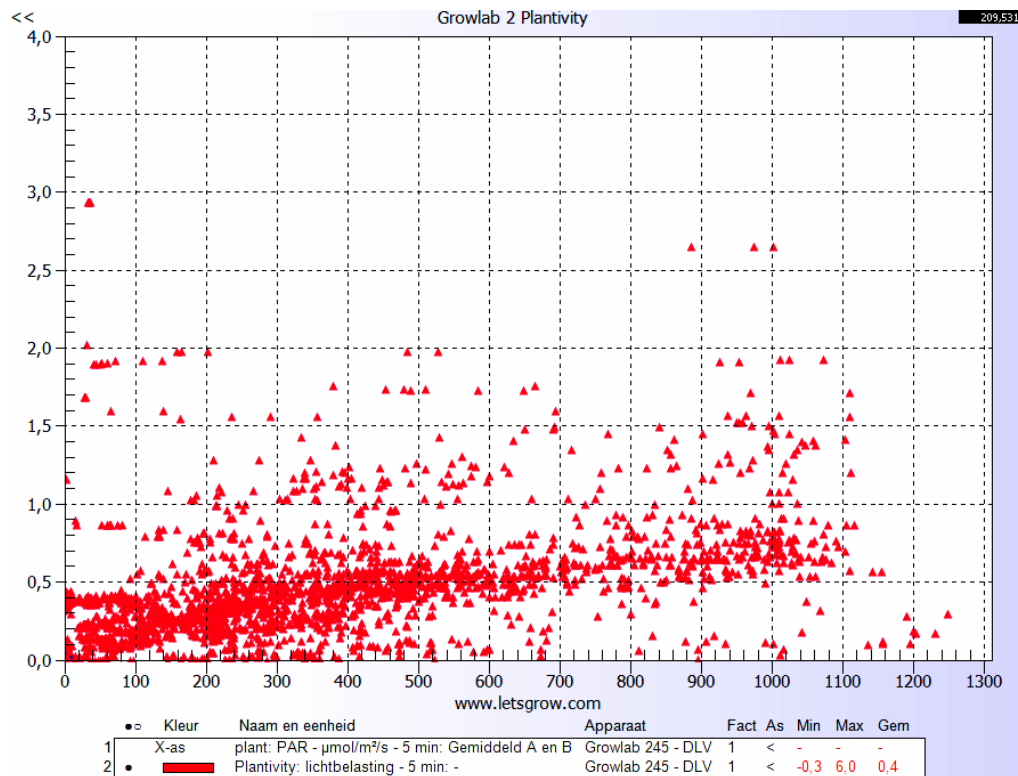
$$y = 0.0165x - 1.4442$$

$$R^2 = 0.6381$$

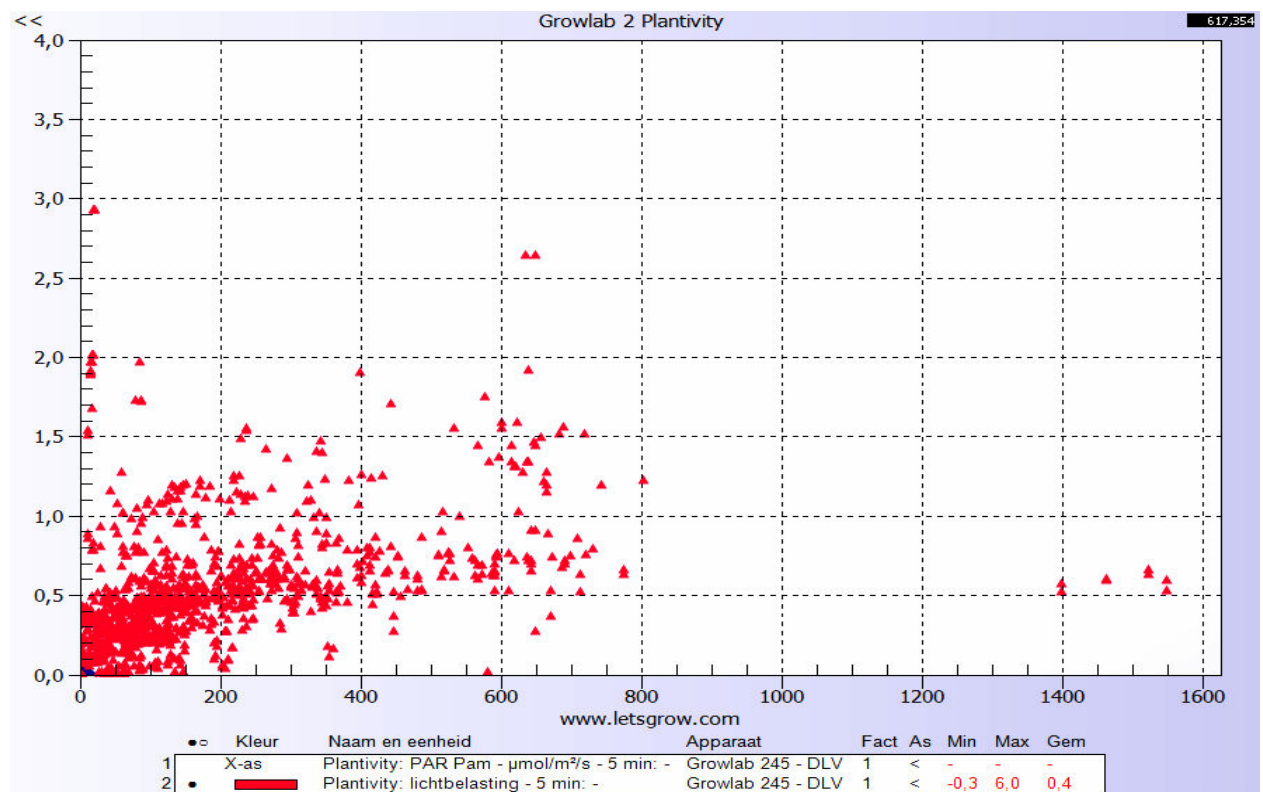
Figuur 10. Verband tussen PAR licht en fotosynthese in periode 5 mei tot 8 juni 2008



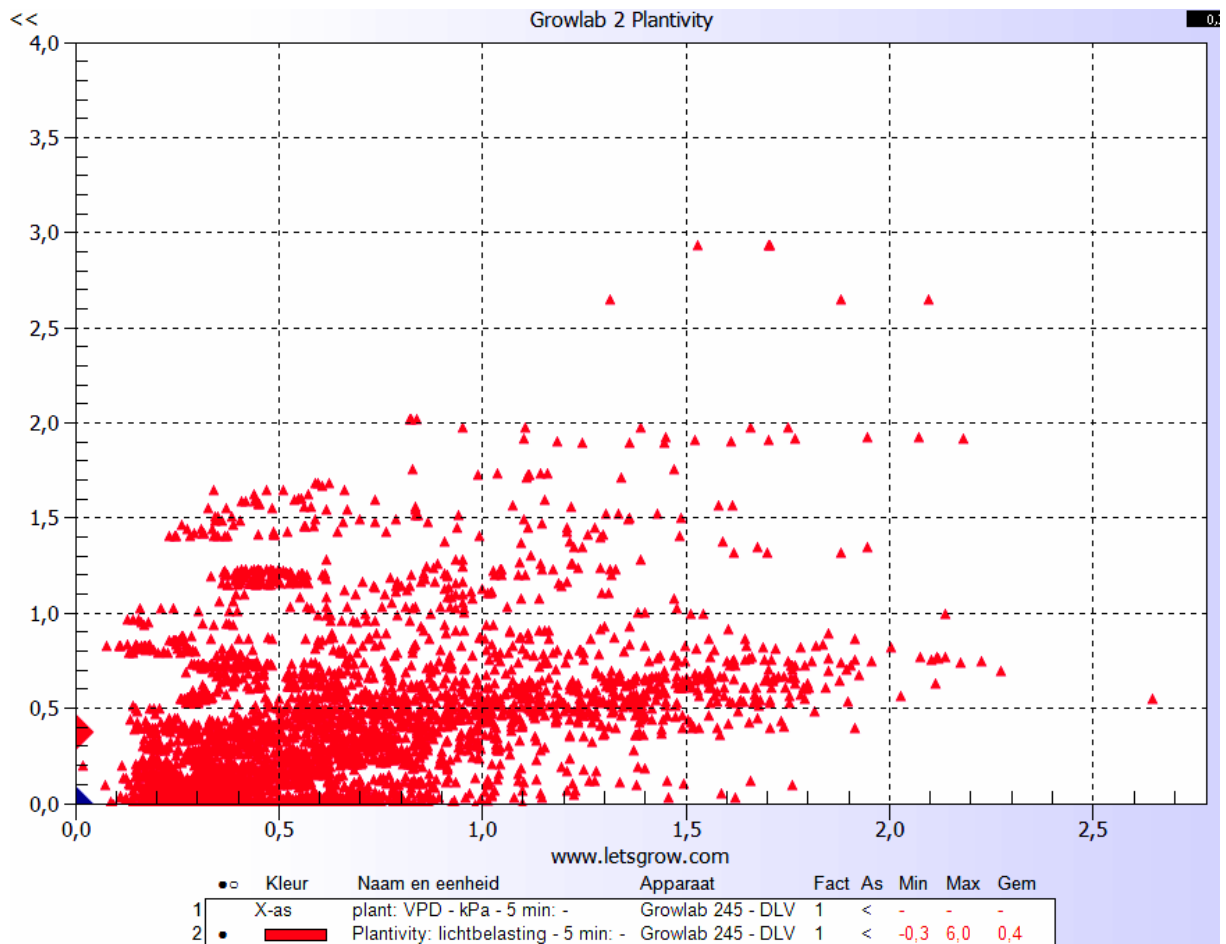
Figuur 11. Verband PAR PAM en fotosynthese in periode 5 mei tot 8 juni 2008



Figuur 12. Verband tussen PAR en lichtbelasting (NPQ) in periode 5 mei tot 8 juni 2008



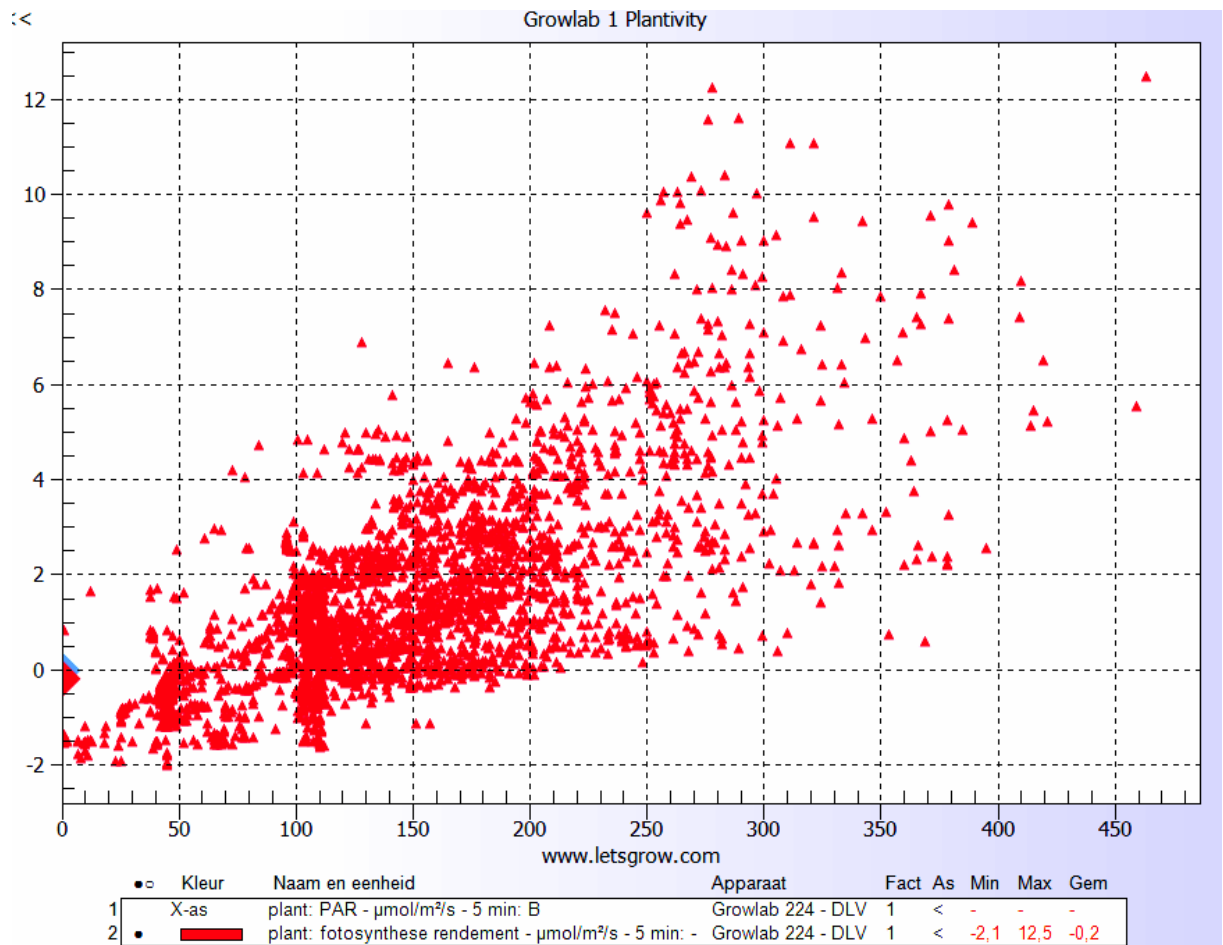
Figuur 13. Verband tussen PAR Pam en lichtbelasting (NPQ) in periode 5 mei tot 8 juni 2008



Figuur 14. Verband tussen VPD en lichtbelasting (NPQ) in periode 5 mei tot 8 juni 2008

De lichtbelasting ofwel NPO (zie figuur 12 en 13) ligt grotendeels onder de 1,2. Uitschieters komen wel voor, maar houden niet lang aan. Bij een NPQ van 1 heeft de plant 50% van z'n fotosystemen uitgeschakeld omdat hij het opgenomen licht niet om kan zetten in groei. Wordt de NPQ hoger dan 1 dan schakelt de plant steeds meer fotosystemen uit. Dit doet hij om zichzelf te beschermen. Relatief zijn er weinig stressmomenten bij Chrysant. Deze kunnen zowel bij lage als bij hoge instraling optreden.

Kijkende naar het verband tussen de VPD en de lichtbelasting ofwel NPO (zie figuur 14) dan blijkt de NPQ duidelijk toe te nemen bij hogere VPD.



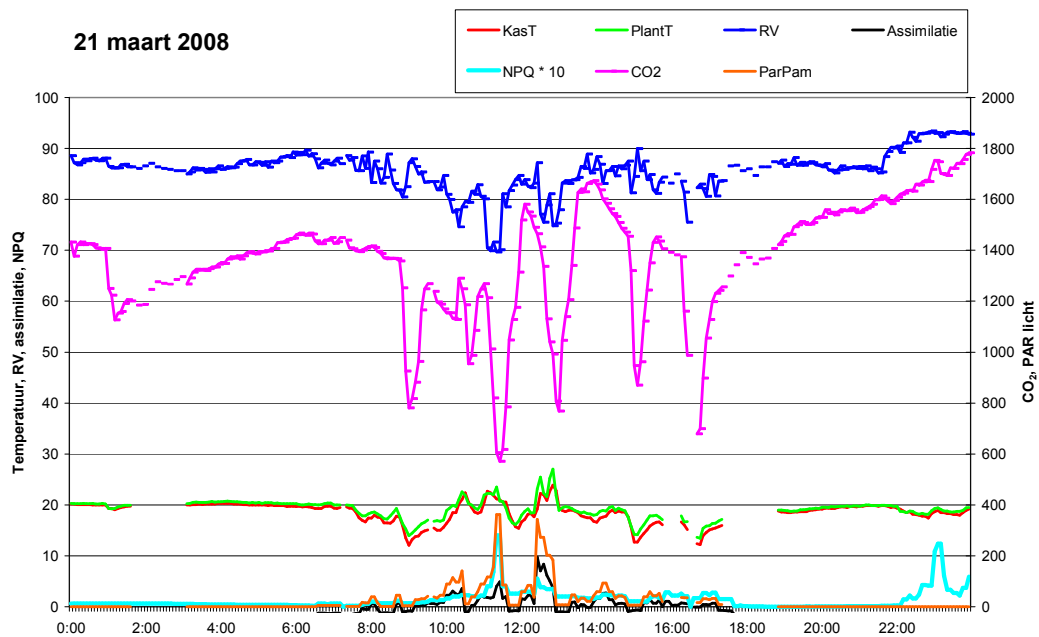
Figuur 15. Verband tussen fotosynthese en PAR periode 30 november 2008 – 27 december 2009

In de winterperiode, bij lagere PAR-licht omstandigheden, blijkt de relatie tussen fotosynthese en PAR licht groter te zijn (zie figuur 15). Dit komt grotendeels doordat licht dan de meest beperkende factor is.

De data van de Growlabs zijn nader geanalyseerd. Voor een aantal periodes zijn deze verder uitgewerkt. In tabel 2 staan de gemiddelde gegevens van een periode in maart 2008. De gegevens van 21 maart staan weergegeven in figuur 16.

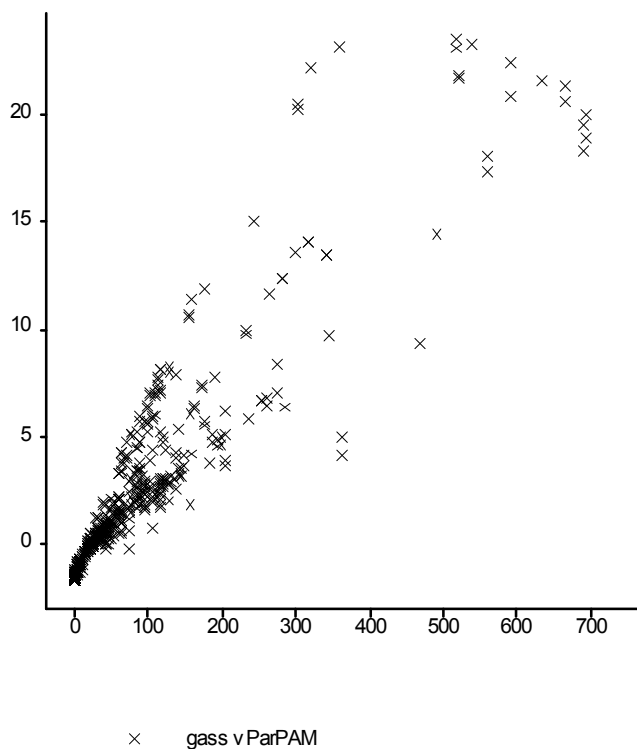
Tabel 2. Gegevens periode 20 – 24 maart 2008

	Kas temperatuur	Plant temperatuur	CO ₂ (ppm)	RV (%)	VPD	Par PAM	Assimilatie	NPQ
min	12.1	13.5	418.1	67.1	0.1	0.0	-1.7	0.0
gem	19.4	19.9	1442.1	85.8	0.4	45.4	0.2	0.2
max	25.9	27.9	2059.4	94.1	1.6	735.0	23.5	1.4



Figuur 16. Gegevens 21 maart 2008

Met behulp van regressie analyse is nader onderzocht in hoeverre er samenhang is tussen de assimilatie en de andere teeltfactoren. Uit deze analyse blijkt er een goede relatie ($R^2 = 88,4$) met het PAR-licht, CO₂ niveau en VPD. Uiteraard wordt de VPD mede bepaald door de RV, kasttemperatuur en planttemperatuur en is er ook een duidelijke samenhang met deze parameters.



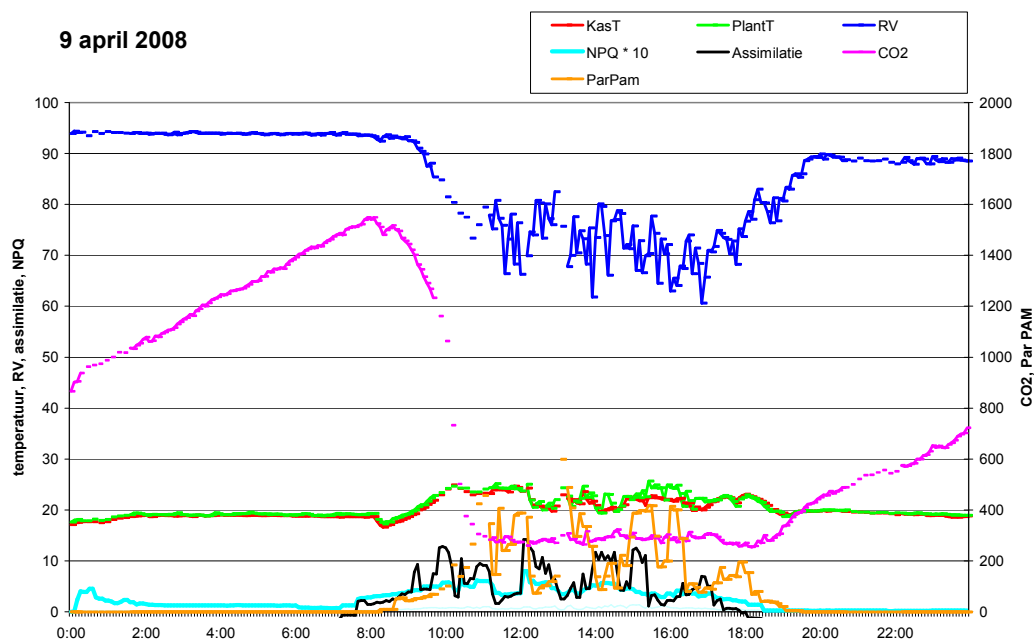
Figuur 17. Relatie met fotosynthese en PAR PAM

Voor deze zelfde periode is ook gekeken welke parameters samenhangen met de licht belasting/plantenstress ofwel NPQ. De NPQ hangt samen met: Par PAM, planttemperatuur en VPD. Ook hier geldt dat de VPD mede bepaald door de RV, kasttemperatuur en planttemperatuur. In maart zijn weinig tot geen stress situatie geconstateerd

In tabel 3 staan de gemiddelde gegevens van een periode in april 2008. De gegevens van 9 april staan weergegeven in figuur 18.

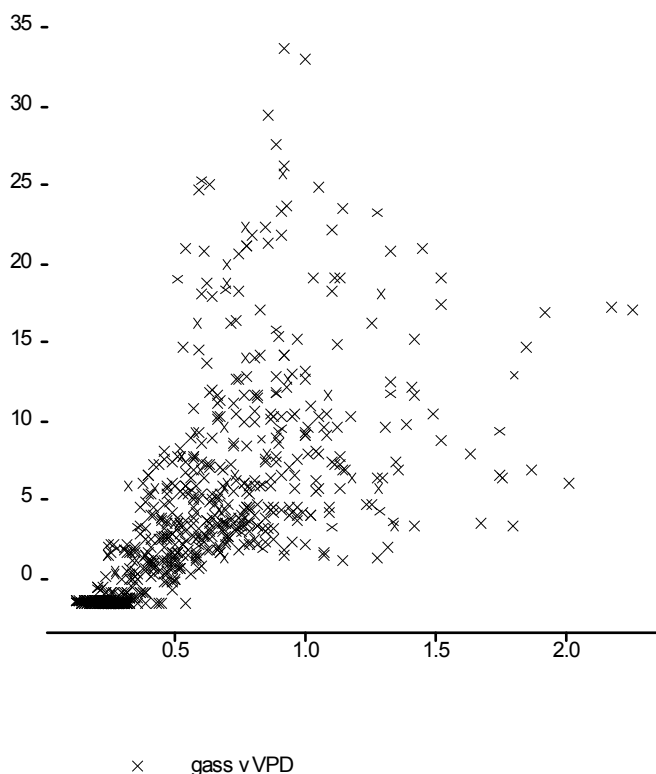
Tabel 3. Gegevens periode 7 – 10 april 2008

	KasT	PlantT	CO ₂	RV	VPD	Par PAM	Assimilatie	NPQ
min	16.6	17.2	254.4	54.3	0.1	0.0	-1.6	0.0
gem	20.2	20.5	874.0	83.6	0.5	79.8	2.2	0.2
max	25.8	29.7	1670.6	94.4	2.3	796.0	33.7	0.8



Figuur 18. Gegevens 9 april 2008

Uit de analyse in april blijkt er een goede relatie tussen de assimilatie en met het PAR-licht, CO₂ niveau, temperatuur en VPD. VPD blijkt steeds belangrijker te worden. In figuur 19 is de relatie in die periode tussen de assimilatie en de VPD weergegeven. Er lijkt een optimum te ligt bij een VPD van ca 1.



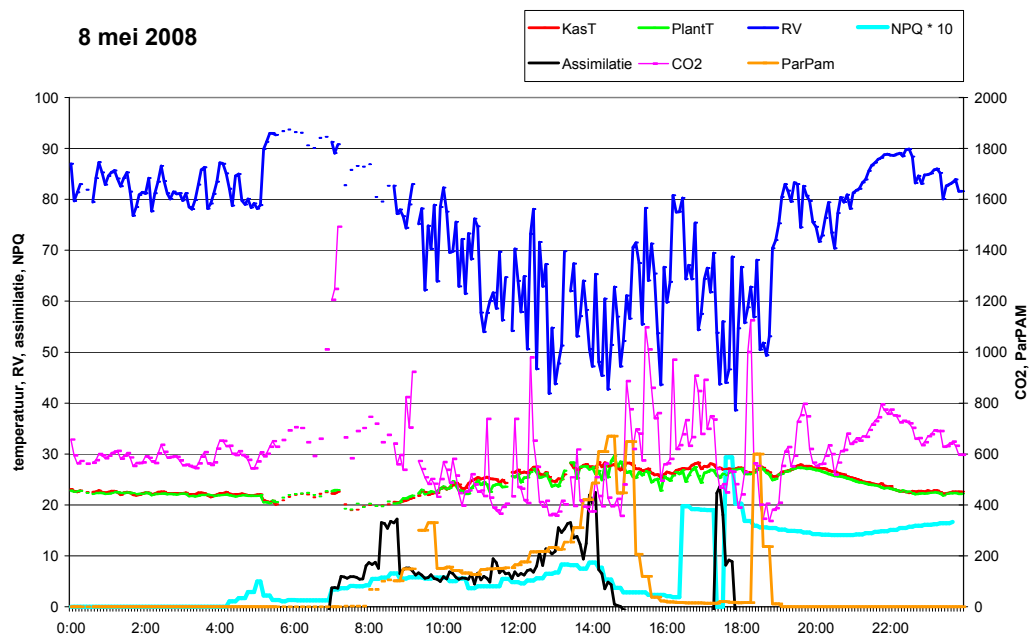
Figuur 19. Relatie met assimilatie en VPD

Ook voor deze zelfde periode is gekeken welke parameters samenhangen met de licht belasting/plantenstress ofwel NPQ. De NPQ hangt samen met: Par PAM, planttemperatuur en VPD en CO₂. Ook hier geldt dat de VPD mede bepaald door de RV, kasttemperatuur en planttemperatuur. In april blijkt dat CO₂ overdag in het minimum zit !.

In tabel 4 staan de gemiddelde gegevens van een periode in maart 2008. De gegevens van 21 maart staan weergegeven in figuur 20.

Tabel 4. Gegevens periode 7 – 15 mei 2008

	KasT	PlantT	CO2	RV	VPD	Par PAM	Assimilatie	NPQ
min	17.3	16.7	17.3	37.6	0.1	0.0	-2.7	0.0
gem	24.1	23.9	24.1	73.4	0.8	144.0	2.9	0.4
max	29.8	31.2	29.8	94.1	2.6	1573.0	41.9	2.9



Figuur 20. Gegevens 8 mei 2008

Uit de analyse in mei blijkt er een goede relatie tussen de assimilatie en met het PAR-licht, temperatuur en VPD. VPD blijkt steeds belangrijker te worden. In figuur 19 is de relatie in die periode tussen de assimilatie en de VPD weergegeven. Ook voor deze zelfde periode is gekeken welke parameters samenhangen met de licht belasting/plantenstress ofwel NPQ. De NPQ hangt in mei (meer instraling) met name samen met de planttemperatuur en VPD. Ook hier geldt dat de VPD mede bepaald door de RV, kasttemperatuur en planttemperatuur. Hoge planttemperaturen en hoge VPD leiden tot een hoge NPQ, maar ook het overdag dichttrekken van het verduisteringsdoek leidt tot een hoge NPQ.

Ten aanzien van de klimaat- en plantsensorgegevens kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De non-contact metingen in de plantsensoren-units zoals de kasttemperatuur, TV, CO2, PAR-meter, bladtemperatuur etc zijn goed betrouwbaar en leveren goede, direct bruikbare resultaten op.
- De plantivitysensor, die aan een chrysantenblad gekoppeld moet zijn, ondervindt het handicap dat het chrysantengewas erg snel in lengte groeit. Vrij vaak moet er dan een nieuw blad op de plantivity gezet worden. Door de snelle groei en het vaak verwisselen kan verstoring optreden van de metingen.

5 Fotosynthese metingen

In bijlage 3 is het volledige onderzoeksrapport 'Plantenpaspoort Chrysant' opgenomen dat in het kader van dit project uitgevoerd is door Plant Dynamics in samenwerking met DLV Plant.

5.1 Doelstelling

Het doel van het onderzoek was om vast te stellen wat de assimilatiecapaciteit en de fotosynthese eigenschappen van het gewas chrysant zijn. Deze waarden zijn o.a. nodig om de modelberekeningen achter de plantivity-meter te voorzien van gewasspecifieke parameters. Verder levert dit onderzoek interessante kennis op over de teelttechnische eigenschappen van de chrysant.

5.2 Materiaal en methoden

Plant Dynamics heeft voor dit onderzoek gebruik gemaakt van de zgn. Licor-6400 fotosynthese-meter. Dit zeer geavanceerde meetapparaat kan van een blad, dat in een meetcuvet ingeklemd is, de openingstoestand van de huidmondjes alsmede de actuele fotosynthese meten. In het meetcuvet kunnen de variabelen lichtintensiteit, CO₂ gehalte en vochtigheid (VPD) gevarieerd worden.

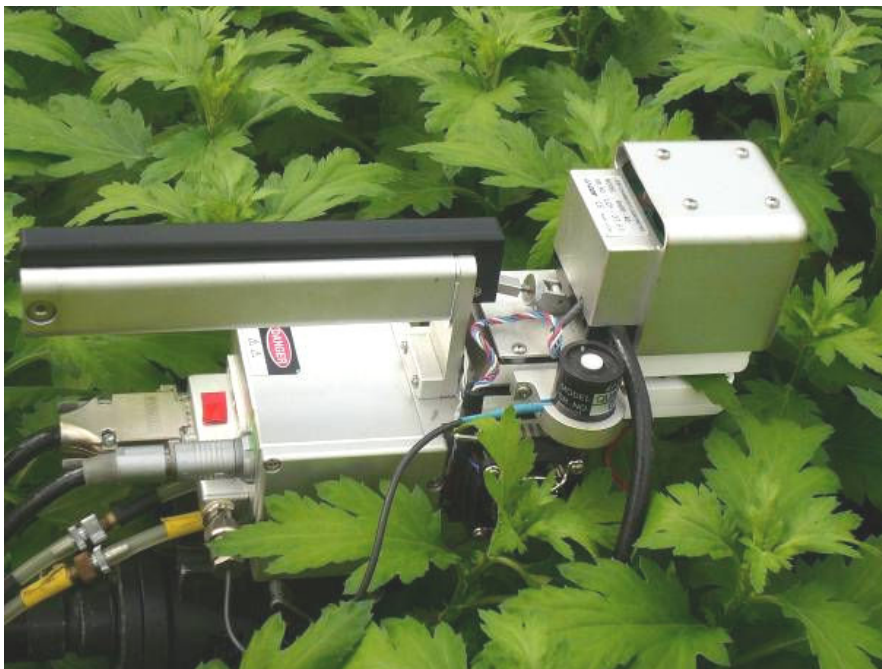


Foto 8. Licor-6400 fotosynthese-meter

De metingen vonden plaats op de bedrijven van Janssen Maasbree in Maasbree en van Kwekerij van Ruijven in De Kwakel. De meetsessies zijn op twee momenten uitgevoerd:

- 21 en 22 februari 2008 (winterteelt)
- 2 en 3 juni 2008 (zomerteelt)

In de proef werden steeds de volgende vier chrysantenrassen doorgemeten:

- 'Bacardi'
- 'Euro' wit
- 'Anastasia' wit
- 'Reagan Pink'

5.3 Resultaten

In de bijlage 2 staan uitgebreide gegevens van de meetresultaten. Hieronder volgt een samenvatting.

De huidmondjesgeleidbaarheid

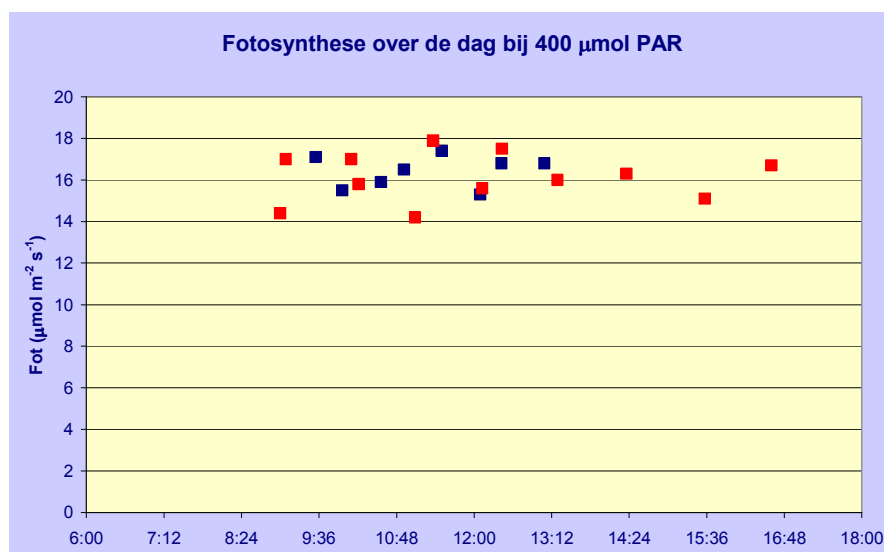
- Alle rassen hebben een relatief hoge huidmondjesgeleidbaarheid (HMG). Een hoge huidmondjesgeleidbaarheid betekent dat de huidmondjes open staan. Chrysant staat in vergelijking tot andere gewassen continu 'met de bek open'.
- De HMG is redelijk stabiel over de dag. Er zit een trend in waarbij de HMG in de ochtend langzaam toeneemt tot een maximum rond het middaguur en aan het eind van de middag een heel geringe afname.
- Bij de zomermeting is de HMG gemiddeld kleiner dan bij de wintermeting.
- De rasvariatie is klein. Opvallend zijn de metingen bij het ras 'Bacardi'. Bij de wintermeting heeft dit ras de hoogste HMG, bij de zomermeting is de HMG het laagst van alle rassen.

Het electronentransport

Met behulp van fluorescentiemetingen is de assimilatiecapaciteit van chrysant bepaald in de situatie zonder huidmondjesweerstand. Het is als het ware een maat voor de efficiëntie van het fotosyntheseproces van de chrysant, nadat de huidmondjes gepasseerd zijn. Het wordt uitgedrukt in de factor ETR. Voor chrysant valt de waardering hiervan tussen efficiënt en zeer efficiënt.

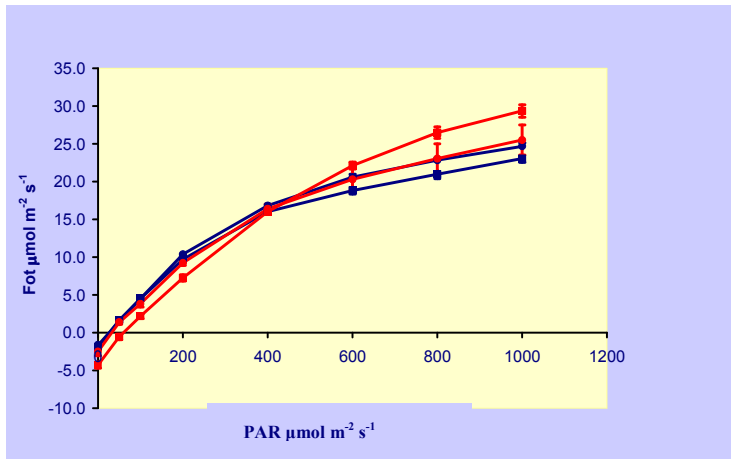
Variatie over de dag

In tegenstelling tot veel andere tuinbouwgewassen is de fotosynthese over de dag erg stabiel. In de figuur is de fotosynthese bij 400 $\mu\text{mol PAR}$ op verschillende tijden gemeten. De data zijn gemiddeld voor alle rassen in de winter (blauw) en de zomer (rood).



Figuur 21. Fotosynthese over de dag bij 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$

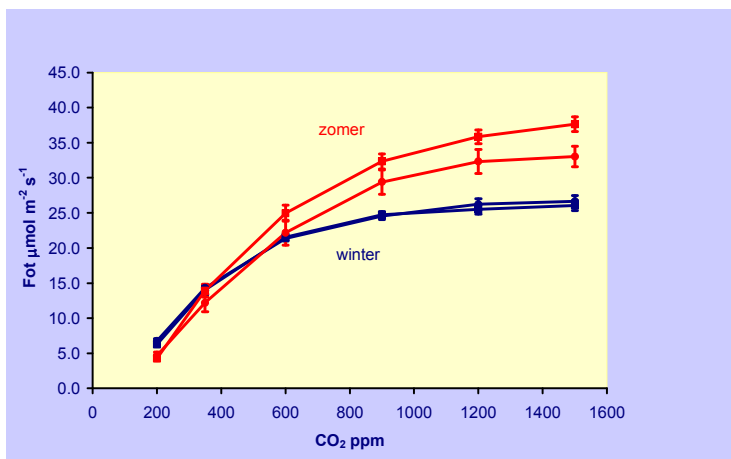
Lichtrespons



Figuur 22. Lichtresponscurve bij 800 ppm CO₂

In bovenstaande grafiek staat de fotosynthese afhankelijk van de hoeveelheid PAR licht. De CO₂ concentratie tijdens de lichtvariatie was 800 ppm. De lichtresponscurves tijdens de wintermetingen zijn blauw de zomermetingen rood. De fotosynthese is in de winter bij lage lichthoeveelheden hoger en in de zomer juist bij hogere lichthoeveelheden hoger. Blijkbaar past het gewas zich aan, aan de periode van het jaar waarin het gevormd wordt.

CO₂ respons



Figuur 23. CO₂ responscurve bij 1000 μmol/m².s

In figuur 23 is de CO₂ respons-curve, bij een lichtniveau van 1000 μmol/m².s weergegeven. Ook hier blijkt weer dat gewas dat in de zomer ontstaan is, meer capaciteit heeft om CO₂ op te nemen dan het wintergewas.

Variatie per ras

De verschillen tussen de rassen zijn zeer gering op het gebied van CO₂- en lichtrespons. Ten aanzien van de effecten op het gebied van VPD blijkt dat 'Bacardi' gevoeliger is voor een hoge VPD dan de andere 3 rassen.

5.4 Conclusies

Chrysant is een gewas met, in vergelijking tot andere gewassen, een zeer hoge productiecapaciteit. Dit komt doordat:

- de huidmondjesgeleidbaarheid hoog is, ook onder lage luchtvochtigheden. Sluiten van de huidmondjes onder te droge omstandigheden komt dus niet snel voor.
- De processen t.a.v. de fotosynthese in de huidmondjes en in het blad vinden relatief efficiënt plaats.

De resultaten van de metingen zijn vertaald in kengetallen t.b.v. de fotosyntheseberekeningen van de plantivity-meter.

Tabel 5. Gewasafhankelijke kengetallen Chrysant

Gewasafhankelijke kengetallen Chrysant						
winter	Do	a1	Conv	Vcmax25	Abs	Gsco
Bacardi wit	1	5	1	77	0.8	0.001
Reagan Pink	1.5	7	1	81	0.8	0.001
Euro Wit	1.5	6	1	81	0.8	0.001
Anastasia wit	1.5	5	1	79	0.8	0.001
zomer						
Bacardi wit	1	9	1	96	0.8	0.001
Reagan Pink	1.5	10	1	80	0.8	0.001
Euro Wit	1.5	9.5	1	80	0.8	0.001
Anastasia wit	1.5	7	1	98	0.8	0.001
Do	factor voor tuning van ras afhankelijkheid voor VPD. Een hoge waarde betekent een snellere daling van de huidmondjesgeleidbaarheid bij toename van VPD-blad				geen	
a1	factor voor tuning van ras afhankelijkheid voor VPD. A1 zegt iets over de basis geleidbaarheid bij VPD-blad = 0.				geen	
Conv	conversiefactor. Dit is een maat voor verliezen bij de energie omzetting van ETR (elektronentransport) naar CO ₂ opname.				geen	
ABS	fractie van het opvallend groeilicht (PAR) dat wordt geabsorbeerd door het blad				geen	
Vcmax25	maximale snelheid van CO ₂ opname bij lichtverzadiging bij 25 °C				$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	
Gsco	geleidbaarheid voor CO ₂ in het donker				$\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	

Bron: Plant Dynamics

Bij gebruik van een plantivity-meter op een chrysantengewas kunnen dus per ras en per groeiperiode de bijbehorende parameters in de modellen ingevoerd worden. Als de parameters per ras en per groeiperiode gemiddeld worden ontstaat tabel 6.

Tabel 6. Gewasafhankelijke kengetallen Chrysant

Gewasafhankelijke kengetallen Chrysant						
	Do	a1	Conv	Vcmax25	Abs	Gsco
Winter gemiddeld alle rassen	1.375	5.75	1	79.5	0.8	0.001
Zomer gemiddeld alle rassen	1.375	8.875	1	88.5	0.8	0.001
Jaarrond en alle rassen gemiddeld	1.375	7.3125	1	84.0	0.8	0.001

Bron: Plant Dynamics

6 Materiaal en methode groeiproef

6.1 Proefopzet

Gedurende het onderzoek bij Chrysant is een zogenoemde groeiproef uitgevoerd om aanvullende gewasgegevens te verzamelen. Voor de groeiproef is uitgegaan van bewortelde stek afkomstig van Van Zanten, Dekker en Deliflor. In totaal zijn 5 cultivars in 2 herhalingen aangehouden. Zie tabel 7.

Tabel 7. Overzicht proefbehandelingen

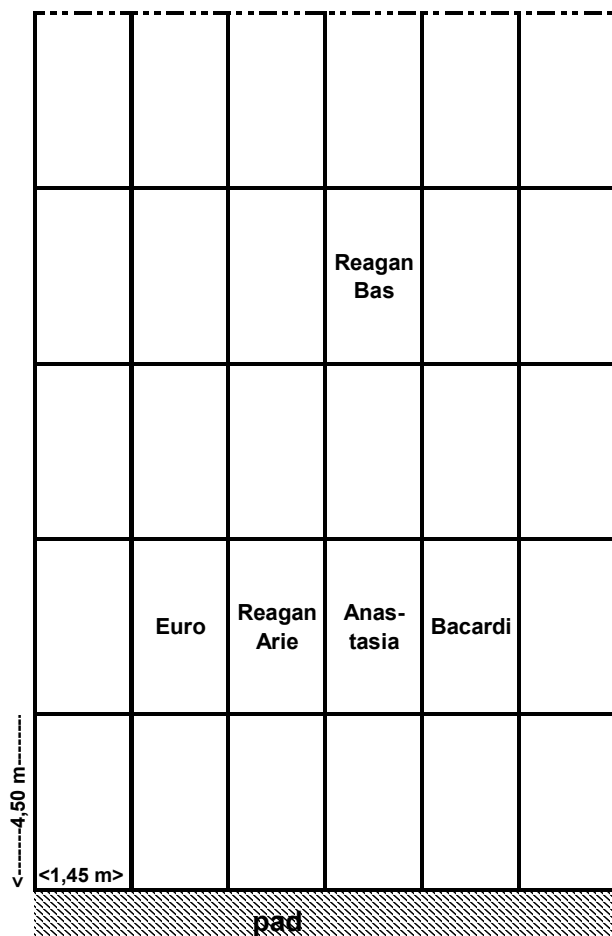
Proeffactor	Aantal niveaus	Beschrijving
Gewas	1	Chrysant
Cultivar	5	Bacardi
		Anastasia
		Reagan Arie
		Euro
		Reagan Bas
Herhalingen	2	Herhaling 1 t/m 2

Per proefveld zijn op 11 juni 2008 per cultivar netto 600 planten gepoot. De proefvakken zijn zodanig groot gekozen dat er elke week voldoende planten tussenuit gehaald konden worden zonder dat dit effect heeft gehad op de lichtdoordringing van de meetplanten. Afmeting proefveld per ras is 1,45 m x 4,50 m.

Standdichtheid chrysant: 60 planten / m².

Het plantschema is: p p p x p p p p x p p p

Voor waarnemingen aan het gewas zijn elke week op een vaste dag (dinsdag) 2 x 5 planten per ras bemonsterd. Deze groepjes van 5 planten liggen voldoende uit elkaar, zodat lichtdoordringing geen effect heeft op de daaropvolgende partijen meetplanten. Van de buitenste rijen zijn geen monsters genomen. Omdat tijdens de teelt de toename van de hoeveelheid droge stof geregistreerd wordt, is bemonsterd op moment dat het gewas droog was.



Figuur 24. ligging van de proefveldjes van de 5 cultivars.

6.2 Accommodatie en teeltgegevens

Het onderzoek heeft plaats gevonden op het bedrijf van chrysantenkwekerij van Peter Janssen en Theo Dirks te Maasbree. Hier is het mogelijk geweest om in kapnummer 36 veldjes uit te zetten en te beplanten met de genoemde 5 cultivars.

De kluit van cultivar 'Euro' is, in afwijking met de andere cultivars, rechthoekig. Dit heeft het planten met de machine enigszins bemoeilijkt, zodat meteen na het planten met de hand nagecontroleerd is.

Op dag 13 van de teelt, dit is op 24 juni (week 26 dag 2), zijn de planten tegen *Rhizoctonia* behandeld om aantasting van de wortels tegen te gaan. Op dat moment zijn hier en daar enkele planten aan het afsterven. De aantasting is door deze behandeling beperkt gebleven en geen invloed gehad op de meetresultaten. In verband met lichteffecten is ver genoeg van een afgestorven stek bemonsterd, minimaal 0,3 m.

Op dag 15 van de teelt, week 26-4, is de kortedagbehandeling gestart.

Op dag 20 van de teelt, week 27-2, is Alar, een groeireguleringsmiddel, gespreeid over 'Euro', 'Reagan Arie' en 'Reagan Bas'. Op dat moment was de gewaslengte circa 40 cm. De dosering was 70 g per 100 l.

Op bemonsteringsdag 27, dit is op 8 juli, ziet het gewas van de 'Euro' er ongelijk uit. Gesuggereerd is dat dit veroorzaakt zou kunnen zijn door de afwijkende kluitmaat van deze cultivar, waardoor het planten werd bemoeilijkt.

In week 31 is de centrale knop verwijderd.

Op dag 62 van de teelt, dit is 12 augustus, zijn de cultivars geoogst en zijn de eindwaarnemingen verricht.



Foto 9. Overzicht proefvelden met de 5 cultivars in de kas. Dag 6 van de teelt (week 25-2).

6.3 Waarnemingen

Gedurende de teelt zijn diverse waarnemingen verricht.

Beginwaarneming

- Foto per ras.
- Vers- en drooggewicht van 2 x 5 planten per ras.
- Lengte van 2 x 5 planten per ras.
- Aantal bladeren van 2 x 5 planten per ras.

Tussenwaarneming elke week

- Foto per ras.
- Vers- en drooggewicht van 2 x 5 planten per ras.
- Lengte van 2 x 5 planten per ras.
- Aantal bladeren inclusief dode bladeren van 2 x 5 planten per ras.
- Aantal scheuten van 2 x 5 planten per ras.
- Op dag 34 het LAI van 2 x 5 planten per ras.

Eindwaarneming

- Foto per ras.
- Vers- en drooggewicht van 3 x 5 planten per ras.

- Lengte van 3 x 5 planten per ras.
- Aantal bladeren inclusief dode bladeren van 3 x 5 planten per ras.
- Aantal scheuten van 3 x 5 planten per ras.
- LAI van 2 x 5 planten per ras.

De Leaf Area Index (LAI) is het bladoppervlak per vierkante meter grondoppervlak. Per plant wordt het bladoppervlak digitaal gemeten en vermenigvuldigd met het aantal planten per vierkante meter grondoppervlak. Bladeren met een breedte vanaf 1 cm zijn gemeten.

Op 15 juli is aanvullend de LAI gemeten aan 5 planten van het ras 'Reagan Bas' met verschillende plantdata en leeftijden: 0, 11, 22, 34, 41, 50 en 60 dagen. De planten hebben allen een plantdichtheid van 60 planten per m² en zijn afkomstig uit dezelfde kas als waar de 5 cultivars voor het onderzoek zijn aangeplant.



Foto 10. Elke week is het gewas gefotografeerd. Foto 11. De stengellengte is bepaald tot het groeipunt.



Foto 12. Waarnemingen aan een tak: lengte stengel, aantal bladeren en scheuten.

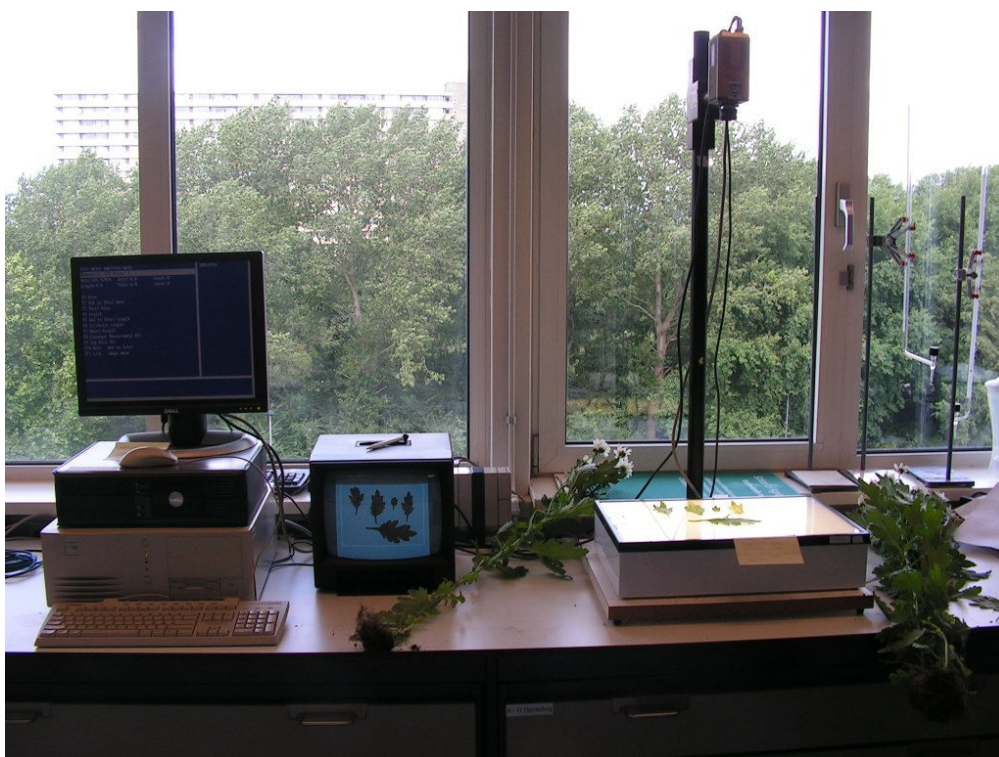


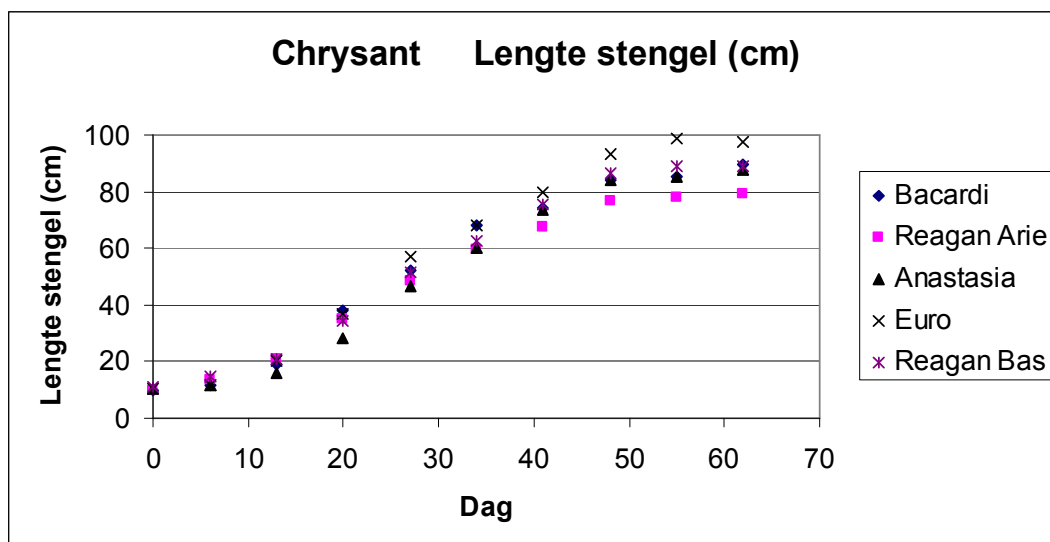
Foto 13. LAI meting is op dag 34 en 62 uitgevoerd

7 Resultaten groeiproef

7.1 Stengellengte

De stekken hebben bij het planten een lengte van 10 cm. Het verloop van de lengtegroei van de takken vertoont een S-curve. De eerste 2 weken groeien de stekken langzaam. 'Anastasia' komt het traagst op gang, maar haalt daarna zijn achterstand in. Gedurende de periode tussen 2 en 5 weken verloopt de groei van een lengte van 20 cm naar gemiddeld 85 cm met een constante snelheid van circa 13 cm per week. 'Euro' groeit iets sneller, 'Reagan Arie' langzamer.

Op dag 41 zijn de eerste bloemknoppen gevormd. Vanaf dag 48 van de teelt verloopt de groei trager. 'Euro' groeit nog circa 5 cm door, terwijl de overige cultivars geen lengtegroei meer vertonen. Euro heeft daarom ook de langste bloemsteeltjes. Op het einde van de teelt, dag 62, heeft 'Euro' met 98 cm de langste en Reagan Arie met 79 cm de kortste stengel.

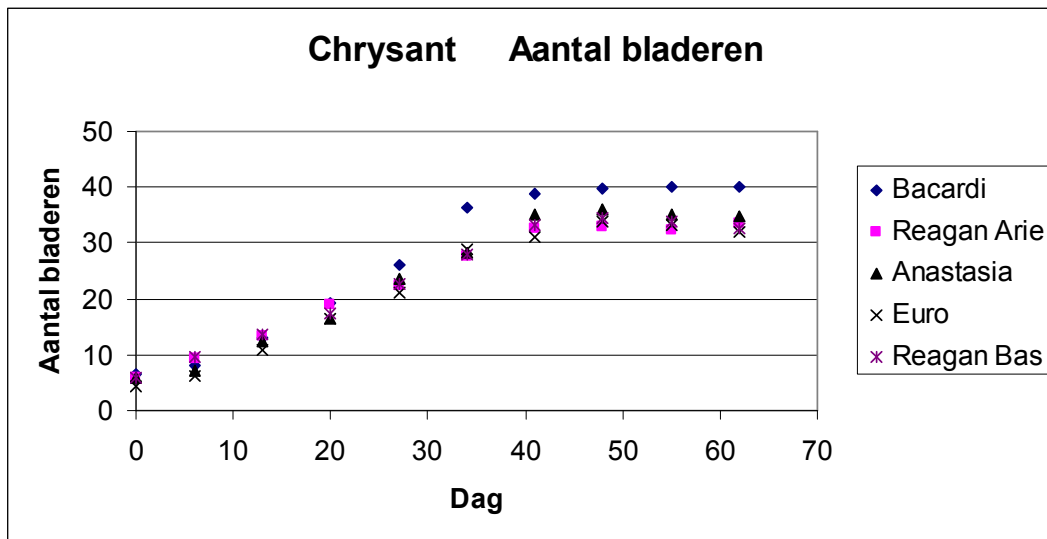


Figuur 25. Stengellengte per tak

7.2 Aantal bladeren

Bij het planten heeft 'Euro' 4 bladeren. De overige cultivars hebben er 6. Gedurende de eerste 4 weken blijven de verschillen in het aantal bladeren tussen de cultivars beperkt van 3 tot 5 bladeren per tak. De eerste 6 weken komen er elke week 5 bladeren bij. Daarna, dit is vanaf dag 41 als de eerste bloemen aangelegd zijn, blijft het aantal bladeren constant. Bacardi heeft met 40 stuks de meeste bladeren gevormd. De overige cultivars hebben ongeveer even veel bladeren, variërend tussen 32 en 35 stuks per tak.

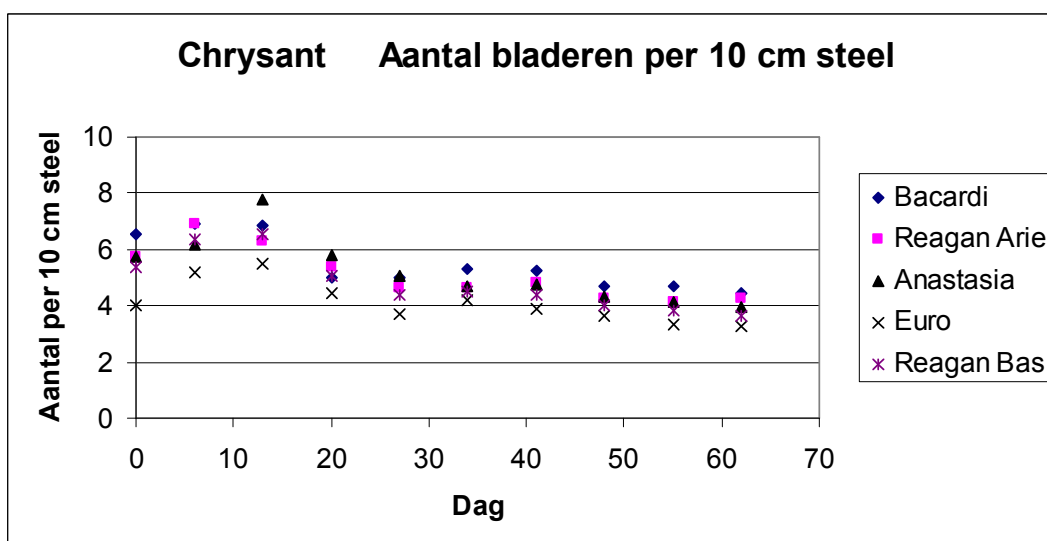
Onderaan de steel sterven bladeren af. Dit is voor het eerst 48 dagen na het planten gesignaleerd. 'Reagan Arie' heeft op de laatste 2 beoordelingen 5 tot 6 en 'Anastasia' 2 tot 3 afgestorven bladeren. Figuur 26 geeft het totaal aantal bladeren. Dat het aantal bladeren in deze figuur voor sommige cultivars daalt, komt doordat niet alle afgestorven bladeren meer aanwezig waren.



Figuur 26. Aantal bladeren per tak

7.3 Aantal bladeren per cm tak

De eerste 2 weken gaat de ontwikkeling van het aantal bladeren sneller dan de lengtegroei van de steel. Tussen 13 en 27 dagen na het planten is de stengelgroei dermate groot, dat de ontwikkeling van het aantal bladeren achterblijft. Daarna is tot de bloemvorming (dag 41) de vorming van de bladeren en de stengel in evenwicht. Tijdens de laatste 3 weken ontwikkelt zich de bloemtros en neemt het aantal bladeren niet meer toe, waardoor het aantal bladeren relatief afneemt. De Euro is wel het langst, maar heeft minder bladeren per cm steel.



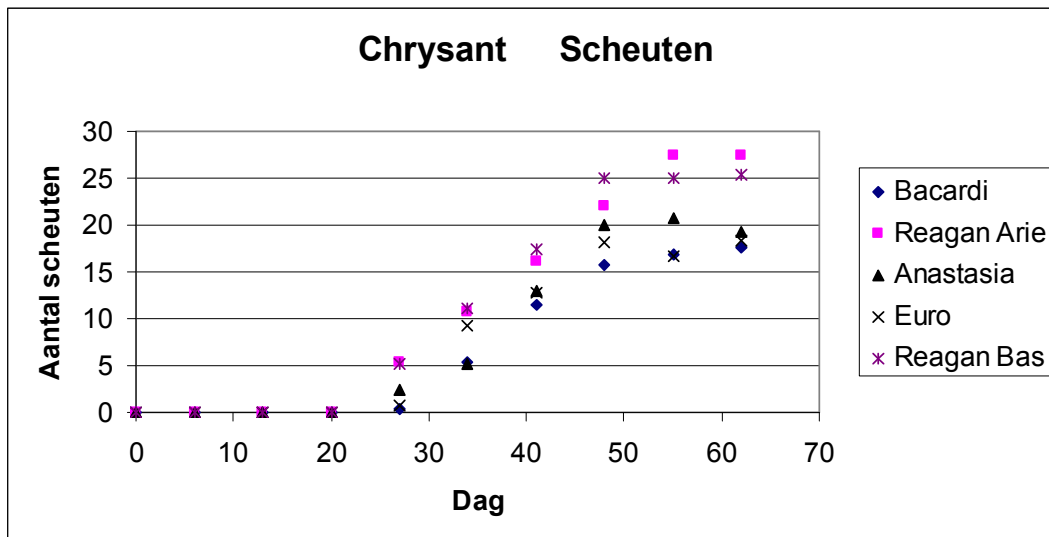
Figuur 27. Aantal bladeren per cm steel

7.4 Aantal scheuten

Vanaf de derde week ontstaan er in de oksels van de bladeren scheuten. Tot 5 weken na het planten hebben de scheuten een steeltje met 2 tot 3 blaadjes. De scheuten die zich daarna bovenin de tak vormen, hebben veel kleinere blaadjes en ontwikkelen een bloem. De bloemknoppen zijn vanaf 6 weken, vanaf dag 41, goed zichtbaar.

'Reagan Arie' en 'Reagan Bas' ontwikkelen vanaf de derde week de meeste scheuten. Het aantal scheuten blijft tot het einde van de teelt het hoogst bij deze rassen: tussen 25 en 27. De overige cultivars hebben ongeveer evenveel scheuten: 18 à 19. Bij 'Reagan Arie', de cultivar met de kortste stengel, bevinden zich de scheuten bijna over de hele lengte van de tak. 'Euro' vormt gedurende de laatste weken 3 à 4 nieuwe, lichtgroene scheuten onderaan de tak. Hieraan zitten nog geen ontwikkelde bladeren.

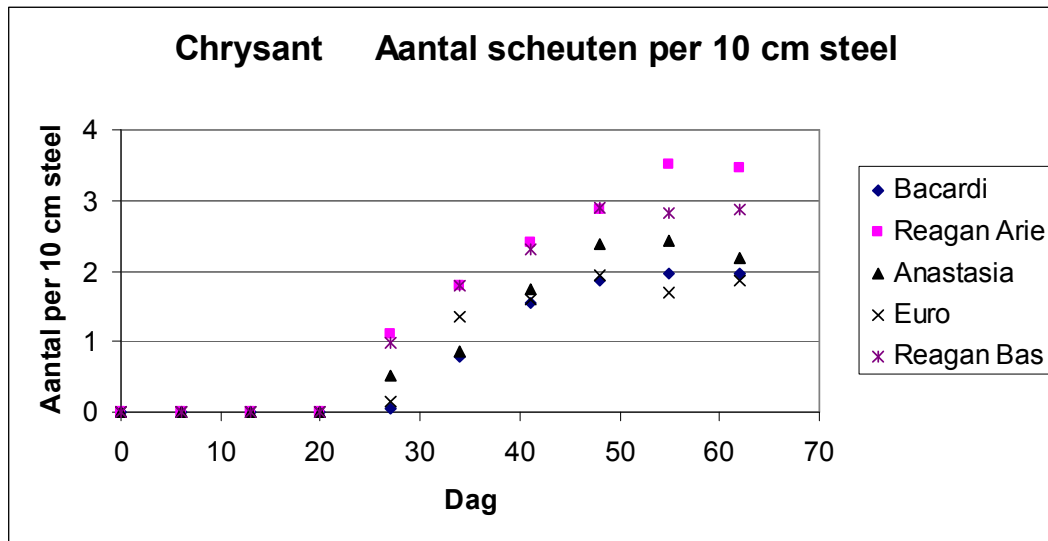
'Anastasia' en 'Euro' hebben per tak 10 scheuten met een bloem. De overige cultivars 13 tot 14 scheuten met een bloem. Bij 'Bacardi' hebben zich soms meerdere bloemen ontwikkeld op een scheut.



Figuur 28. Aantal scheuten per tak

7.5 Aantal scheuten per cm tak

Het aantal scheuten dat gevormd wordt is in verhouding met de steellengte. Van begin af aan hebben 'Reagan Arie' en 'Reagan Bas' de meeste scheuten per cm steel. Dat blijft zo tot het einde van de teelt.

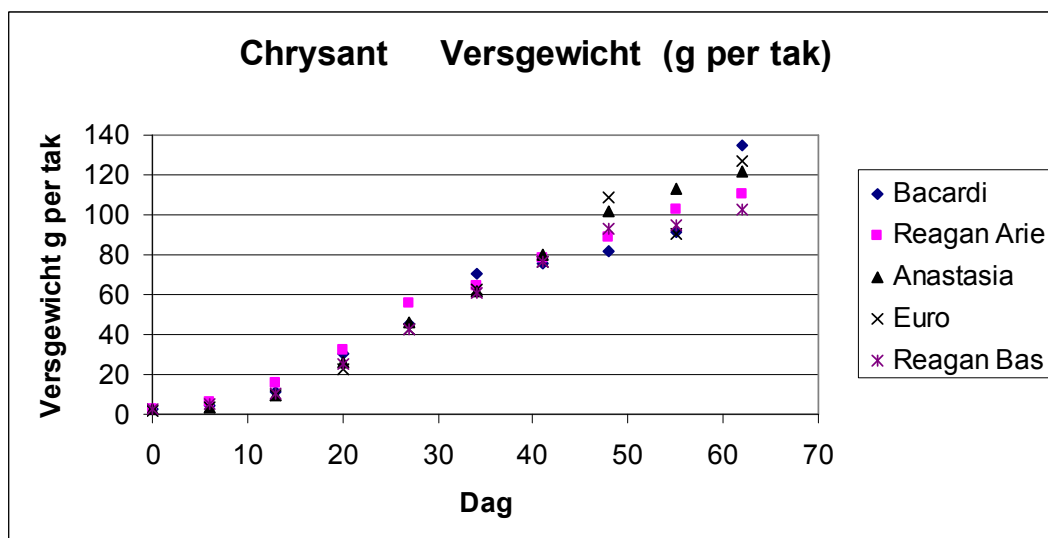


Figuur 29. Aantal scheuten per cm steel

7.6 Versgewicht tak

De stekken hebben bij het planten een gewicht van 2 tot 3 gram per stek. Na de eerste week neemt het takgewicht gelijkmatig toe tot 103 gram ('Reagan Bas') en 134 gram ('Bacardi') bij de oogst. Dit betekent een groei tussen 11 en 15 gram versgewicht per week. De beide 'Reagan' cultivars zijn minder zwaar.

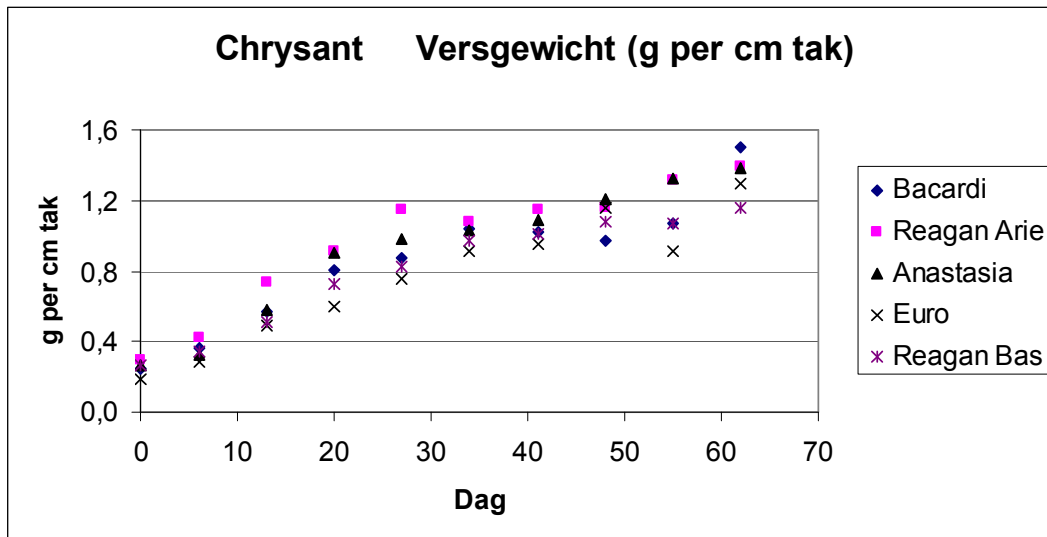
Opvallend is dat op dag 41 de takken van alle cultivars even zwaar zijn. Gedurende de 3 weken daarna tot het oogsten ontstaan er verschillen in gewicht. Het is vreemd dat 'Euro' op dag 48 zwaardere takken heeft dan de week daarop. In het proefveld van 'Euro', maar ook in Anastasia is waargenomen dat de planten zich niet even snel ontwikkelen. Er is enige heterogeniteit in het proefveld. De waarneming op het einde van de teelt is in drievoud uitgevoerd en geeft daarom een beter inzicht van de gewasontwikkeling.



Figuur 30. Versgewicht tak

7.7 Versgewicht per cm tak

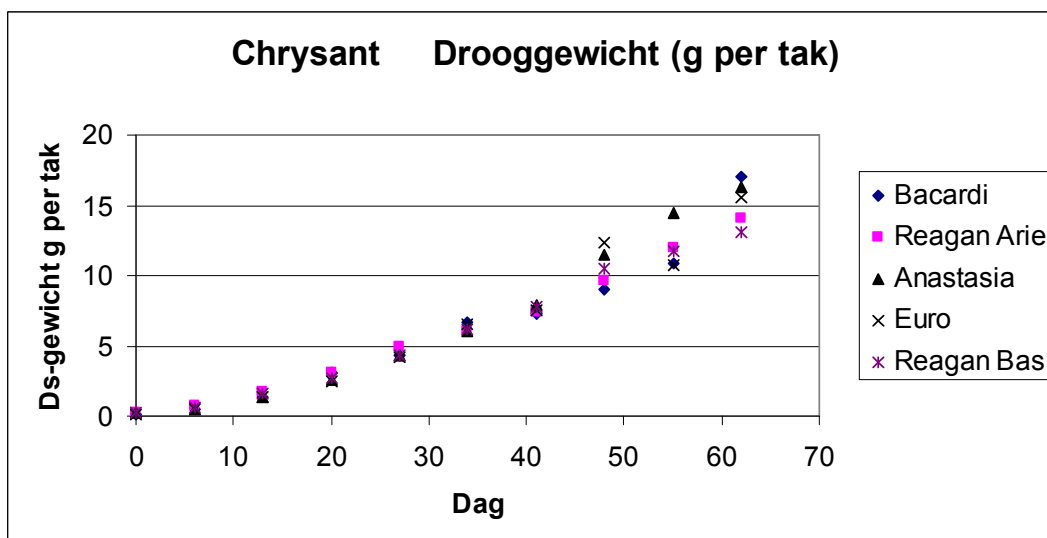
Tot 28 dagen na het planten neemt het versgewicht per cm tak snel toe van 0,3 g tot 1,2 g ('Reagan Arie'). Daarna is de ontwikkeling van steel en blad geringer zodat het versgewicht langzaam stijgt, maar neemt tijdens de ontwikkeling van de bloemtros weer duidelijk toe. 'Bacardi' is per cm tak het zwaarst (1,5 g) en 'Reagan Bas' het lichtst (1,2 g).



Figuur 31. Versgewicht per cm tak

7.8 Drooggewicht tak

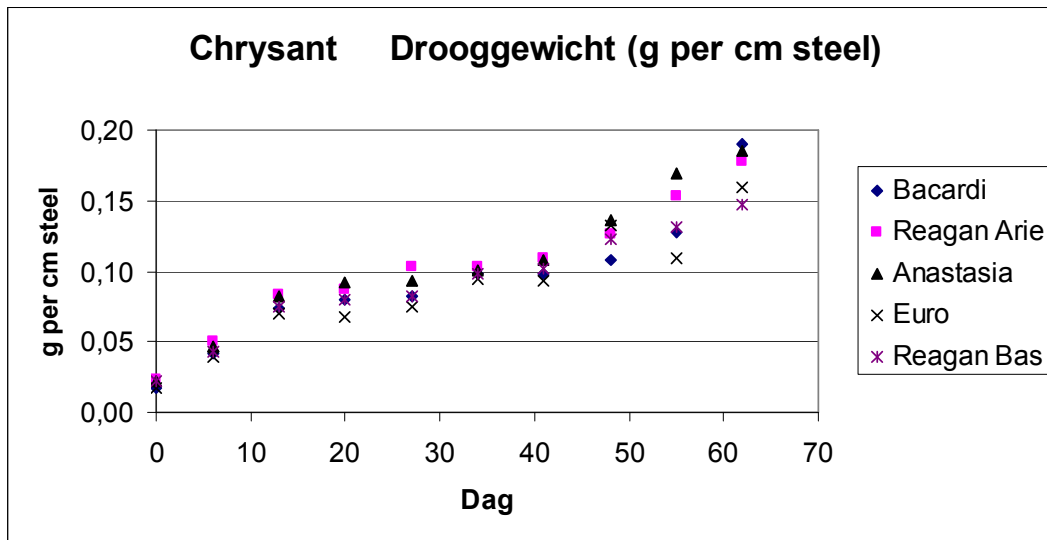
De ontwikkeling van de droge stof komt overeen met die van het versgewicht. Vanaf het planten neemt de hoeveelheid droge stof constant toe tot een hoeveelheid die ligt tussen 13 en 17 gram per tak. De beide 'Reagan' cultivars hebben minder droge stof aanmaak dan de overige cultivars.



Figuur 32. Drooggewicht tak

7.9 Drooggewicht per cm tak

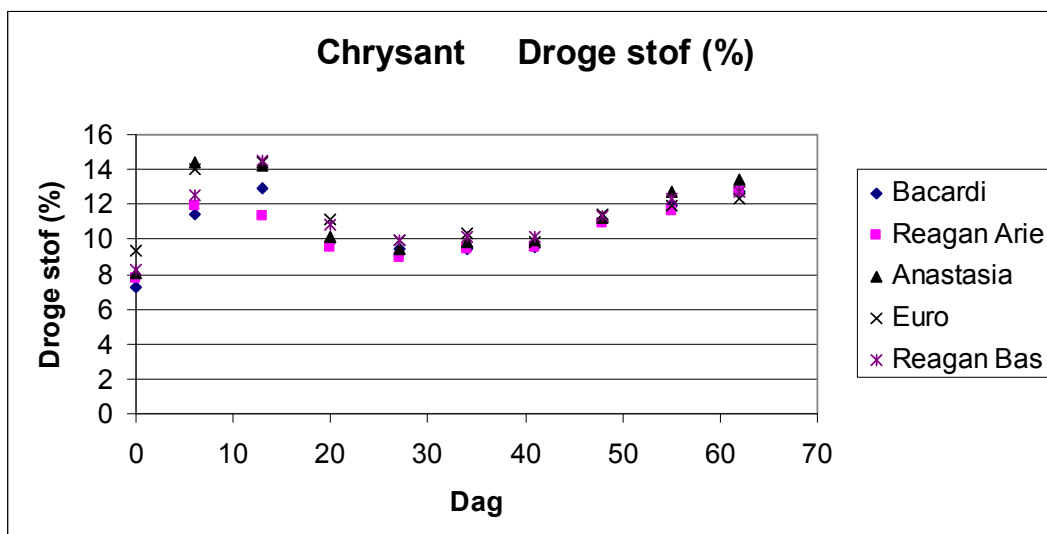
De ontwikkeling van het drooggewicht per cm steel vertoont eenzelfde S-curve als die van het versgewicht per cm tak. De eerste weken een snelle stijging, in het midden van de teelt stabilisatie en de tijdens de ontwikkeling van de bloemtros weer een snelle opmars. 'Euro' en 'Reagan Bas' hebben op het einde van de teelt minder drooggewicht per cm tak.



Figuur 33. Drooggewicht per cm tak

7.10 Drogestofgehalte tak

De stekken hebben bij het planten een drogestofgehalte tussen 7% en 9%. Daarna stijgt het gehalte de eerste 2 weken naar 11 tot 14%. Dan volgt een lichte daling en blijft tot dag 41 constant op 10% droge stof. Vervolgens, als de bloemen worden ontwikkeld, volgt tot de oogst een geleidelijke stijging naar 13%. De eerste 2 tot 3 weken zijn de verschillen tussen de cultivars maximaal 3% droge stof, daarna liggen de drogestofgehaltes dicht bij elkaar.



Figuur 34. Drogestof gehalte tak

7.11 LAI dag 34 en 62

Op dag 34 ligt de LAI van de cultivars, met 60 planten per m^2 , tussen $5,6 \text{ m}^2/\text{m}^2$ en $6,8 \text{ m}^2/\text{m}^2$. 'Bacardi' heeft de hoogste LAI. Dit komt overeen met het aantal bladeren dat geteld is.

Op dag 62, het einde van de teelt, ligt de LAI met uitzondering van 'Reagan Bas' hoger dan op dag 34. De LAI voor 'Reagan Bas' blijft steken op $6,2 \text{ m}^2/\text{m}^2$. De overige cultivars hebben een LAI tussen $6,7 \text{ m}^2/\text{m}^2$ en $8,9 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Dat 'Anastasia' de hoogste waarde heeft komt mede doordat de bladeren onderaan de stengel, in tegenstelling tot de overige cultivars, nog fris groen zijn.

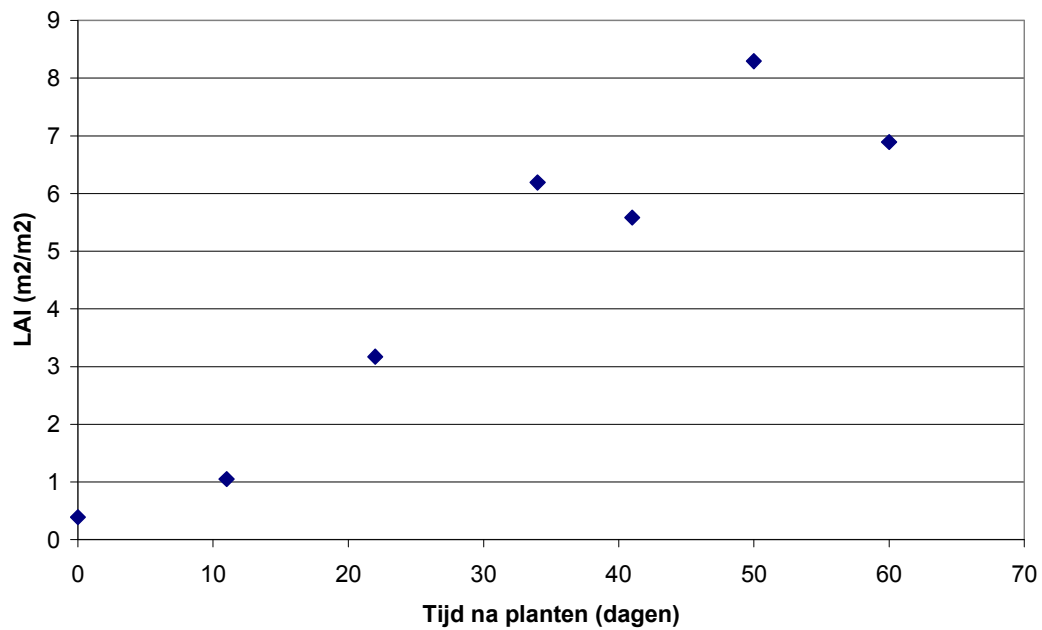
De gemeten LAI in dit onderzoek ligt op een relatief hoog niveau. De meetmethodiek is correct gehanteerd. Elk blaadje met een minimum grootte van 1 cm is meeberekend. Er is weinig uitval of bladproblemen geweest en de proef is in een relatief lichte teeltperiode uitgevoerd. Onder andere omstandigheden kunnen de resultaten lager zijn.

Tabel 8. LAI van 5 cultivars op 2 momenten in de teelt (15 juli = dag 34, 12 aug = dag 62)

Datum:	Ras:	LAI		
		herh A ($\text{cm}^2/\text{stengel}$)	herh B ($\text{cm}^2/\text{stengel}$)	gemiddeld (m^2/m^2)
15-jul	Bacardi	1195	1081	6,83
12-aug	Bacardi	1225	1294	7,56
15-jul	Reagan Arie	1026	929	5,87
12-aug	Reagan Arie	1122	1113	6,71
15-jul	Anastasia	869	987	5,57
12-aug	Anastasia	1526	1442	8,90
15-jul	Euro	932	1023	5,86
12-aug	Euro	1166	1342	7,53
15-jul	Reagan Bas	1065	999	6,19
12-aug	Reagan Bas	1049	1007	6,17

7.12 LAI vanaf dag 0 t/m 60

De LAI van 'Reagan Bas' met verschillende groeidagen stijgt vanaf het planten van $0,39 \text{ m}^2/\text{m}^2$ tot dag 50 naar een maximum van $8,3 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Het betreft takken uit verschillende opplantingen in dezelfde kas en die op dezelfde dag gemeten zijn. Uitgangsmateriaal en groeiomstandigheden kunnen verschillend geweest zijn. Ook kan het klimaat invloed hebben gehad op de ontwikkeling van het aantal bladeren. Op dag 60 is de LAI gezakt van $8,3 \text{ m}^2/\text{m}^2$ naar $6,9 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Het is mogelijk dat een aantal afgestorven blaadjes onderaan de stengel hiervan de oorzaak is.



Figuur 35. LAI van 'Reagan Bas' op verschillende tijdstippen in de teelt.

8 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies uit de praktijkmonitoring

- Het monitoren van klimaatdata van praktijkbedrijven en Growlabs is heel leerzaam. Voorwaarde hiervoor is wel dat de data van de klimaatcomputers en van de growlabs in één database terecht komen. Het systeem van Letsgrow is hier heel bruikbaar voor gebleken.
- De praktijkmonitoring en de discussie daarover binnen de telers, onderzoekers en adviseurs heeft op diverse punten nieuwe teeltinzichten opgeleverd en bestaande inzichten bevestigd.
- De non-contact-metingen op de Growlabs leveren goede, direct bruikbare metingen op. Dit zijn de metingen van: planttemperatuur, luchttemperatuur, PAR-licht, RV, CO₂, VPD, dauwpunt, WET (watergehalte, EC en temperatuur van de bodem).
- De plantsensor met contactmeting (de plantivity-meter) voldoet, praktisch gezien, minder goed als continu-meting aan een chrysantengewas. Het is een puntmeting op één blad. Een groot handicap daarbij is dat het chrysantengewas erg snel groeit en al na een paar dagen het blad met het meetpunt overgroeit en in de schaduw zet.
- De plantivity is min of meer een stress-indicator, die op basis van de fluorisentiemetingen een correctie-factor inbrengt in het model dat de groei berekent. Omdat het plantenpaspoort heeft uitgewezen dat chrysant bijna nooit stress zal ondervinden, heeft een plantivity-meter maar een geringe meerwaarde bij de groeimodellering van chrysant.

Conclusies uit het onderzoek plantenpaspoort Chrysant

- De gewasafhankelijke kengetallen van Chrysant binnen het fotosynthese model zijn nader bepaald.
- Chrysant is een gewas met een zeer hoge productiecapaciteit. Het gewas is weinig gevoelig voor stress-omstandigheden door bijvoorbeeld lage luchtvochtigheden.
- De fotosynthese is bij chrysant over de dag genomen erg stabiel.
- De licht-responscurve bereikt bij $\pm 900 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ PAR-licht haar maximum. Het chrysantengewas past zich in zekere mate aan de seizoenen aan. Een wintergewas gaat wat beter om met lage lichtintensiteiten, en een zomergewas benut de hoge lichthoeveelheden wat beter.
- De CO₂-responscurve laat zien dat een wintergewas bij 1000 ppm maximaal produceert en een zomergewas bij 1400 ppm CO₂.
- De verschillen in de gemeten plantfysiologische reacties tussen de rassen zijn zeer gering.

Conclusies uit de groeiproef

- Er kunnen behoorlijke verschillen zitten tussen rassen in de productie van versgewicht en drooggewicht.
- De verhoudingen tussen vers- en drooggewicht zijn tussen de rassen gelijk. Het drogestofpercentage verschilt nauwelijks.
- De LAI (Leaf Area Index) is in de tweede helft van de teelt gemiddeld 6,7 m² blad per m² grondoppervlakte.
- De LAI bereikt bij een zomerteelt na 3 weken teeltduur de grens van 3 m²/m².
- Tussen de onderzochte rassen verschilt de LAI behoorlijk (maximaal 15%). Er lijkt een positieve relatie te zijn tussen productie en LAI / aantal bladeren.
- De fotosynthese-output van de plantivity meter is in gram droge stof/m² blad. Uit de fotosynthese metingen blijken er geringe verschillen te komen terwijl en wel grote verschillen zijn in vers- en drooggewicht zijn gevonden. Deze verschillen worden veroorzaakt door verschil in LAI / aantal bladeren tussen de rassen.

Aanbevelingen

- Voor het verder ontwikkelen, vernieuwen en verdiepen van de teeltkennis in de chrysantenteelt is klimaatmonitoring tussen praktijkbedrijven, aangevuld met growlabs met plantsensoren, via een systeem zoals Letsgrow zeer aan te bevelen. Ook is deze werkwijze heel geschikt om praktijk-onderzoek te doen.
- Groeimodellering bij chrysant kan voorlopig verder ontwikkeld worden op basis van de groeifactoren PAR, CO₂, VPD en temperatuur. Voor het raseffect is van belang om de LAI / bladaantal in het model te integreren.
- De huidige apparatuur van directe fotosynthese-metingen aan Chrysant is onvoldoende praktijkklaar en biedt te weinig meerwaarde.
- Een fotosynthese meter met non-contact techniek, bijv. een 'plantivity-camera', die op afstand de fotosyntheseactiviteit van een bepaalde oppervlakte gewas kan meten, zou voor chrysant ideaal zijn. Aan deze technieken wordt op laboratoriumschaal onderzoek gedaan. Het is aan te bevelen om in dit onderzoek te blijven investeren en het gewas chrysant in beeld te houden om mettertijd hier (praktijk)proeven mee te gaan doen.
- De WET-meter verdient het om opgepakt te worden door de praktijk en vooral ook in onderzoekssituaties. Het is een betrouwbare, onderhoudsarme en robuuste meter, die heel bruikbare informatie oplevert over vooral het vochtgehalte van de grond. Met name met het oog op de noodzaak om in de toekomst te telen met minder emissie, is een gereedschap om de watergift nauwkeuriger te sturen heel belangrijk.

Bijlage 1. Lijst met deelnemende bedrijven

Lijst met deelnemende bedrijven van project 'plantsensoren'

H. van Helvoort	Wolput 94	5251 CH	Vlijmen
F. van Paassen	Kerkeland 6	1693 NP	Wervershoof
Kwekerij 't Gildeland	Gildeland 2	3155 RD	De Lier
Kwekerij Buijs Chrysanten	Verdrietweg	5305 VC	Zuilichem
Janssen Maasbree B.V.	Vlasrooth 8	5993 PW	Maasbree
Gebr. J&A van Ruijven	Oranjepolderweg 22	2676 CL	Maasdijk
Fa. Huisman & Zn.	Lange Kruisweg 70 f	2676 BP	Maasdijk
Fa. Overgaag	Van rijckevorsellaan 5	2691 NK	s Gravenzande
Leen Middelburg Chrysanten	Steelhovensedijk 9 ^e	4921 SV	Made
Kwekerij van Ruijven	Woudtzicht 15	2678 NG	De Lier

Bijlage 2. Dataverzameling

Data vanuit klimaatcomputer van deelnemers naar Letsgrow

Totaal aantal gegevens	50
------------------------	----

meteo gegevens	aantal	4
Straling	1	
buitentemp	1	
stralingssom	1	
windsnelheid	1	

Afdelingsgegevens van 2 afdelingen	28
(afdelingsnummers kiezen, zodanig dat er altijd één van de twee een groeiend gewas heeft, ook als de andere afdeling geoogst wordt of net geplant is. Dus een halve teeltroonde uit elkaar)	
Temp	2
RV	2
VD	2
Planttemp	indien van toepassing indien van toepassing 2
VPD	2
schermstand verd. Doek	2
raam luw gemeten	2
raam wind gemeten	2
buis boven gemeten	2
buis boven berekend	2
buis onder gemeten	2
buis onder berekend	2
Berekende verwarmingstemperatuur	2
berekende Ventilatiertemperatuur luw	2

Energiegegevens	18
buffervul%	1
Wkk 1 vermogen of m3/u	1
Wkk 2 vermogen of m3/u	1
Ketel 1 vermogen of m3/u	1
Ketel 2 vermogen of m3/u	1
M3 per uur gaspulsometer	1
Stroom pulsmeter inkoop	1
Stroom pulsmeter verkoop	1
Stroom pulsmeter verbruik kas	1
Buffertemperatuur nr 1	1
Buffertemperatuur nr 2	1
Buffertemperatuur nr 3	1
Buffertemperatuur nr 4	1
Buffertemperatuur nr 5	1
Buffertemperatuur nr 6	1
Buffertemperatuur nr 7	1
Buffertemperatuur nr 8	1
Buffertemperatuur nr 9	1

Bijlage 3. Fotosynthesemetingen door Plant Dynamics

Plantenpaspoort Chrysant



9 augustus 2008
Uitvoering: Ing C.S. Pot
Verslag: Dr ir A.H.C.M. Schapendonk

www.plant-dynamics.nl
Englaan 8
6703EW Wageningen
06-21983129

In opdracht van DLV Plant
Locatie:
-Kwekerij Van Ruijven BV
-Fa Janssen.

Janssen
Maasbree B.V.
Vlasrooth 8
5993 PWMaasbree

Inhoudsopgave

	pagina
1.1 Doelstelling	3
1.2 Materiaal en Methoden	3
1.2.1 Teelt en gewas kenmerken:	3
1.2.2 Fotosynthese en huidmondjes metingen	4
1.2.3 Kasklimaat	6
1.3 Experimentele resultaten	8
1.3.1 Verloop van de huidmondjesgeleidbaarheid over de dag	8
1.3.2 Fotosynthese capaciteit	10
1.3.3 Variatie over de dag	12
1.3.4 Variatie over het seizoen	12
1.3.5 Variatie per ras	14
1.3.6 Absolute luchtvochtigheid	18
1.3.7 Relatieve luchtvochtigheid (RV)	18
1.3.8 Dampdruk (VP) en dampdruk deficit (VPD)	18
2 BIJLAGE 2 LICHT	19

Disclaimer.

Dit verslag is alleen bedoeld voor persoonlijk gebruik door de opdrachtgever en niet voor verdere verspreiding. Plant Dynamics BV is niet verantwoordelijk voor eventuele schade, die voortkomt uit het gebruik van de vindingen en proefresultaten die in dit verslag beschreven zijn.

1.1 Doelstelling

Dit pilot experiment is bedoeld om een eerste indruk te verkrijgen van de assimilatie capaciteit en fotosynthese eigenschappen van chrysant. Er is speciaal aandacht besteed aan de fotosynthese parameters en de huidmondjes reactie in afhankelijkheid van lichtintensiteit (zie bijlage 1), VPD (zie bijlage 2) en CO₂ concentratie. De resultaten van het onderzoek bieden een uitgangspunt voor een verdere optimalisering van de teelt.

Uit de metingen blijkt dat de assimilatie eigenschappen van het ras, onder de heersende experimentele condities, zonder meer uitstekend waren. Omdat de productie van chrysanten door meer componenten wordt bepaald dan de assimilatie eigenschappen alleen, kan dit positieve resultaat niet direct worden vertaald naar de productiecapaciteit van het ras maar het is wel een basis voor verdere berekeningen waarin ook de bloeikarakteristieken worden meegewogen.

1.2 Materiaal en Methoden

1.2.1 Teelt en gewas kenmerken:

21-2-2008: meting bij Fa. Janssen aan ras Reagan Pink en Bacardi Wit

Klimaat:

Belichting aan/uit: 50 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ van 6 tot 10 uur.

Bewolkingsgraad: ochtend zeer bewolkt, begin middag diffuus zonnig, later weer zwaar bewolkt weer.

Energiedoek: open om 8:30 uur.

[CO₂]: 800-900 ppm.

Aangeleverde klimaatgegevens: zie sheet klimaat

Gewaskenmerken:

Leeftijd: circa zelfde stadium als op 3 juni

22-2-2008: meting bij Fa. van Ruijven aan ras Euro Wit en Anastasia Wit

Klimaat:

Belichting aan/uit: 110 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (1000 W installatie) van 6 tot 12 uur.

Bewolkingsgraad: hele dag bewolkt.

Energiedoek: open om 7:00 uur.

[CO₂]: nacht circa 700 ppm, overdag circa 500 ppm.

Aangeleverde klimaatgegevens: zie sheet klimaat

Gewaskenmerken:

Leeftijd: circa zelfde stadium als op 2/3 juni

Euro strekt meer dan Anastasia. Stengel is wel dunner.

2-6-2008: meting bij Fa. Janssen aan alle rassen

Klimaat:

Gewas onbelicht (alleen in begin stuurlicht (LD behandeling met circa 100 lux van gloeilampen).

Bewolgingsgraad: ochtend zonnig, warm en vochtig, middag: idem; vanaf 16:30 uur onweer.

Energiedoek: geen (alleen verduistering tot 8:00 uur).

[CO₂]: nacht circa 700 ppm; overdag circa 380 ppm (ramen staan hele dag wijd open).

Aangeleverde klimaatgegevens: zie sheet klimaat.

Gewassenmerken:

Leeftijd: planten week 18 dag 2; begin korte dag week 20 dag 6 (na 17 dagen).

Planthoogte:

Bacardi: 68 cm; stengel dikker dan euro en dunner dan Anastasia.

Euro: 72 cm; stengel lijkt dunner dan de rest.

Anastasia: 56 cm; stengel redelijk dik.

Artic queen: 59 cm; stengeldikte als Bacardi.

Reagan: 57 cm; stengeldikte als Bacardi.

3-6-2008: meting bij Fa. Janssen aan alle rassen

Klimaat:

Gewas onbelicht (alleen in begin stuurlicht (LD behandeling met circa 100 lux van gloeilampen).

Bewolgingsgraad: ochtend bewolkt. Middag: vanaf circa 11 uur steeds meer zon en warm; de huidmondjes reageren snel.

Energiedoek: geen (alleen verduistering tot 8:00 uur).

[CO₂]: circa 350 ppm (ramen staan hele dag wijd open).

Aangeleverde klimaatgegevens: zie sheet klimaat.

Gewassenmerken:

Leeftijd: planten week 18 dag 2.

Begin korte dag week 20 dag 6 (na 17 dagen).

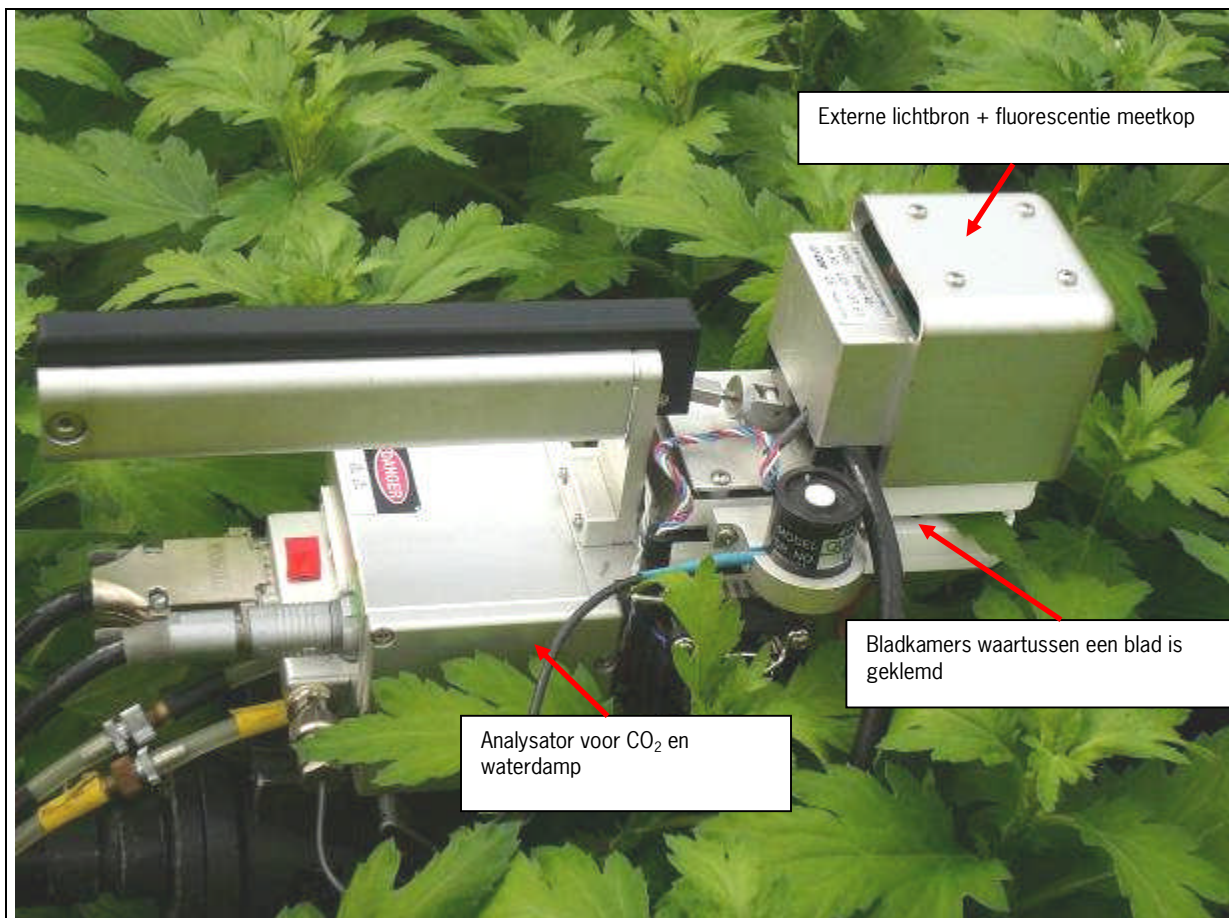
1.2.2 Fotosynthese en huidmondjes metingen

De metingen zijn uitgevoerd aan planten van afd. 2.

De fotosynthese metingen zijn verricht met de LiCor fotosynthese apparatuur. In het meetcuvet van deze apparatuur kunnen de lichtomstandigheden, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte termijn reactie op deze veranderingen bepaald worden.

Licht respons curve werd gemeten bij de volgende lichtintensiteiten: donkeradaptatie - 50 - 100 - 400 - 600 - 800 - 1000 - 0 bij 800 ppm CO₂ (elke lichtstap in 2 tot 3 minuten).

CO₂ response curven werden gemeten bij de volgende CO₂ concentraties: 200 - 350 - 600 - 900 - 1200 - 1500 ppm bij 1000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ PAR.



LiCor-6400 meetapparatuur.

Assimilatie en fluorescentie (ETR) zijn gemeten met de LiCor 6400.

In de meet cuvette van deze apparatuur worden lichtintensiteit, CO₂ concentratie, temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid door een computerprogramma ingesteld en gevarieerd. Hierdoor kan de reactie van de assimilatie op deze veranderingen momentaan bepaald worden.

De LiCor-6400 kan zodanig geprogrammeerd en gekalibreerd worden dat automatisch in ongeveer 40 minuten een reeks van oplopende lichtintensiteiten op het ingeklemde blad wordt gedoseerd. Na elke stap wordt de actuele assimilatie van het betreffende blad gemeten. Daarnaast wordt de openingstoestand van de huidmondjes gemeten en wordt met behulp van chlorofyl fluorescentie de fotosynthese capaciteit gemeten. Tijdens de metingen met de LiCor-6400 bij verschillende lichtintensiteiten werd de CO₂ concentratie op 800 ppm gehandhaafd. De lichtintensiteit tijdens de CO₂ respons curve was 1000 μ mol PAR.

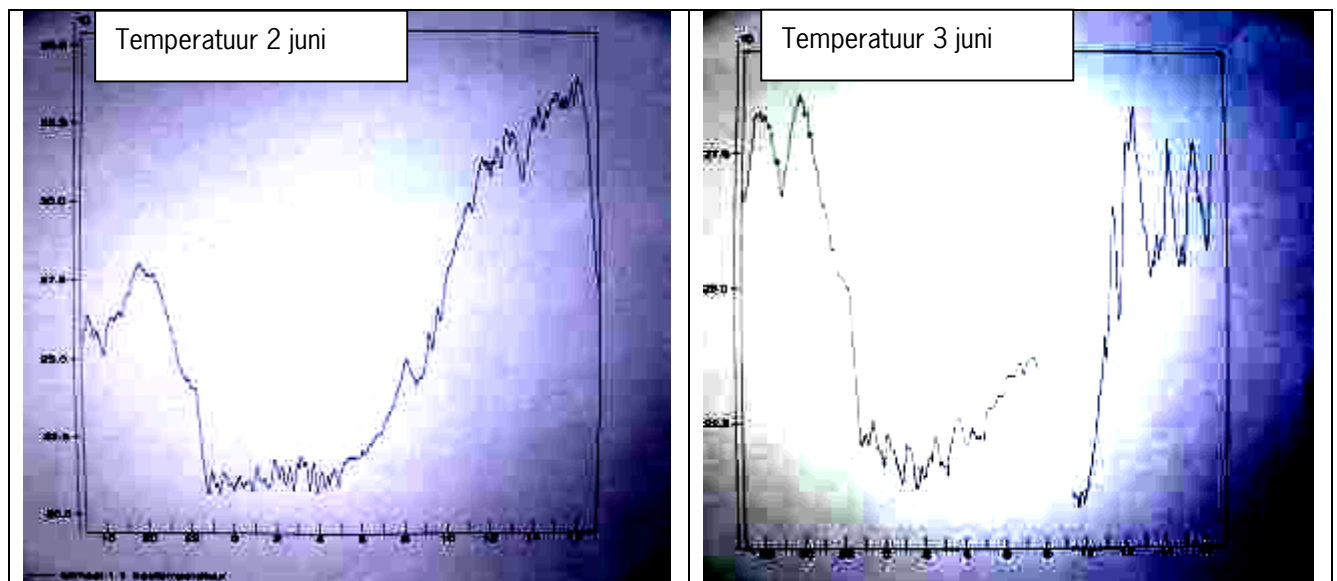
Meting huidmondjesgeleidbaarheid:

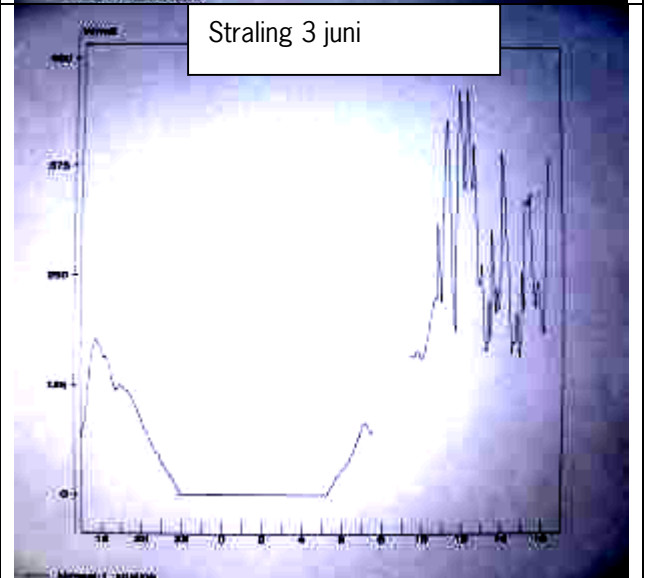
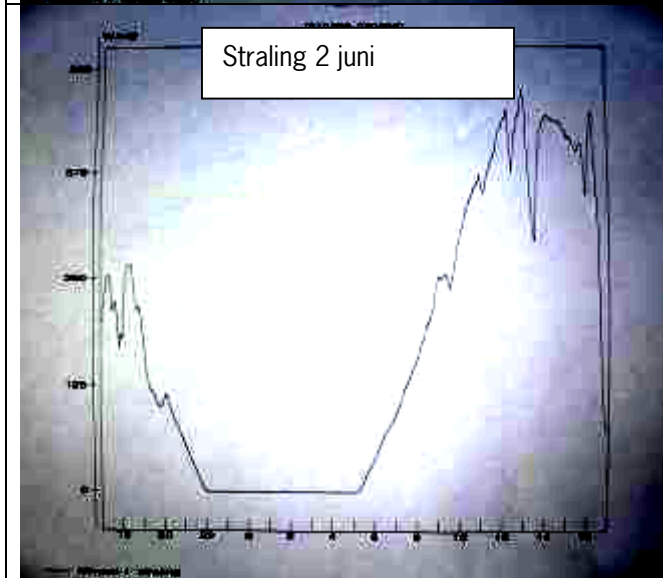
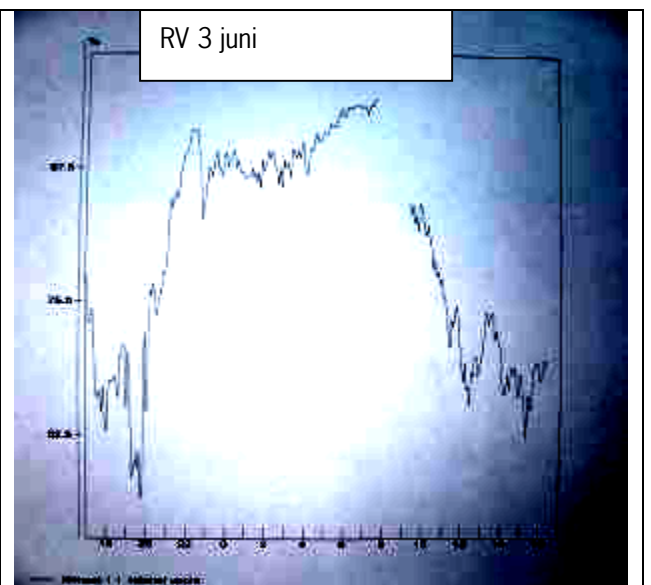
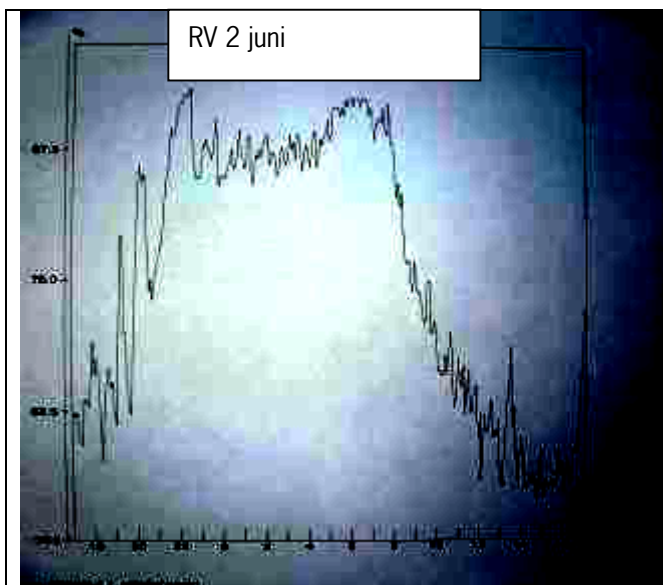
Met de porometer werden veranderingen van de huidmondjesgeleidbaarheid op verschillende tijdstippen op de dag geregistreerd (5 bladeren per ras).

1.2.3 Kasklimaat



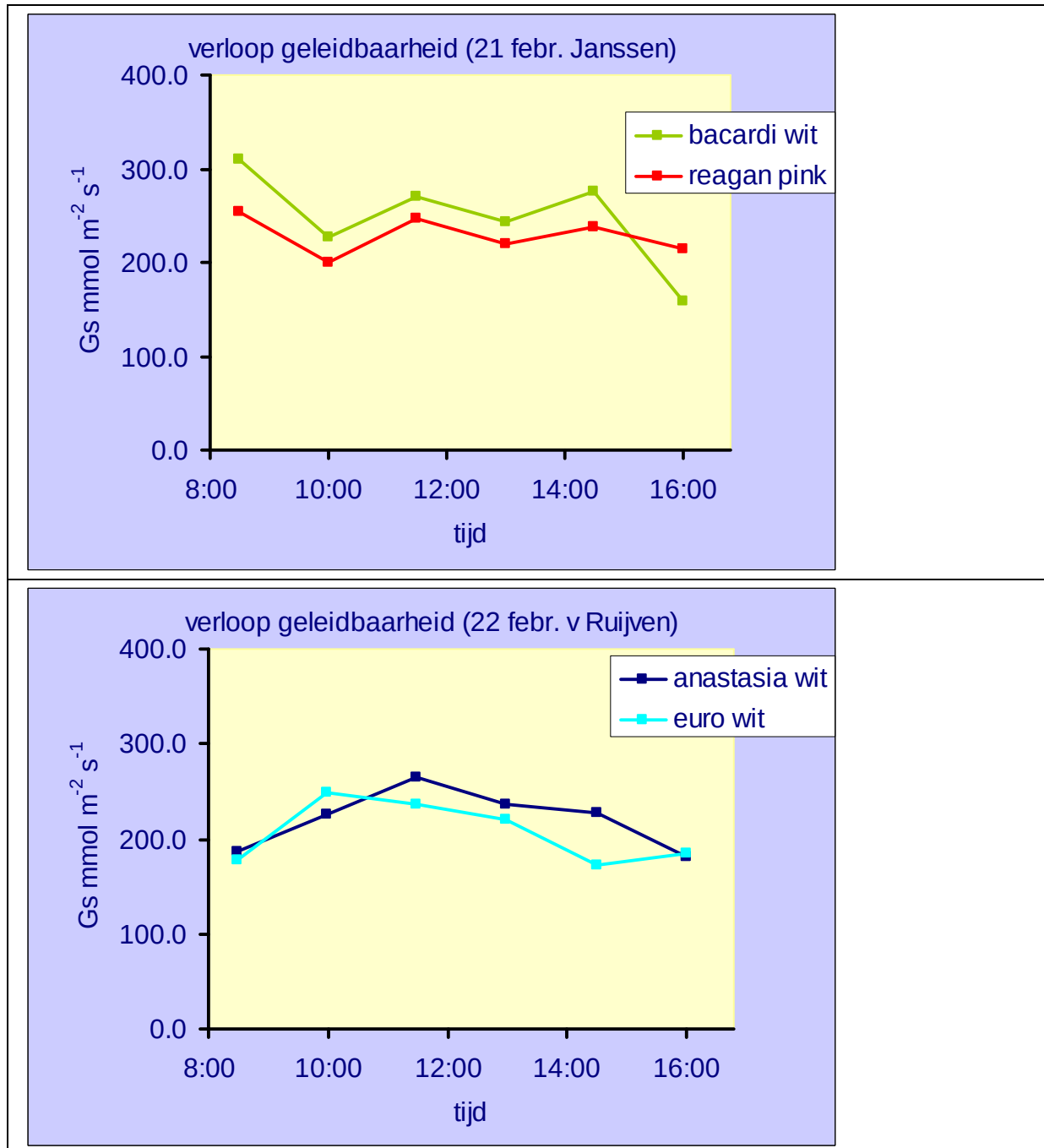
In onderstaande figuren zijn scans weergegeven van data uit de klimaatcomputer. De data hebben betrekking op het klimaat van 18:00 u op de vooravond van de metingen tot 17:00 u op de meetdag zelf.

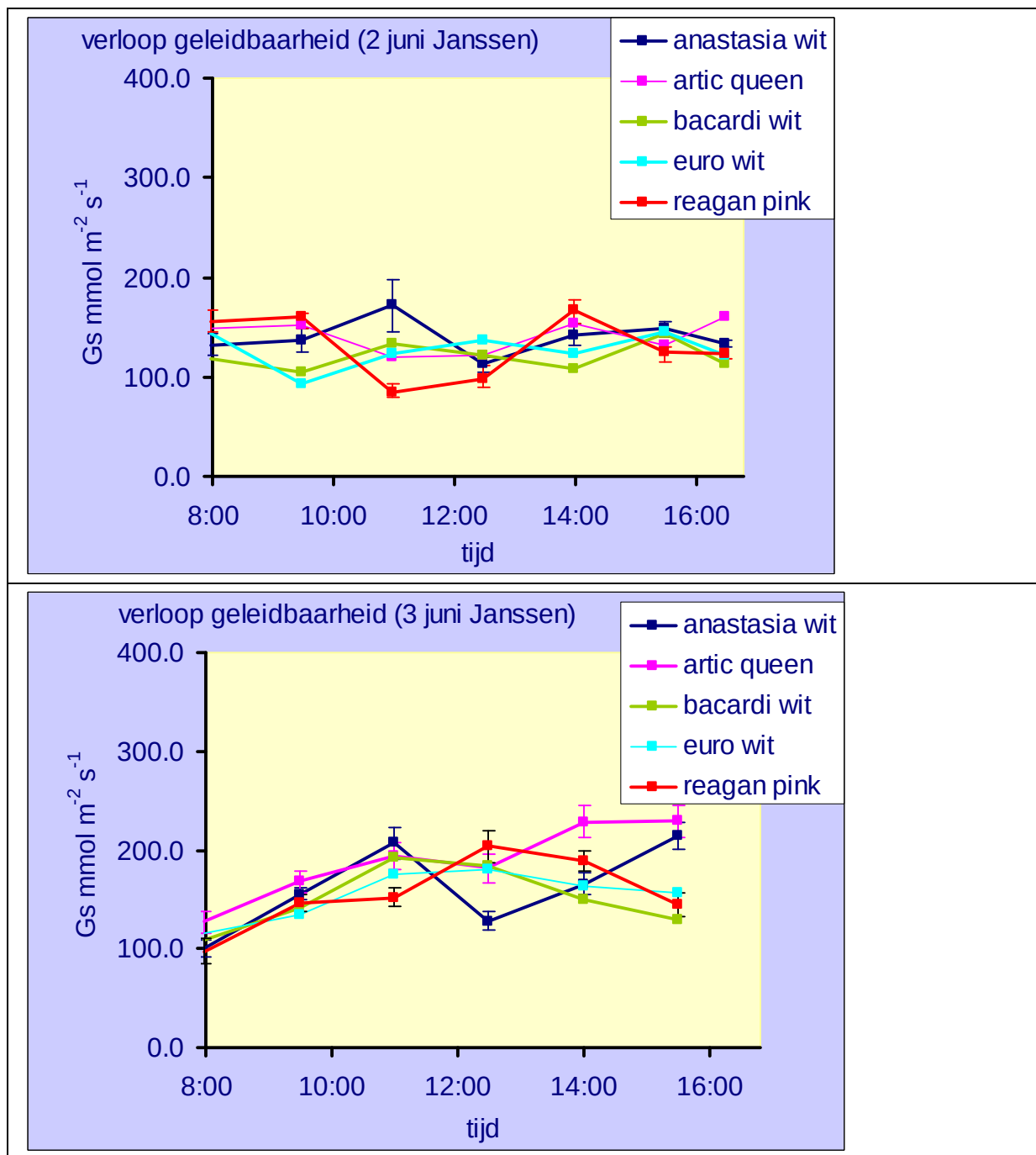




1.3 Experimentele resultaten

1.3.1 Verloop van de huidmondjesgeleidbaarheid over de dag





Alle onderzochte rassen hebben een hoge huidmondjesgeleidbaarheid, die ook stabiel blijft over de dag. Uit de metingen lijkt er een lichte tendens te zijn dat de huidmondjesgeleidbaarheid (Gs) in de ochtend langzaam toeneemt tot een maximum rond het middaguur en aan het eind van de middag een geringe afname. Gs is gekoppeld aan de lichtintensiteit maar ook aan bladtemperatuur.

Datum	ras	gemiddelde Gs mmol m ⁻² s ⁻¹
februari	bacardi wit	248
februari	reagan pink	229
februari	anastasia wit	220
februari	euro wit	207
juli	anastasia wit	150
juli	artic queen	163
juli	bacardi wit	134
juli	euro wit	139
juli	reagan pink	142

In bovenstaande tabel is de gemiddelde geleidbaarheid van alle metingen weergegeven. Dit geeft een goede indruk van de totale verschillen tussen de rassen. De rasvariatie is klein. De verschillen tussen de seizoenen zijn groter dan de rasvariatie. Gs was voor alle rassen in februari hoger dan in juli. De belangrijkste reden was de relatief hoge VPD van het blad in juli. In februari, bij een lage VPD heeft Bacardi de hoogste geleidbaarheid maar in juli, bij een hogere VPD, is de geleidbaarheid van Bacardi het laagst van alle rassen. Anastasia en Euro wit zijn het meest stabiel, hoewel Arctic Queen in juli ook hoog scoorde maar van dat ras zijn in februari geen metingen gedaan.

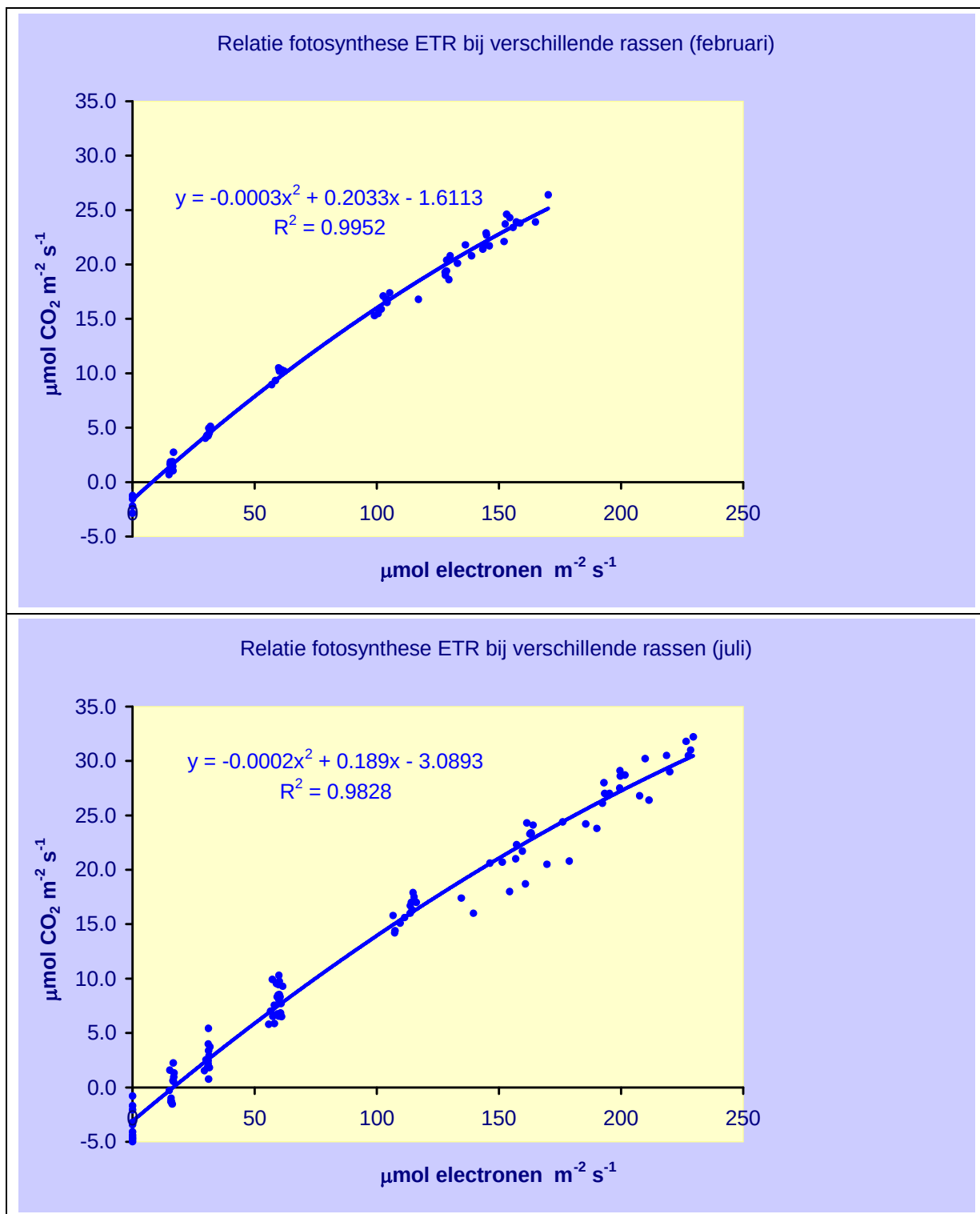
1.3.2 Fotosynthese capaciteit

Dat de huidmondjes geleidbaarheid van de gemeten bladeren op geen enkel moment beperkend is geweest voor de assimilatie, is kenmerkend voor een zeer productief, vitaal gewas.



Meting fotosynthese aan topbladeren bij chrysant.

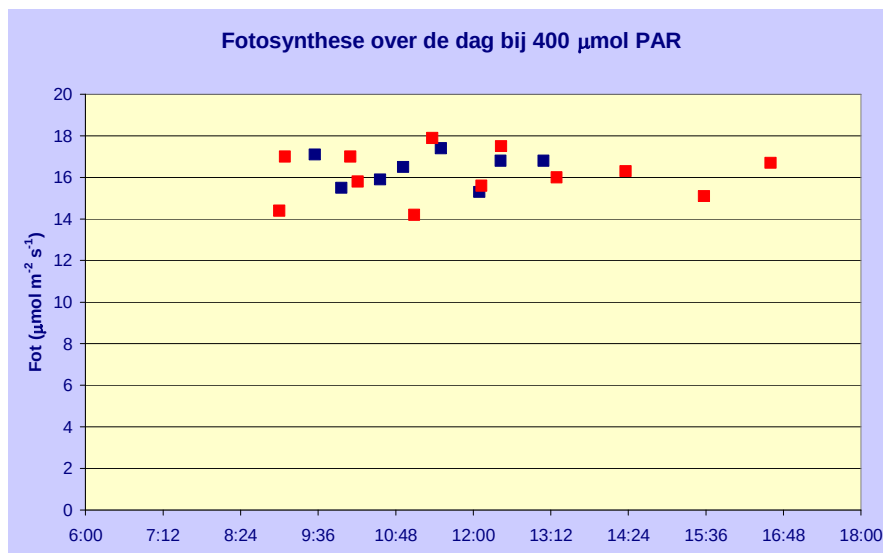
Met behulp van fluorescentiemetingen, die simultaan worden verricht met de assimilatiemeting, is de assimilatie capaciteit in afwezigheid van huidmondjesbeperking bepaald (ETR). De relatie tussen de simultaan gemeten fotosynthese en ETR voor alle metingen is in de figuur hieronder weergegeven.



De verhouding tussen ETR (getal op de x-as) gedeeld door de fotosynthese (getal op de Y-as) is een maat voor de efficiëntie waarmee lichtenergie wordt gebruikt in de assimilatie. Voor chrysanten ligt het getal tussen 5 (zeer efficiënt) en 6 (efficiënt). Chrysanten zijn altijd al efficiënt maar hoe dichter het getal bij 5 ligt hoe efficiënter de fotosynthese. In de zomer is de

fotosynthese 5 – 10 % efficiënter dan in de winter, ondanks de lagere geleidbaarheid van de huidmondjes in de zomer.

1.3.3 Variatie over de dag

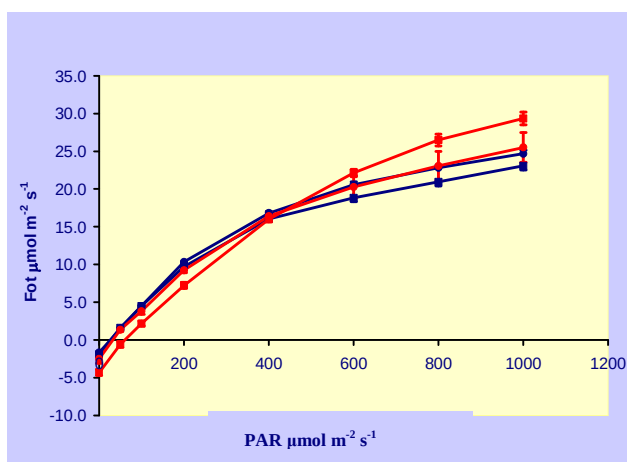


In tegenstelling tot veel andere tuinbouwgewassen is de fotosynthese over de dag erg stabiel. In de figuur is de fotosynthese bij 400 µmol PAR op verschillende tijden gemeten. De data zijn gemiddeld voor alle rassen in de winter (blauw) en de zomer (rood).

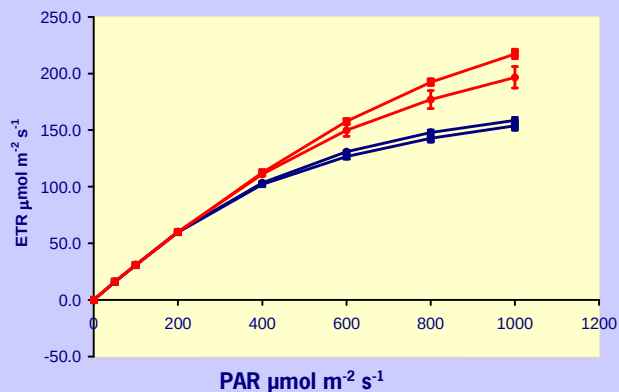
1.3.4 Variatie over het seizoen

1.3.4.1 Licht response

Vergelijking van de fotosynthese in de zomer en de winter, gemiddeld over alle rassen. In de zomer is de fotosynthese hoger, ondanks de lagere Gs. Aanpassing aan de hogere lichtintensiteiten is hiervan de oorzaak. 21 februari en 2 juni (vierkante symbolen), 22 februari en 3 juni (ronde symbolen). De balkjes geven de standaard error.

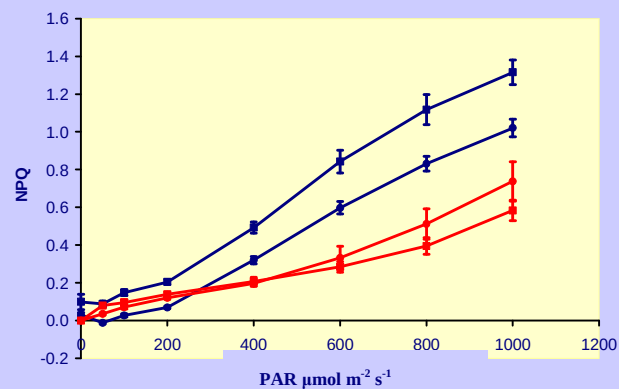


Fotosynthese gemiddeld over alle rassen. De wintermetingen zijn blauw en de zomermetingen rood. De symbolen geven de dag van de meetreeks; vierkant is dag 1, rondje is dag 2. De fotosynthese is hoger in de zomer. Hieruit blijkt dat de huidmondjesgeleidbaarheid niet beperkend is, ondanks de lagere waarden in de zomer, vergeleken met de winter.



Vergelijking fotosynthese capaciteit in zomer en winter, gemiddeld over alle rassen.

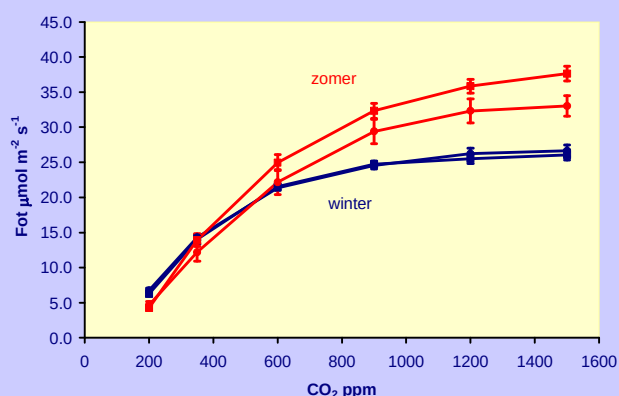
Het patroon van ETR (een maat voor de fotosynthese capaciteit) is vrijwel identiek aan dat van de fotosynthese. De hogere ETR is waarschijnlijk het gevolg van een langzame aanpassing aan hogere lichtintensiteiten.



Vergelijking van Npq (toerental) over zomer en winter, gemiddeld voor alle rassen.

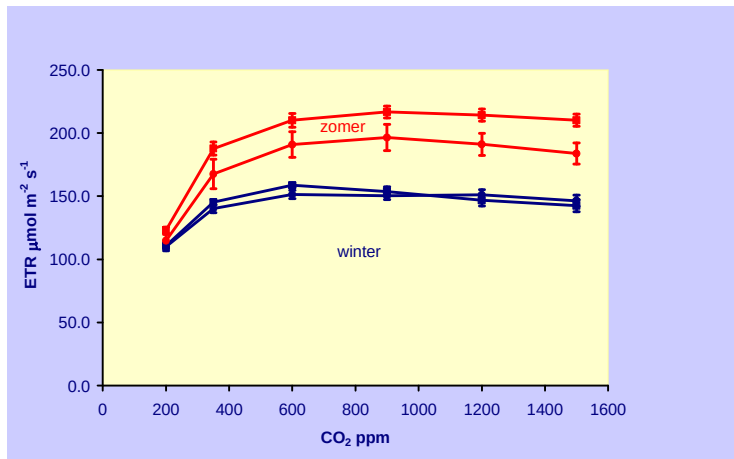
Npq reflecteert een soort toerental van de fotosynthese. We zien dat het toerental in de zomer lager is dan in de winter. Toch is de fotosynthese in de zomer hoger (zie figuur hierboven). De plant maakt dus meer snelheid bij een lager toerental.

1.3.4.2 CO₂ respons



21 februari en 2 juni (vierkante symbolen), 22 februari en 3 juni (ronde symbolen). De balkjes geven de standaard error.

De response op CO₂ is zeer duidelijk. In de winter neemt de fotosynthese toe tot een concentratie van 800 ppm. In de zomer is nog een geringe toename van de fotosynthese te zien boven dat niveau. Opmerkelijk is de snellere toename van de fotosynthese in de zomer, bij lage CO₂ concentraties. Dit wordt veroorzaakt door een grotere hoeveelheid RubisCO (het enzym dat CO₂ bindt).

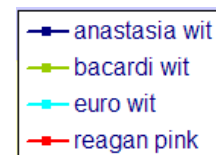
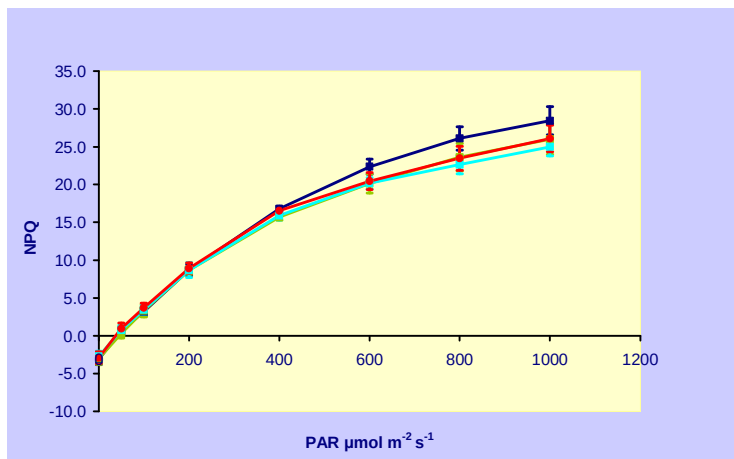


De fotosynthese capaciteit neemt toe met een toename van de CO₂ concentratie. Dit effect is in de zomer groter dan in de winter.

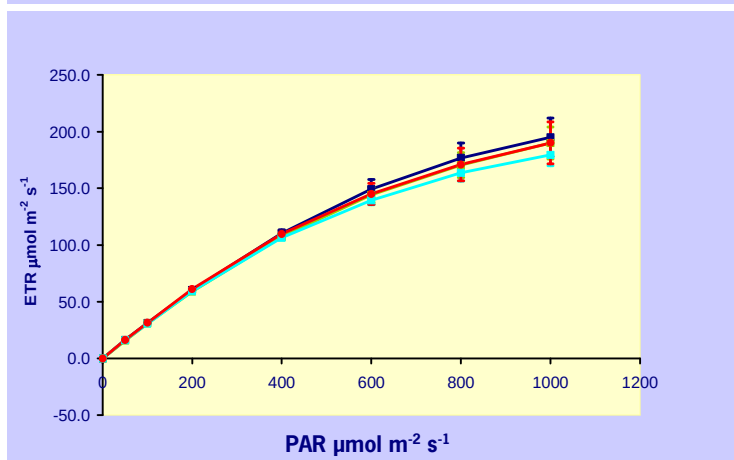
1.3.5 Variatie per ras

In bovenstaande analyse werden gemiddelden gepresenteerd voor beide seizoenen. In onderstaande analyse zijn berekeningen gemaakt voor rasgemiddelden over de seizoenen heen.

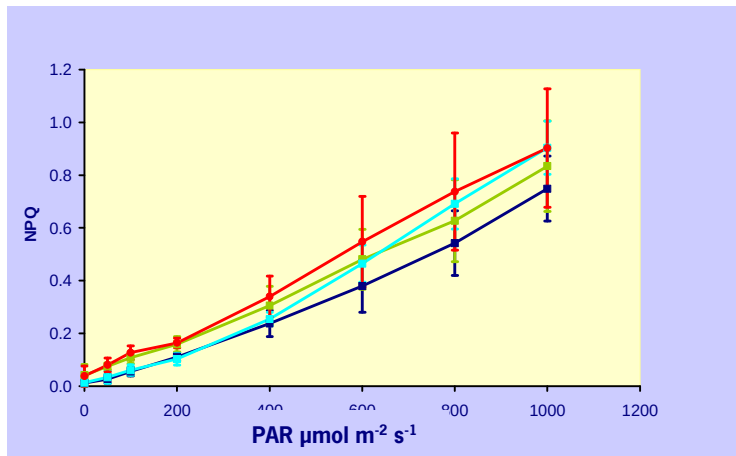
1.3.5.1 Licht response



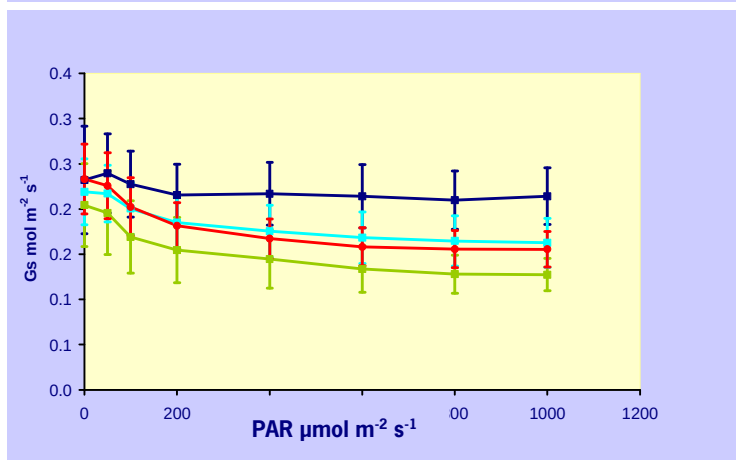
De fotosyntheseverschillen tussen de rassen is zeer gering. In deze figuur zijn de metingen per ras gemiddeld over alle meetdagen.



Zeer geringe verschillen in ETR. Anastasia en Reagan Pink hebben een geringe hoger productiecapaciteit.

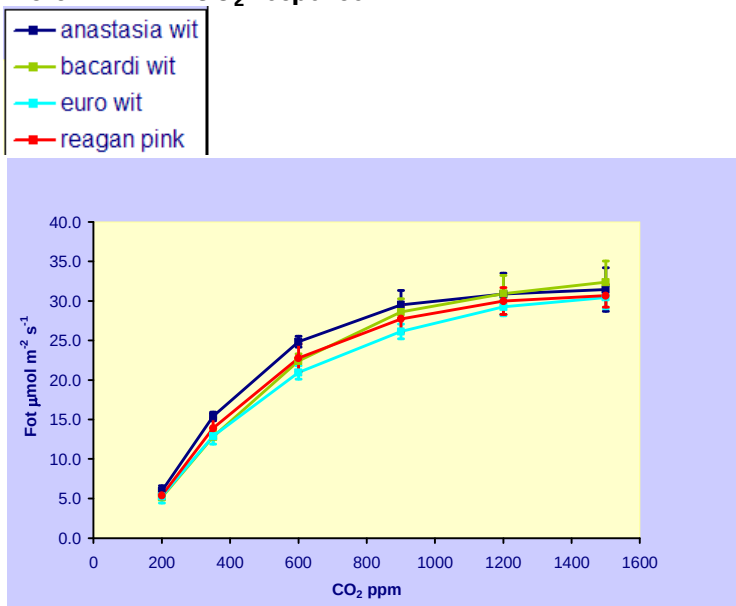


Verschillen in toename Npq bij een toename van de lichtintensiteit. De verschillen zijn gering. Zelfs bij 1000 $\mu\text{mol PAR}$ blijft Npq voor alle rassen lager dan 1. Anastasia heeft de hoogste fotosynthese bij de laagste Npq.

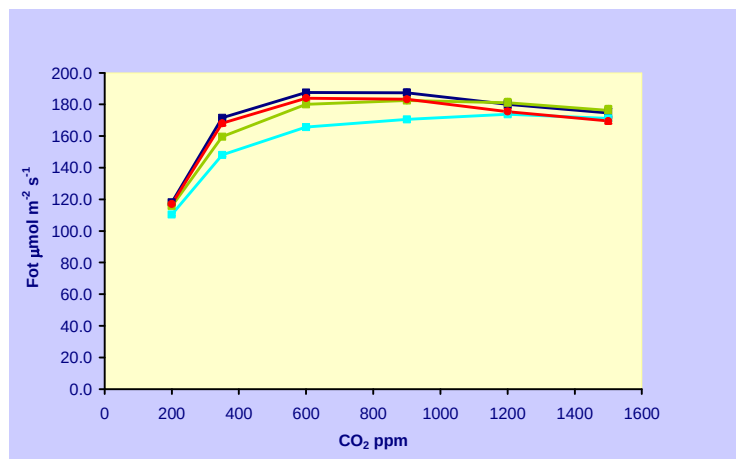


Bacardi is het meest gevoelig voor een hoge VPD. Anastasia heeft gemiddeld de hoogste geleidbaarheid bij oplopende lichtintensiteit.

1.3.5.2 CO₂ response



Door de CO₂ concentratie in het meetcuvet te variëren werd het effect op de fotosynthese snelheid bepaald. De initiële startconcentratie was 200 ppm. In het meetcuvet werd de concentratie steeds gevarieerd. De lichtintensiteit werd constant gehouden op 1000 $\mu\text{mol PAR}$. De fotosynthese neemt toe met de CO₂ concentratie en deze relatie is evenals de licht-respons curve een verzadigingscurve. De response op CO₂ is hoog en stabiel over de dag.



Effect van CO₂ op ETR.

1.3.5.3 VPD effecten

De negatieve effecten van een hoge VPD in de zomer werden gedeeltelijk opgeheven door aanpassing van de bladeren en door de toename van de lichtintensiteit. Uit geleidbaarheidsmetingen met de porometer werd in de zomer een afname van ongeveer 35% waargenomen vergeleken met de winter. Om een compleet beeld te verkrijgen zijn ook alle LiCor metingen geanalyseerd met betrekking tot Gs.

	ras	Fot	VpdL	Gs	Npq	T/blad	CO2	PAR	cuvette	PARKas
Anastasia	winter	17.1	0.90	0.17	1.04	22.5	788		735	126
Anastasia	zomer	19.7	1.27	0.24	0.48	31.1	785		645	728
Bacardi	winter	18.0	0.85	0.17	1.33	23.8	787		731	146
Bacardi	zomer	18.4	1.59	0.17	0.61	28.8	787		715	371
Euro	winter	18.7	0.96	0.17	0.80	22.7	787		712	153
Euro	zomer	15.6	1.52	0.16	0.68	30.1	787		644	699
Reagan	winter	16.8	0.84	0.19	1.37	22.8	788		731	88
Reagan	zomer	20.1	1.70	0.17	0.55	30.6	786		715	455

In bovenstaande tabel zijn de gemiddelden (n = 72) van alle metingen met de LiCor weergegeven. In deze metingen is dus ook een positief effect van de toename van licht werd verdisconteerd. In tegenstelling tot de (geringe) afname van Gs werd zelfs een lichte toename van de Gs geconstateerd in de zomer. In de laatste kolom is te zien hoe groot de verschillen in lichtintensiteit in de kas waren tijdens de metingen. De aanpassing aan de hoge lichtintensiteit compenseert gedeeltelijk voor de toename in VPD. Het is daarom niet mogelijk om de variatie in de huidmondjesgeleidbaarheid met 1 enkele parameterset te begrijpen.

Gewasafhankelijke kengetallen Chrysant						
winter	Do	a1	Conv	Vcmax25	Abs	Gsco
Bacardi wit	1	5	1	77	0.8	0.001
Reagan Pink	1.5	7	1	81	0.8	0.001
Euro Wit	1.5	6	1	81	0.8	0.001
Anastatia wit	1.5	5	1	79	0.8	0.001
zomer						
Bacardi wit	1	9	1	96	0.8	0.001
Reagan Pink	1.5	10	1	80	0.8	0.001
Euro Wit	1.5	9.5	1	80	0.8	0.001
Anastatia wit	1.5	7	1	98	0.8	0.001
Do	factor voor tuning van ras afhankelijkheid voor VPD. Een hoge waarde betekent een snellere daling van de huidmondjesgeleidbaarheid bij toename van VPD-blad					geen
a1	factor voor tuning van ras afhankelijkheid voor VPD. A1 zegt iets over de basis geleidbaarheid bij VPD-blad = 0.					geen
Conv	conversiefactor. Dit is een maat voor verliezen bij de energie omzetting van ETR (elektronentransport) naar CO ₂ opname.					geen
ABS	fractie van het opvallend groeilicht (PAR) dat wordt geabsorbeerd door het blad					geen
Vcmax25	maximale snelheid van CO ₂ opname bij lichtverzadiging bij 25 °C					μmol.m ⁻² .s ⁻¹
Gsco	geleidbaarheid voor CO ₂ in het donker					mol.m ⁻² .s ⁻¹

Bijlage 1 Luchtvochtigheid

VPD in relatie tot RV in de kas
0.8 kPa komt overeen met:
25 graden blad en 75 % RV kas
30 graden blad en 80 % RV kas

1.5 kPa komt overeen met:
25 graden blad en 55 % RV kas
30 graden blad en 65 % RV kas

Luchtvochtigheid is een van de belangrijkste klimaat factoren in de kas. Bij alle temperaturen kan waterdamp door condensatie overgaan in vloeibaar water en door verdamping weer in waterdamp. Voor verdamping van waterdamp is veel energie nodig, die bij condensatie weer vrijkomt. De overgang van waterdamp naar water en omgekeerd heeft grote invloed op de energiehuishouding in de kas. Inzicht in het begrip luchtvochtigheid en alles wat daarmee samenhangt, is dus van essentieel belang voor een goed kasklimaat. De luchtvochtigheid is afhankelijk van de hoeveelheid waterdamp die in de lucht zit. Om een beeld te krijgen moet men rekening houden met de volgende factoren: absolute luchtvochtigheid, relatieve luchtvochtigheid (RV), dampdruk, dampdruk deficit, dauwpunt.

1.3.6 Absolute luchtvochtigheid

Is de hoeveelheid waterdamp (g/m^3) die de lucht maximaal kan opnemen. Omrekeningen van absolute luchtvochtigheid naar relatieve luchtvochtigheid kan alleen als de temperatuur bekend is. Bijvoorbeeld 15 g/m^3 bij 17.5°C is gelijk aan 100% RV, terwijl bij 25°C het gelijk is aan 65% RV.

1.3.7 Relatieve luchtvochtigheid (RV)

De relatieve luchtvochtigheid is de verhouding tussen de hoeveelheid waterdamp die in de lucht zit en de hoeveelheid die de lucht bij dezelfde temperatuur maximaal kan opnemen. De RV wordt uitgedrukt in procenten. Bijvoorbeeld bij 20°C kan de lucht 17.3 g/m^3 waterdamp bevatten. Als er nu maar 13 g/m^3 inzit bij 20°C is er een RV van 75 %.

Veranderingen in de RV zijn afhankelijk van twee factoren: de temperatuur en het vochtgehalte. Bij een gelijk vochtgehalte daalt de RV als de temperatuur stijgt. Omgekeerd stijgt de RV als de temperatuur daalt. Als de luchttemperatuur gelijk blijft maar het vochtgehalte veranderd wijzigt ook de RV.

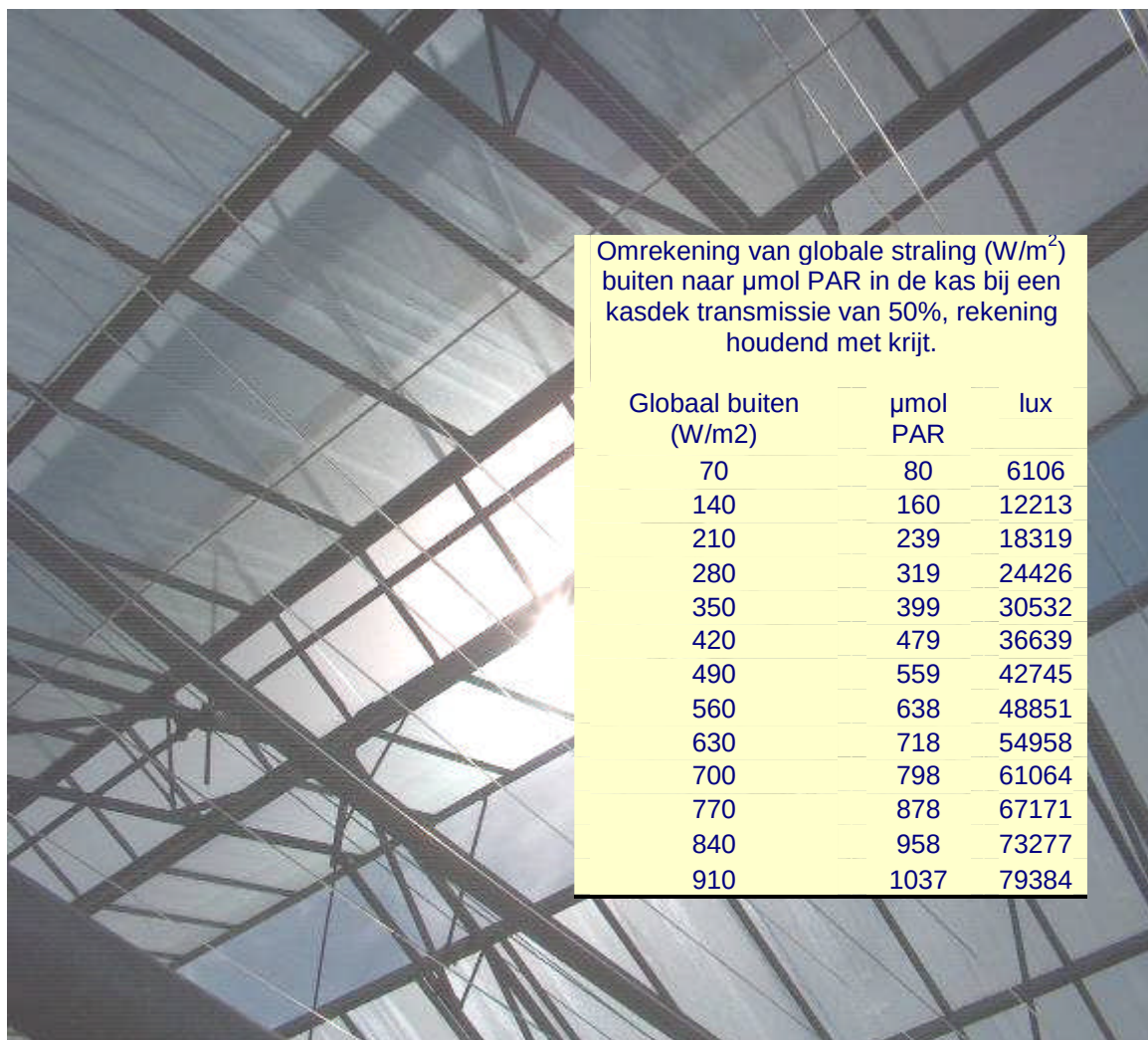
1.3.8 Dampdruk (VP) en dampdruk deficit (VPD)

Dampdruk ontstaat door botsingen van waterdampmoleculen. De druk die de moleculen uitoefen hangt af van de massa en de gemiddelde snelheid (is temperatuur) van de moleculen. Alle gassen die zich in de lucht bevinden maken samen de luchtdruk. Dampdruk van water ligt normaal ergens tussen de 1 en 5 kPa.

Het waterdampdruk deficit is het verschil tussen de maximale waterdampdruk en de actuele waterdampdruk. De VPD ligt normaal tussen de 0.1 kPa (hoge luchtvochtigheid) en de 3 kPa (lage luchtvochtigheid). Een lage VPD betekent een hoge luchtvochtigheid en omgekeerd. Hoe hoger de VPD hoe droger de lucht en hoe meer de plant moet verdampen.

2 Bijlage 2 Licht

In deze studie wordt licht uitgedrukt in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Omdat niet iedereen deze eenheid hanteert, is met deze tabel een omrekening te maken naar de gemeten globale straling buiten (mits de transmissie van het kasdek bekend is) of naar de eenheid lux. Uitgaande van het feit dat ongeveer 45% van de globale straling uit PAR licht bestaat betekent dat er maximaal 80 W PAR overblijft in de kas. Voor zonlicht geldt dat 1 W PAR gelijk is aan 4,56 μmol . 80 W/ m^2 PAR in de kas is gelijk aan 365 μmol PAR in de kas. Onder niet geschermded condities, bijvoorbeeld bij 650 W/ m^2 buiten is de lichtintensiteit in de kas 325 W/ m^2 globaal = $325 \cdot 0.45 = 146$ W/ m^2 PAR = 670 μmol / m^2 PAR.



Omrekening van globale straling (W/ m^2) buiten naar μmol PAR in de kas bij een kasdek transmissie van 50%, rekening houdend met krijt.

Globaal buiten (W/ m^2)	μmol PAR	lux
70	80	6106
140	160	12213
210	239	18319
280	319	24426
350	399	30532
420	479	36639
490	559	42745
560	638	48851
630	718	54958
700	798	61064
770	878	67171
840	958	73277
910	1037	79384