

Fotosynthese Onderzoek bij Lelie in relatie tot CO₂ en licht



Gefinancierd door Productschap Tuinbouw
PT-projectnr12888

21 maart 2008

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	3
2	METINGEN	4
2.1	Conditie in de kas	4
2.2	Fotosynthesemetingen: invloed CO ₂	6
2.3	Verloop van de huidmondjes geleidbaarheid over de dag	14
2.4	Verloop van de fotosynthese over de dag	15
2.5	Seizoen effecten	16
2.6	LCR: Lichtafhankelijke fotosynthesemetingen: spreiding tussen cultivars.	17
2.7	Fotosynthesemetingen: spreiding tussen groepen en invloed licht.	25
3	CONCLUSIES	25

Met dank aan de begeleidingscommissie voor hun medewerking en gastvrijheid op locatie.

Plant Dynamics B.V.¹

Productschap  **Tuinbouw**

Ad Schapendonk en Sander Pot

Internet : www.plant-dynamics.nl

E-mail : mail@plant-dynamics.nl

Adres : Englaan 8

Tel. : 0317 - 452241

Fax : 0317 - 485572

¹ © 2008 Wageningen, Plant Dynamics BV

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Dynamics BV of het Productschap Tuinbouw.

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

1 Inleiding

Fysiologische factoren, zoals CO_2 assimilatie en huidmondjesgedrag vormen de basis voor een optimale productiecapaciteit. Belangrijke variabelen daarbij zijn licht en CO_2 maar ook het effect van seizoenen en het tijdstip op de dag zijn van belang. Bij de keuze van de meest optimale teeltomstandigheden zijn de lichtbenutting efficiëntie en de toename van de fotosynthese bij hogere CO_2 concentraties van cruciaal belang. Deze belangrijke karakteristieken zijn bij lelie niet bekend. Zoals uit de probleemstelling al blijkt, is het van groot belang om de CO_2 dosering tijdens een teelt optimaal af te stemmen op lichtintensiteit en teeltfase. Bij Lelie is over de CO_2 behoefte vrijwel niets bekend en er zijn nog geen rechtstreekse metingen bekend, waarmee de effecten op de fotosynthese werden vastgesteld.

In het hier beschreven onderzoek wordt daarom het effect van CO_2 op de fotosynthese van lelie vastgesteld. Het onderzoek is gericht op een karakterisering van de fotosynthese bij verschillende lelie soorten. De effecten van CO_2 worden in alle vier de seizoenen geanalyseerd. Ook wordt de lichtefficiëntie van de fotosynthese bij lelie in kaart gebracht tegen de achtergrond van verschillen in CO_2 concentratie. Bij welk lichtniveau de fotosynthese optimaal verloopt hangt namelijk af van die concentratie. Voor toepassing van assimilatiebelichting is dat dus van groot belang. Het rendement van de belichting neemt toe met een toename van de CO_2 concentratie, tenminste als de plant CO_2 -gevoelig is. Daar staat tegenover dat het assimilatielicht in principe niet boven het niveau mag komen waarbij de lichtbenutting niet meer optimaal is. Hier geldt de wet van de verminderde meeropbrengst. Een hogere lichtintensiteit, boven die drempel, veroorzaakt bovendien in toenemende mate stress.

Met het hier beschreven onderzoek wordt een beter inzicht gegeven in de mogelijkheden van CO_2 dosering in verschillende seizoenen. Verder wordt de basis gelegd voor een praktijkonderzoek naar efficiënte benutting van het natuurlijk daglicht in de kas en de grenzen waarbinnen assimilatiebelichting gewenst is. Belangrijk is daarbij dat de betreffende metingen in praktijksituaties zijn verricht. Dit heeft komt de relevantie van het onderzoek ten goede ook al is de interpretatie vaak wat lastiger dan onder geconditioneerde omstandigheden.

2 Metingen

2.1 Conditie in de kas

Algemeen:

Globaal buiten (W/m ²)	μmol PAR in de kas	lux
25	40	3053
50	80	6106
75	120	9160
100	160	12213
125	200	15266
150	239	18319
175	279	21373
200	319	24426
225	359	27479
250	399	30532
275	439	33585
300	479	36639
325	519	39692

Lelies zijn bolgewassen. Men spreekt bij de kweek ook wel over broei. De bollen gaan 4 weken de koelcel in; afkweek duurt circa 12 weken.

Kasomstandigheden: De metingen werden verricht op de bedrijven van Ruijven en bij vd Hoeven

Normaal wordt geschermd bij 500 W globale straling. In het voorjaar wordt gekrijt, waarna het scherm eigenlijk niet meer gebruikt wordt.

Krijt is 65% bij van Ruijven en 40% bij vd Hoeven. Van Ruijven doseert wel CO₂ als de ketel aanstaat (tot circa 600 ppm). Boven 1000 ppm gaat de dosering uit. In de kas was de concentratie op de meetdag circa 400 ppm CO₂. Beide bedrijven hebben belichting (circa 60 μmol).

Tabel 1 Omrekeningstabel voor licht eenheden.

Details van de metingen

31-5-2007

Bij 4 rassen is aan jong en oud blad gemeten (screening). Het jonge blad was wat lastig te bepalen omdat de plantopbouw nogal verschilde per ras. Een screening is uitgevoerd bij 250 μmol PAR en 400 ppm CO₂ om een goede selectie te maken van planten die vervolgens werden doorgemeten (LCR = licht response curve en CO₂ = CO₂ response curve)

LRC: 0 – 200 – 400 – 600 – 800 μmol PAR (bij 400 ppm CO₂)

CO₂: 200 – 350 – 600 – 900 – 1200 ppm (bij 800 μmol PAR, steeds aan het zelfde blad, echter op een andere positie (de huidmondjes geleidbaarheid (Gs) loopt namelijk terug tijdens de LCR meting). N.B. de 1e stap van de CO₂ response curve werd bij 250 μmol PAR verricht om schade aan het blad door fotoinhibitie te voorkomen.

31-7-2007(Ruud vd Hoeven)

Metingen aan de aziaat Brunello en LA Golden Tycoon. LCR metingen bij 800 ppm CO₂ aan jonge en oude bladeren. CO₂ response bij laag licht (op verzoek BCO).

Screening: 8-10 bladeren screenen (250 µmol/400 ppm)

LRC: 0 – 200 – 400 – 600 - 800 µmol PAR (bij 800 ppm CO₂; N.B. laatste stap ook bij 400 ppm zowel jong en oud bladeren zijn gemeten).

LRC van het actiefste (jonge) blad werd in de tijd vervolgend.

CO₂: 200 – 350 – 600 – 900 - 1200 (bij 250 µmol PAR).

30-11-2007(Ruud vd Hoeven)

De rassen Brunello & Golden Tycoon waren niet meer beschikbaar. In overleg met Ruud vd Hoeven, John v Ruijven en Patricia werden nieuwe rassen gekozen.

Meting fotosynthese (Licor) en additionele metingen van de huidmondjesgeleidbaarheid (gs gemeten met porometer): aziaat Tresor en LA Freya.

Ook de CO₂ response curve metingen werden nu uitgevoerd na donker adaptatie om betrouwbare fluorescentiedata te verkrijgen tijdens de CO₂ respons metingen

CO₂: : 200 – 350 – 600 – 900 - 1200 bij 250 µmol (2x bij zowel jong als ouder blad) en 800 µmol (1x bij alleen jong blad).

LRC: 0 – 200 – 400 – 600 - 800 µmol PAR (bij 800 ppm CO₂) N.B. na de laatste lichtstap werd tevens een bepaling gedaan bij 400 ppm CO₂.

Belichting om 24:00 uur aan (is hele dag aangeweest).

Scherf was 's ochtends dicht.

26-02-2008 & 27-02-2008 (bij Ruud vd Hoeven resp. John v Ruijven)

Ruud vd Hoeven: fotosynthese (Licor) en geleidbaarheid (porometer) aan: aziaat (Tresor) & LA (Freya)

John v Ruijven: fotosynthese (Licor) en geleidbaarheid (porometer) aan: orientals (Pompei) & (Vespucchi)

LCR met donkeradaptatie; CO₂ curve zonder donkeradaptatie omdat fluorescentiedata van CO₂ response curves geen extra informatie opleverden.

Alleen volgroeid jong blad gemeten.

LRC: 0 – 200 – 400 – 600 - 800 µmol PAR gemeten bij 800 ppm CO₂.

CO₂: 200 – 350 – 600 – 900 - 1200 bij 85 µmol PAR en 250 µmol PAR (N.B. stap van 1500 ppm meegenomen bij Oriental).

Extra: fotosynthese vervolgen in de tijd voor bestudering van geleidbaarheid)gs'

Klimaat bij vd Hoeven: _____

bewolkt/grijze dag; vanaf 14:00 uur zonnig

belichting aan tot 9:00 uur (om 13:00 uur ook even aan geweest)

schermdoek open

T in de kas: circa 12-14 graden

Klimaat van Ruijven:

onbewolkte dag

belichting aan tot 10:00 uur
schermdoek open vanaf 8:30 uur
T in de kas: circa 17 graden, welke gedurende de dag flink oploopt
CO₂ in de kas: 1100 ppm (komt deels uit substraat (turf) en via dosering).

2.2 Fotosynthesemetingen: invloed CO₂

De metingen werden verricht met de LiCor-6400. In dit apparaat (zie figuur hieronder) worden metingen gedaan aan individuele bladeren die tussen twee meetkoppen zijn geklemd. Metingen van CO₂ opname, verdamping en fluorescentiemetingen worden simultaan verricht. Tijdens de metingen van fotosynthese met de LiCor-6400 bij verschillende lichtintensiteiten werd de CO₂ concentratie steeds op een vrij in te stellen constante waarde gehandhaafd. Omgekeerd werd tijdens metingen bij verschillende CO₂ concentraties, de lichtintensiteit op een vaste waarde ingesteld, waarbij CO₂ in stappen werd opgevoerd tot een waarde van 1500 ppm.

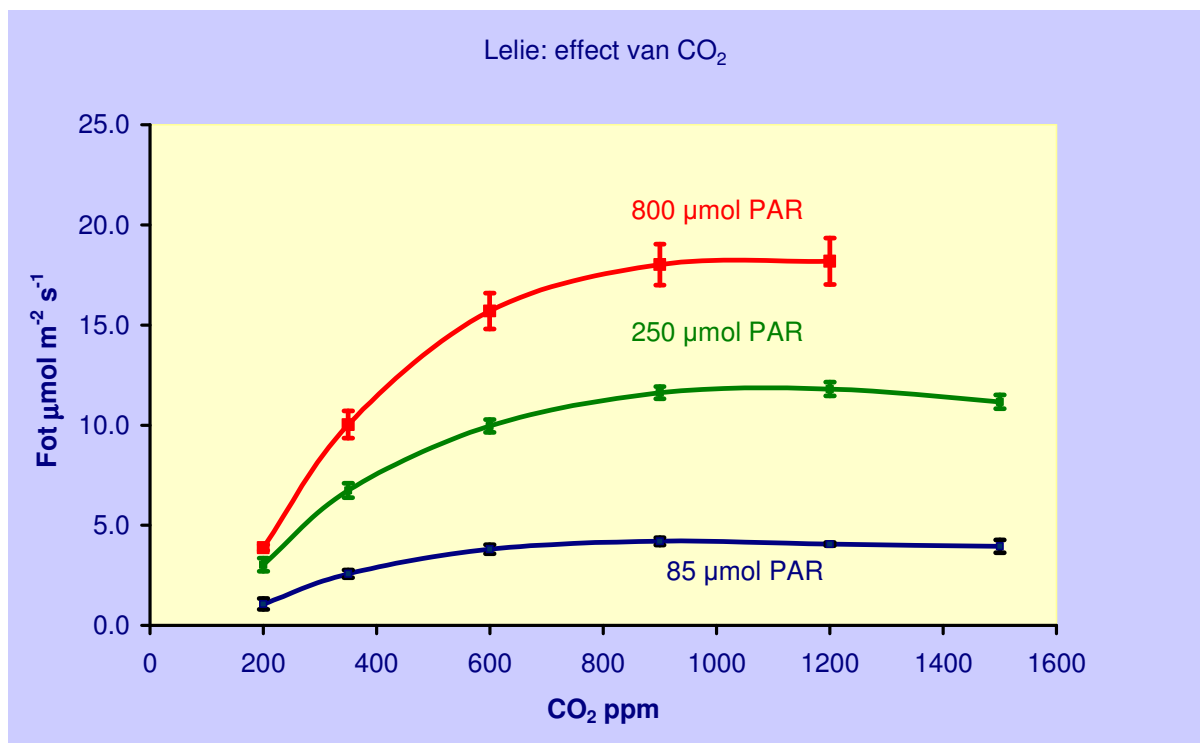
In dit verslag wordt gerekend met $\mu\text{mol CO}_2$ opname als maat voor de fotosynthese. Deze eenheid kan worden omgerekend naar de hoeveelheid drogestof door het getal door 10 te delen. Een fotosynthese snelheid van $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotosynthese levert dus 1 gram drogestof per vierkante meter blad, gedurende een uur. Dit getal mag met een factor 1,5 - 2 vermenigvuldigd worden als de fotosynthese moet worden omgerekend naar een waarde per m² grondoppervlak van een heel gewas, als er volledige lichtonderschepping is (LAI >3). Als de bladdikte in gram drogestof/m² blad bekend is kan op eenvoudige wijze worden uitgerekend wat de groei van de planten op elk moment van de dag is.

Het effect van de CO₂ concentratie hangt af van de geleiding (openingstoestand) van de huidmondjes. Naarmate de geleidbaarheid lager is, wordt het belang van CO₂ dosering groter. Uiteraard zijn hier beperkingen want het principe gaat alleen op als de hoge CO₂ concentratie niet leidt tot een verder gaande sluiting van de huidmondjes waardoor het systeem in een negatieve spiraal terecht komt, die eindigt in een volledige sluiting en een stop op de CO₂ opname.



Door de CO_2 concentratie in het meetcuve te variëren werd het effect op de fotosynthese snelheid bepaald. De initiële startconcentratie was 200 ppm. In het meetcuve werd de concentratie steeds gevarieerd. De concentraties waren 200, 350, 600, 900, 1200 en 1500 ppm. De lichtintensiteit werd constant gehouden. Veelal werd de intensiteit vastgezet op 85, 250 of 800 $\mu\text{mol PAR}$.

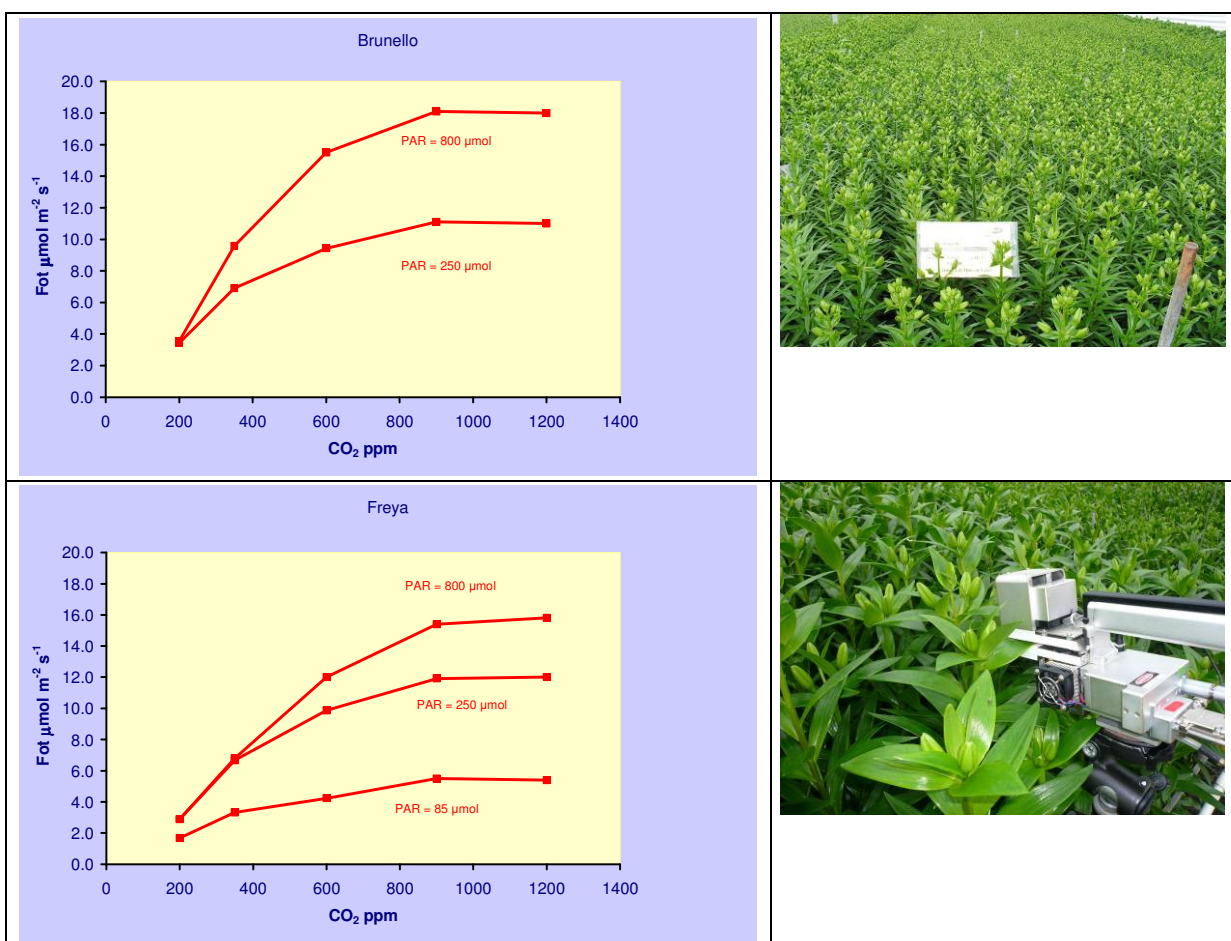
De effecten van CO_2 op de fotosynthese van lelie zijn groot. In onderstaande figuur zijn de gemiddelde resultaten van alle metingen weergegeven. Het betreft response van de fotosynthese van alle rassen over alle seizoenen. Het resultaat is duidelijk: verhoging van de CO_2 concentratie stimuleert de fotosynthese bij alle lichtniveaus. De waarde waarbij afvlakking van de respons optreedt varieert tussen 700 (laag licht) en 900 ppm (hoog licht). Uit de geringe standaardafwijking blijkt dat het effect niet alleen groot is maar dat het ook relatief stabiel is over met betrekking tot ras en seizoen.

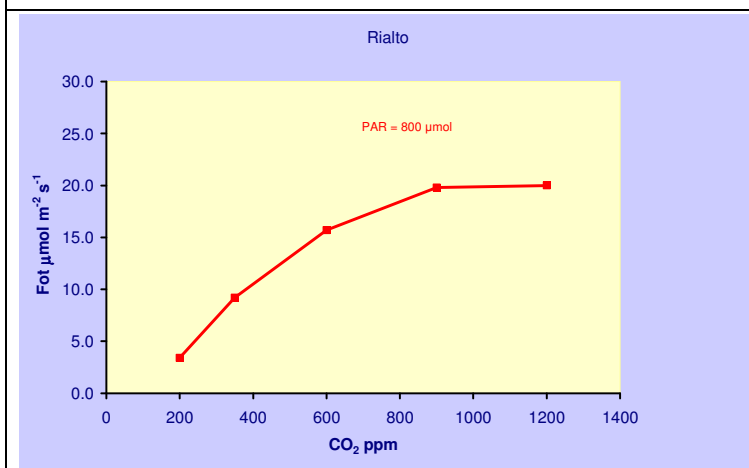
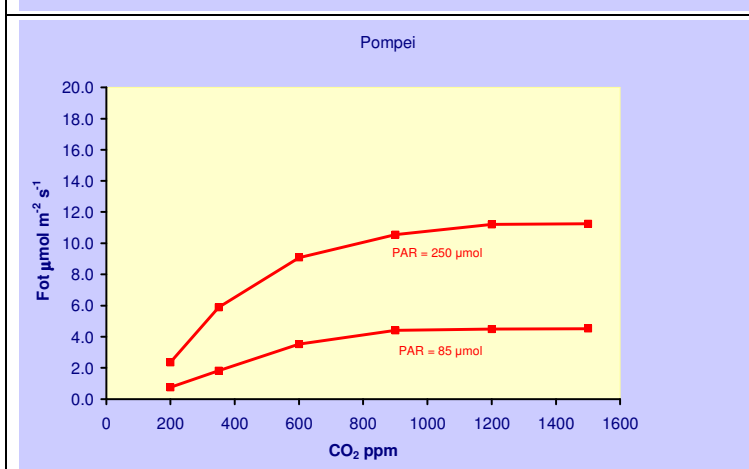
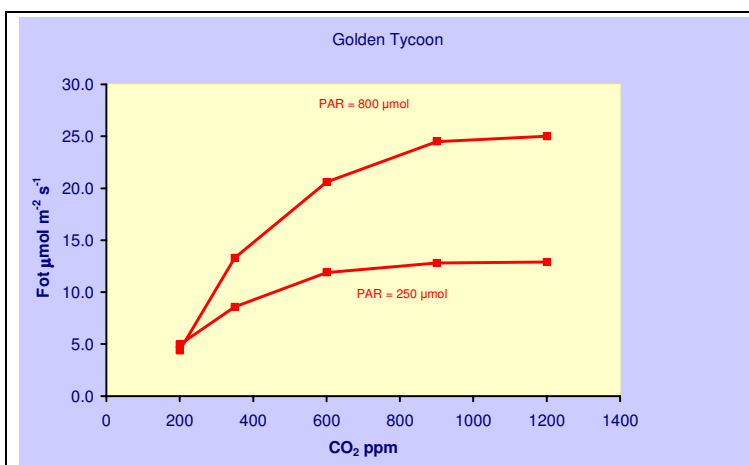


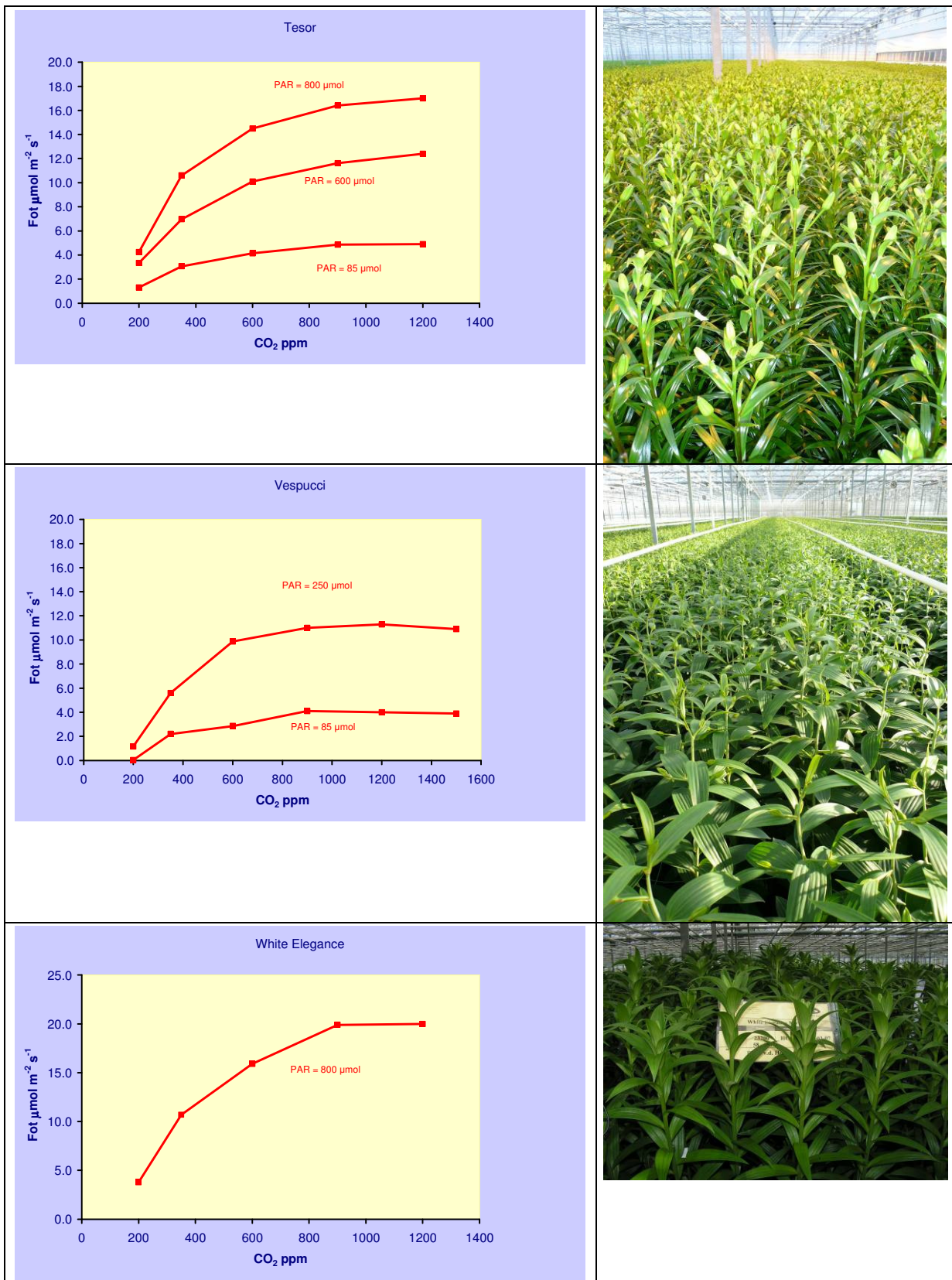
Er is geen enkele twijfel dat lelie sterk reageert op CO_2 . Op basis van de metingen kan geconcludeerd worden dat een gemiddelde CO_2 concentratie van 800 ppm in de kas gewenst is. Daarboven neemt de meerwaarde waarschijnlijk af.

In onderstaande grafieken is het effect van de CO_2 concentratie op de fotosynthese uitgesplitst per ras, bij verschillende lichtintensiteiten. Bij de interpretatie van de data is het belangrijk om zich te realiseren dat de effecten van de huidmondjes steeds op de achtergrond meespelen: als de huidmondje geleidbaarheid hoog is, kan CO_2 vrij makkelijk het blad instromen. Dat betekent dat het relatieve effect van een CO_2 concentratieverhoging geringer zal zijn dan in het geval dat de huidmondjes meer gesloten zijn. Kleine verschillen in de relatieve response zijn daarom van geen belang want die kunnen veroorzaakt worden door (tijdelijke) verschillen in geleidbaarheid.

Het effect van de CO_2 concentratie op de fotosynthese is voor alle rassen erg groot en, rekening houdend met bovengenoemde beperking, ook erg constant. Er zijn weliswaar verschillen tussen de rassen maar die zijn gering. Een uitzondering is Golden Tycoon. Dit ras heeft een zeer hoge fotosynthese. (let in de grafiek op de andere schaal van de Y-as). Door de relatief hoge huidmondjes geleidbaarheid van Tycoon is het relatieve effect van CO_2 verhoging echter niet hoger dan gemiddeld.

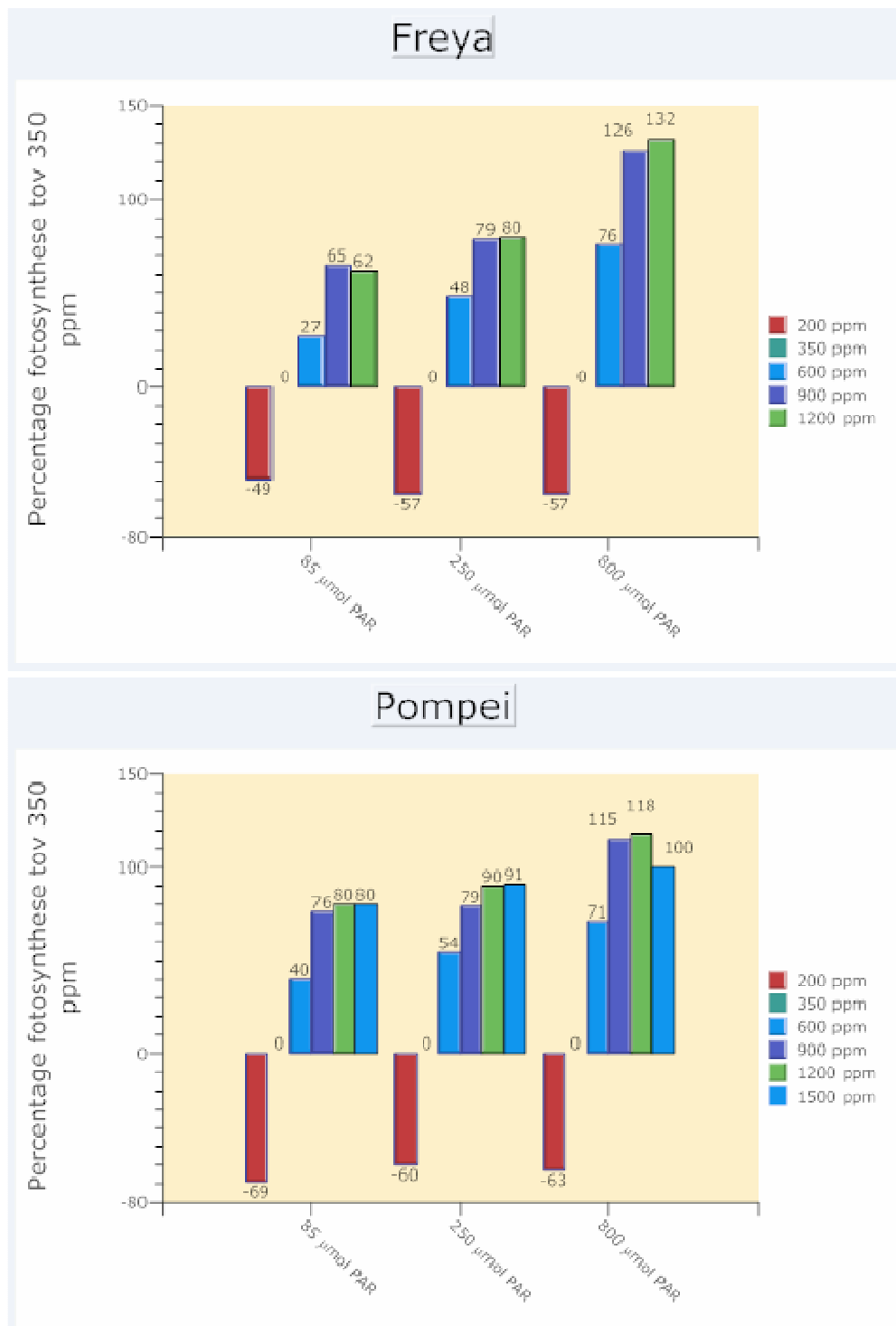




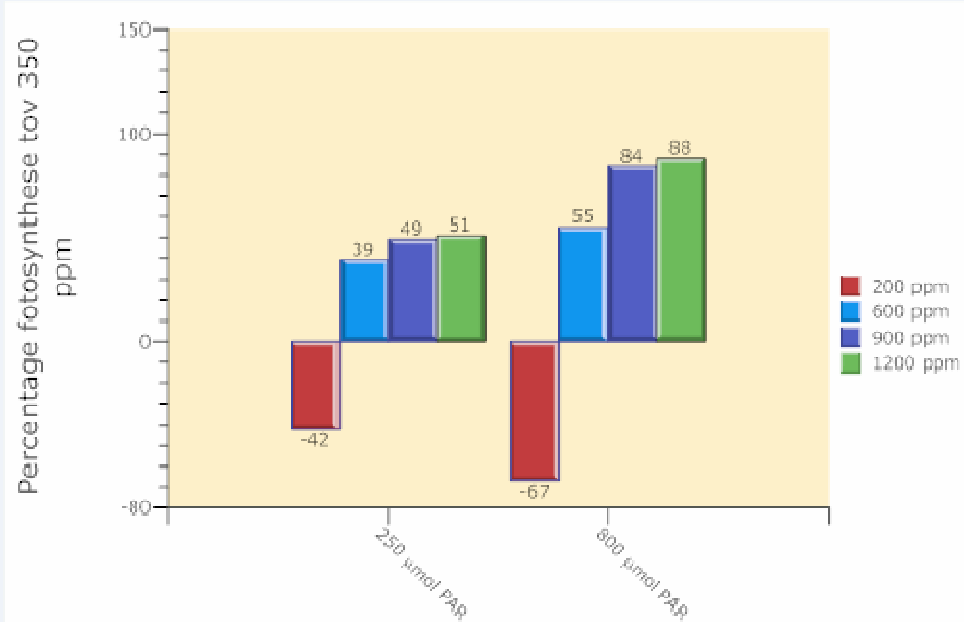


Om een totaal overzicht te verkrijgen van de effecten zijn in onderstaande figuren bij verschillende

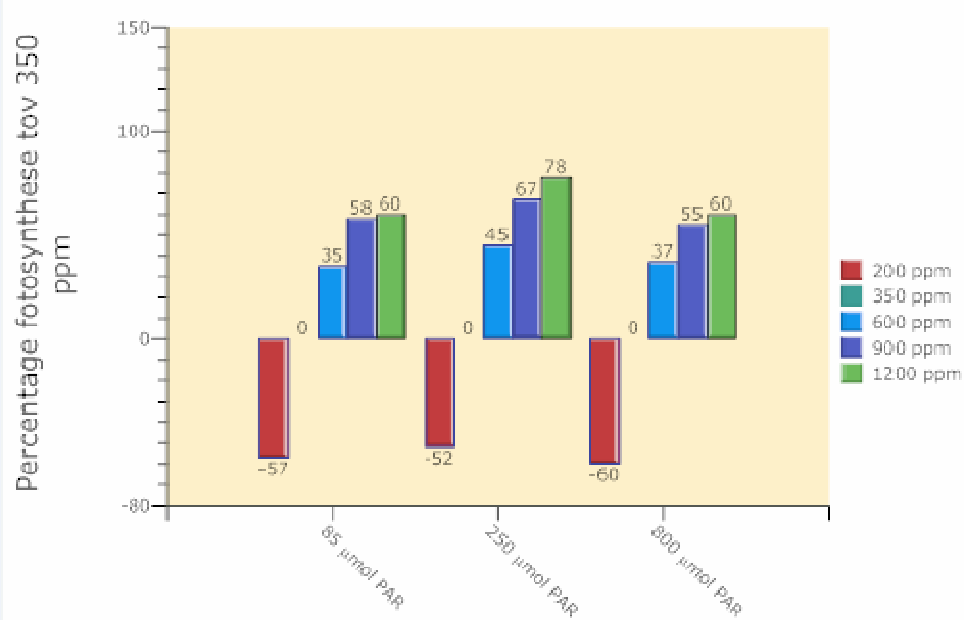
CO₂ concentraties de relatieve fotosynthese waarden t.o.v. de gemeten waarden bij 350 ppm CO₂ in tabelvorm weergegeven. Uit de data wordt duidelijk dat het relatieve CO₂ effect het grootst is bij lage waarden. Een hypothetische daling van de CO₂ concentratie tot 200 ppm betekent in de meeste gevallen een halvering van de fotosynthese en dus van de groei.



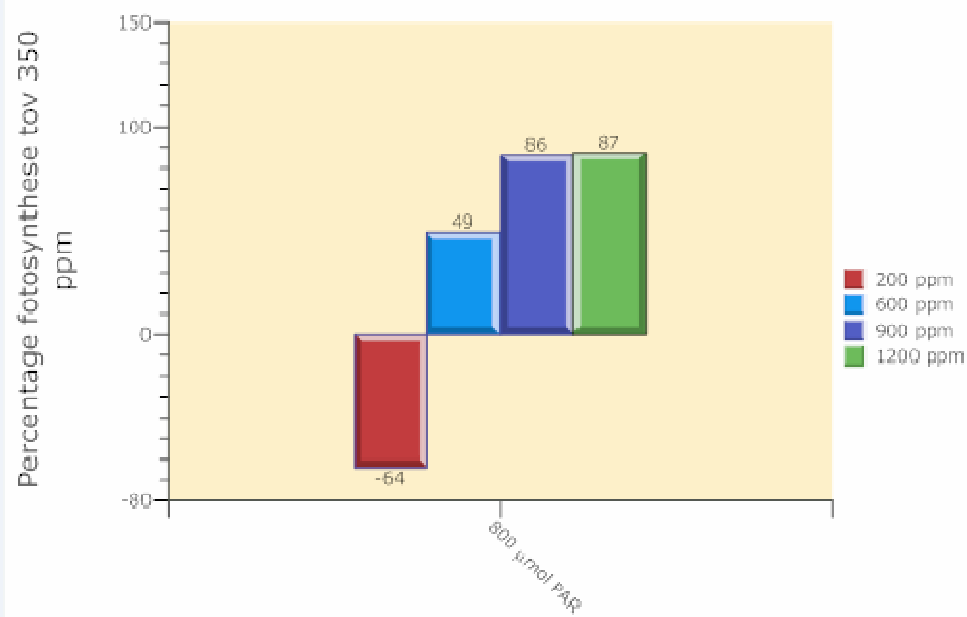
Golden Tycoon



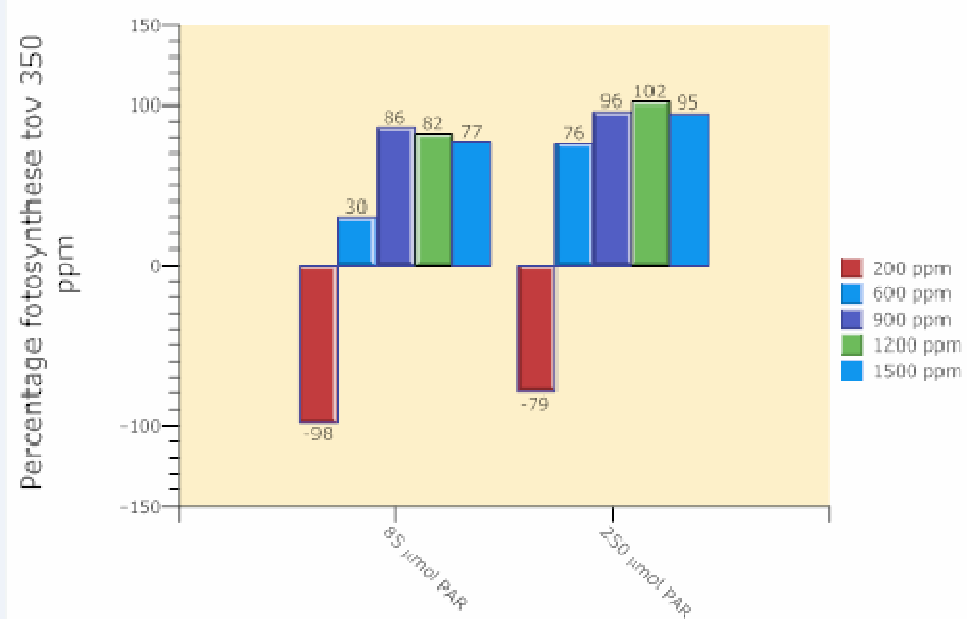
Tresor



White Elegance

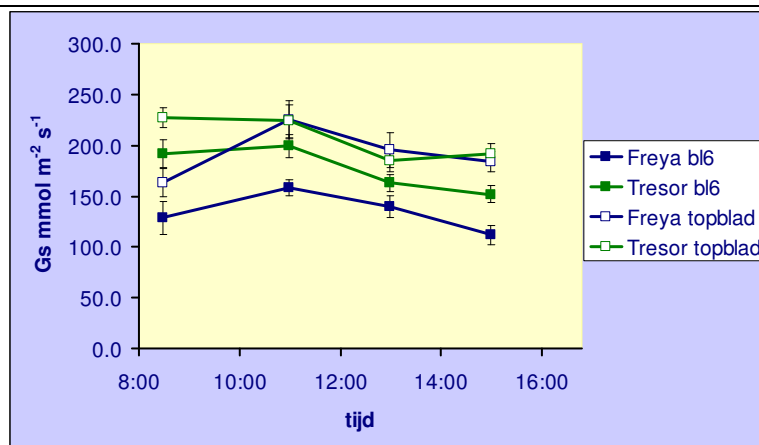


Vespucci

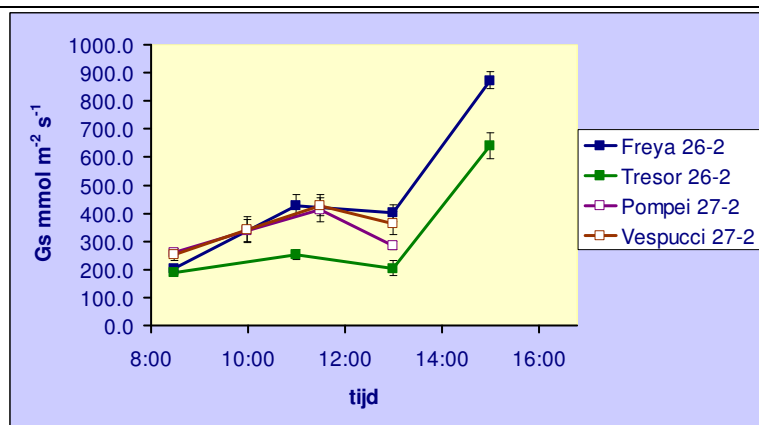


2.3 Verloop van de huidmondjes geleidbaarheid over de dag

In tegenstelling tot veel andere gewassen is bij lelie weinig verloop van de fotosynthese over de dag waargenomen. Vaak zien we bij andere gewassen een afname in de middag of zelfs al in de late ochtend. Dit fenomeen dat gekoppeld is aan een afname van de huidmondjes geleidbaarheid hebben we bij eerder onderzoek de "middagdepressie" genoemd. Bij lelie, blijkt dat er over de seizoenen heen nauwelijks sprake was van een middagdepressie behalve in mei toen voor vrijwel alle rassen een sterke afname van de fotosynthese in de loop van de dag werd geconstateerd. In onderstaande figuren is een detailstudie van het huidmondjesgedrag in november en februari weergegeven. De metingen zijn niet altijd even consistent. Als algemene conclusie kan worden gesteld dat de huidmondjes geleidbaarheid positief reageert op een wat hogere temperatuur (20 °C). Uit ervaring weten we dat bij temperaturen boven 28 °C de huidmondjes echter weer sluiten. Verder zien we meestal een wat vertraagde start in de ochtend (niet voor Tresor) en een geleidelijke (maar geringe) afname in de middag.



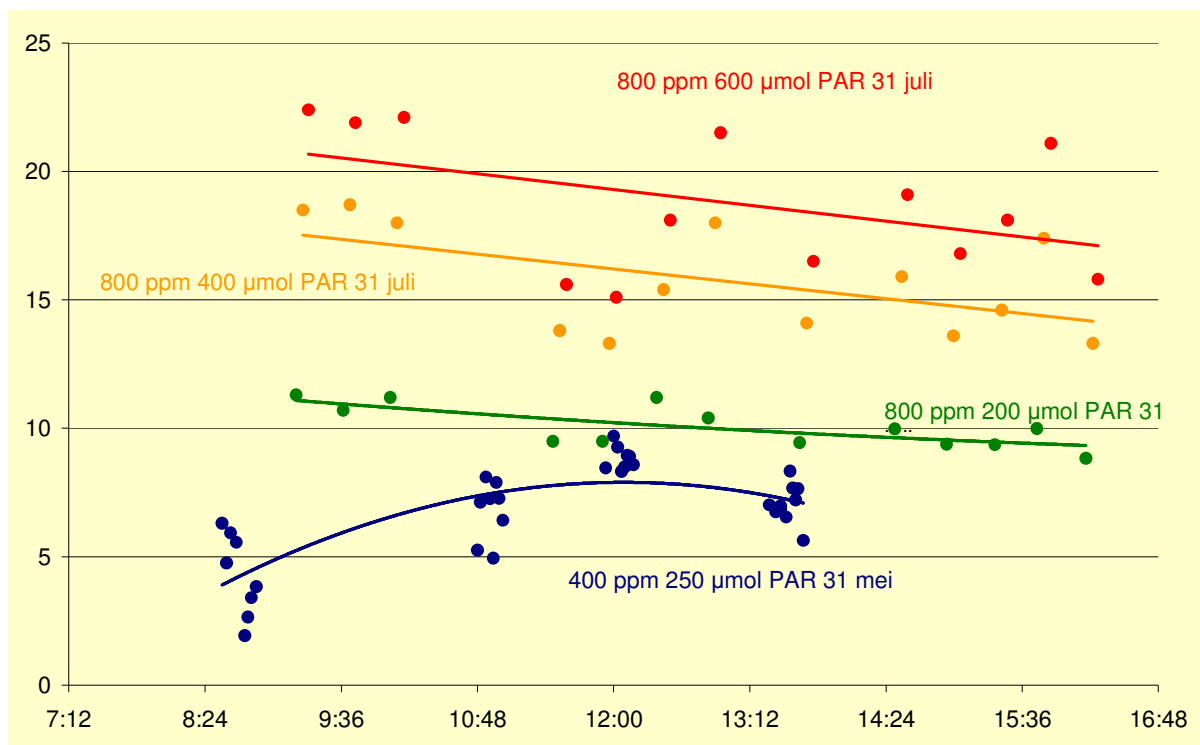
Meting geleidbaarheid (huidmondjesopening) aan een wintergewas (meetdatum 30 november) De gemeten waarden zijn vrij hoog (vergelijk roos is maximaal 400 en Anthurium circa 10 mmol), wat betekent dat de huidmondjes open staan en CO₂ kan worden opgenomen (geen beperking door huidmondjes onder de gemeten omstandigheden).



Meting geleidbaarheid aan topbladeren aan een voorjaarsgewas. Op 26-2-2008 werd het vanaf 14.00 uur toch nog even zonnig, met als gevolg een flinke toename in de geleidbaarheid. 27-2-2008 was vanaf het begin een zonnige dag.

2.4 Verloop van de fotosynthese over de dag

In onderstaande figuur zijn enkele geselecteerde reeksen van de fotosynthese over een etmaal uitgezet. Deze analyses, samengesteld uit vele afzonderlijke respons curven, laten uiteraard veel spreiding zien vanwege de raseffecten maar de trend is toch enigszins duidelijk: een trage start in de morgen en een geleidelijke afname naar het eind van de dag. Het afnamepatroon is hetzelfde voor verschillende CO₂ concentraties maar de niveauverschillen spreken voor zich. Niet alleen de effecten van CO₂ concentratie maar ook de effecten van lichtintensiteit zijn evident. Het is waarschijnlijk dat een hogere lichtintensiteit, gecombineerd met hogere CO₂ concentraties tot aanzienlijke productieverhoging kan leiden. Een lichtintensiteit van 600 $\mu\text{mol PAR}$ is daarbij op langere termijn waarschijnlijk wat te hoog. Deze intensiteit geeft weliswaar de hoogste fotosynthese over de dag maar het is niet ondenkbaar dat langdurige blootstelling aan die intensiteit tot schade kan leiden (zie verderop bij analyse van licht respons curven en Npq-analyses).



2.5 Seizoen effecten

Onderstaande tabel geeft een beknopte samenvatting van de belangrijkste kengetallen die uit de metingen werden geconcludeerd.



De effecten van een verhoging van de CO₂ concentratie van omgevingswaarde van 350 ppm naar 800 ppm varieert tussen 23% en 65 %. Hierbij moet worden aangetekend dat het relatieve effect sterk wordt beïnvloed door het eerder genoemde huidmondjeseffect. In de zomer zijn de planten aan hogere lichtintensiteiten geacclimatiseerd en staan de huidmondjes relatief ver open. Dat betekent een hoge waarde van de fotosynthese maar een relatief lage waarde voor het relatieve CO₂ effect.

De fotosynthese varieert tussen 11.7 μmol in de zomer tot 7.7 μmol in de winter. Deze waarden zijn gemiddeld over de alle response curven van de metingen die in de seizoenen zijn verricht. De waardes komen overeen met een productie van 2 respectievelijk 1,5 gram drogestof per m² kasoppervlak per uur.

2.6 LCR: Lichtafhankelijke fotosynthesemetingen: spreiding tussen cultivars.

Er bleek variatie te bestaan voor een aantal belangrijke sleutelprocessen; huidmondjes geleidbaarheid, fotosynthese, verdamping en fluorescentie. In onderstaande tabel zijn metingen boven 750 ppm en lichtintensiteiten hoger dan 250 μmol PAR geselecteerd, over alle seizoenen. Op die manier kan een indruk worden verkregen van de potentie van verschillende rassen bij hoge CO_2 dosering en hoge assimilatiebelichting. Het blijkt dat de planten in het algemeen vitaal waren, weinig stress vertoonden en dat de huidmondjes geleidbaarheid goed was ondanks de vrij extreme condities. Het betreft hier natuurlijk wel korte termijn metingen en extrapolatie naar langere periodes mag niet zonder meer worden gedaan zonder verder onderzoek.

Tabel 2

	Ppm CO_2	PAR (μmol)	Photo (μmol)	se	Cond $\text{Mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	se
brunello	836	504	14.67	0.66	123	4
freya	922	350	12.75	0.29	107	6
golden tycoon	831	503	18.19	0.94	177	6
pompei	1007	383	11.02	0.62	55	7
rialto	1050	800	21.10	1.30	73	1
tresor	935	408	12.73	0.44	78	5
vespucci	971	393	13.06	0.98	59	8
white elegance	1050	800	21.05	1.15	90	4
	NPQ	se	VpdL (kPa)	se	Tleaf	se
brunello	0.48	0.05	0.74	0.03	22.63	0.28
freya	0.30	0.04	0.57	0.02	17.37	0.28
golden tycoon	0.30	0.03	0.67	0.02	22.25	0.21
pompei	0.04	0.03	0.79	0.05	22.00	0.74
rialto	0.76	0.01	0.87	0.00	19.86	0.03
tresor	0.29	0.04	0.55	0.01	16.62	0.16
vespucci	0.36	0.12	0.98	0.04	22.87	0.44
white elegance	0.35	0.02	1.21	0.02	24.36	0.04
Cond = huidmondjesgeleidbaarheid						

De VPD_l van het blad was erg laag (let op de eenheid is hier kPa en niet g/m^3). Dat betekent dat er eigenlijk nooit stress werd gemeten. Uit de metingen, gemiddeld over alle seizoenen blijkt Golden Tycoon eruit te springen met een hoge fotosynthese en een hoge geleidbaarheid. Ook Rialto en White Elegance vertoonden een hoge fotosynthese maar de dataset is daar beperkt tot combinaties met hoog CO_2 en hoog licht waardoor het beeld vertekend is. Wanneer we rekening houden met deze hoge waarden blijken alle cultivars vrijwel gelijk te zijn met uitzondering van Golden Tycoon. Npq in de tabel is een maat voor het "toerental" van de fotosynthesemotor. Een hoge Npq bij een lage fotosynthese betekent stress. Bij welke Npq waarde er stress optreedt is soortafhankelijk maar de grens bevindt zich meestal rond waarden van 0.8 – 1.2. Wanneer we geen selectie maken maar alle gemeten waarden analyseren, mits er voldoende data waren dan zien we het beeld weergeven in onderstaande tabel.

Tabel 3

ras	Blad T	Fotosynthese	Huidmondjes geleidbaarheid	Npq
Brunello	21.156	7.362	0.109	0.4196
Golden Tycoon	22.542	9.584	0.1978	0.2586
White Elegance	23.846	5.812	0.0764	0.2532
Rialto	18.736	4.5444	0.03758	0.8568

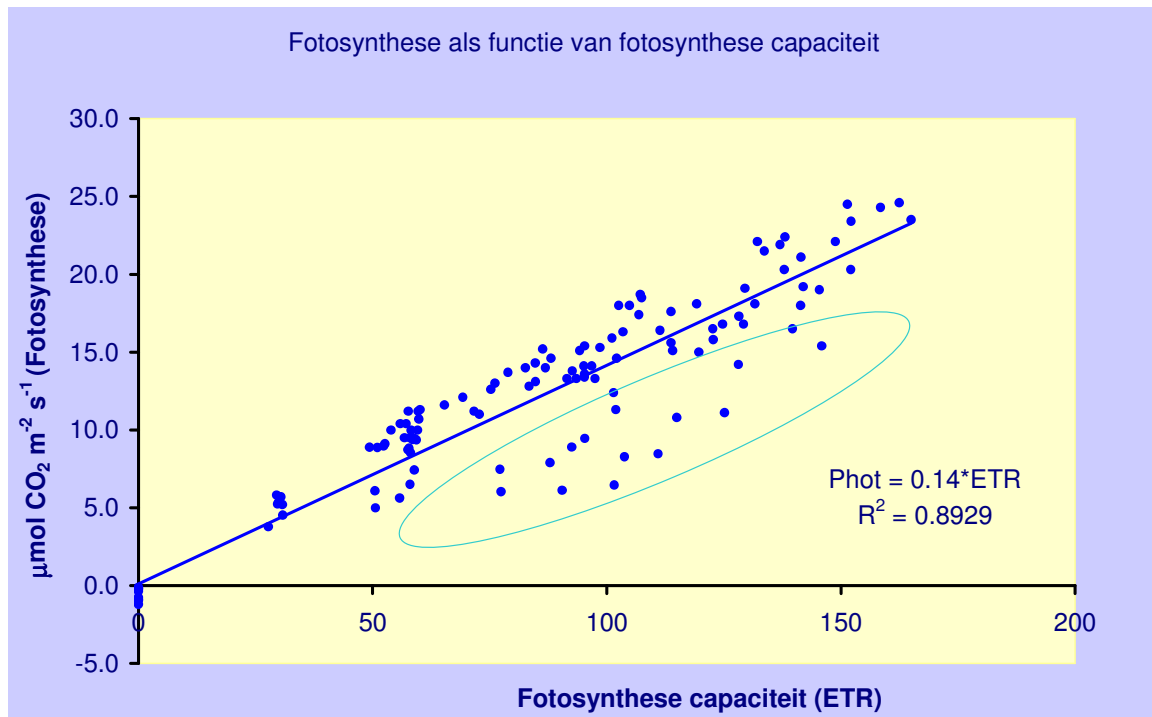
Ook hier spring Golden Tycoon eruit. Rialto heeft een lage fotosynthese omdat er slechts weinig metingen aan dit ras werden verricht, die bovendien vrijwel allemaal betrekking hebben op de periode in mei, waar er over de hele linie lage waarden van de fotosynthese werden geconstateerd (zie volgende alinea). Het is ook mogelijk dat de temperatuur van 19 °C suboptimaal is voor de fotosynthese van dit ras.

Wanneer we de fotosynthese cijfers in tabel 2 en 3 vergelijken krijgen we een idee wat er te bereiken is met hogere CO_2 concentraties en assimilatiebelichting. Door de wisselingen in rassen en de vrij beperkte data sets blijft het geschetste beeld wat hypothetisch maar zeker de moeite waard om op kleine schaal te testen.

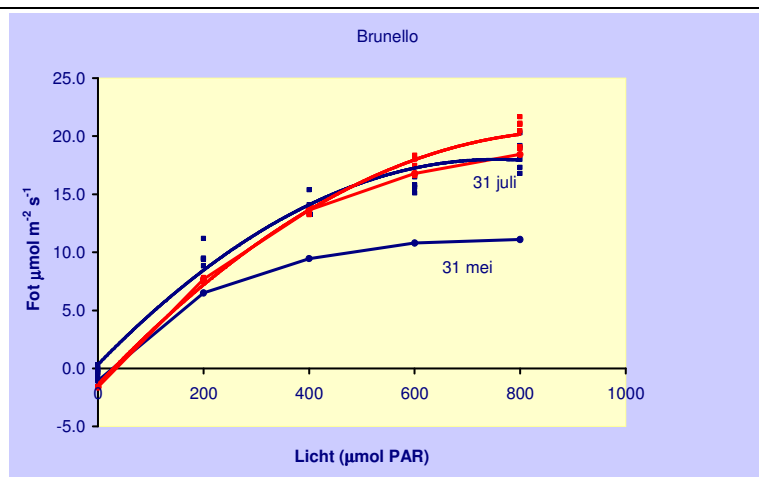
In onderstaande grafiek is de relatie aangegeven tussen de fotosynthesecapaciteit (gemeten met Fluorescentie) en de simultaan gemeten fotosynthese. Er is een zeer goede correlatie tussen beide waarden en dat betekent dat, gegeven de kascondities, het licht optimaal wordt benut. De lijn wordt wat naar beneden getrokken door de punten in het omcirkelde gebied. Het betreft hier metingen op 31 mei voor de rassen Brunello, Rialto en White Elegance waarbij de gemeten fotosynthese duidelijk onder de verwachte waarde bleef. Tresor, Freya en Golden Tycoon gaven wel een verwachte fotosynthese. Het is opvallend dat de metingen allemaal betrekking hebben op 31 mei. Op die dag werden de metingen verricht bij 400 ppm CO_2 . De kaslucht was vrij droog en gemiddeld was de lichtintensiteit over de dag ook hoog, oplopend van 100 μmol in de ochtend tot

500 μmol in de middag. De relatief lage huidmondjes geleidbaarheid in combinatie met de lage CO_2 concentratie kan daardoor geleid hebben tot een beperking van de CO_2 toevoer en daardoor tot een lagere fotosynthese dan verwacht mag worden.

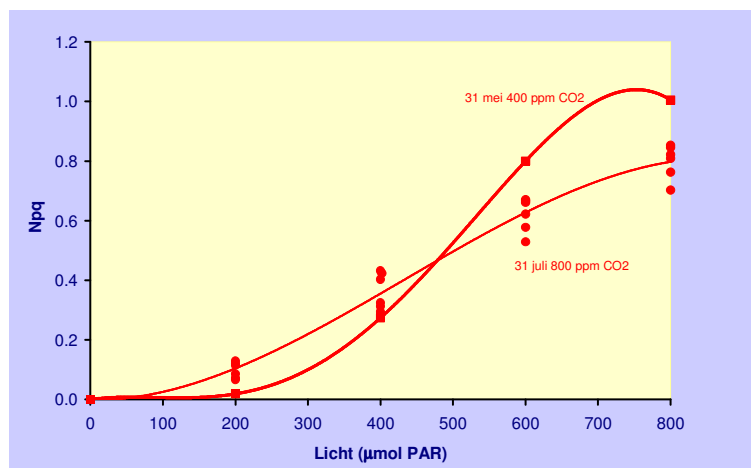
Het betekent dus niet dat er geen verbetering mogelijk is door bijvoorbeeld de CO_2 concentratie in de kas te verhogen of extra licht te geven.



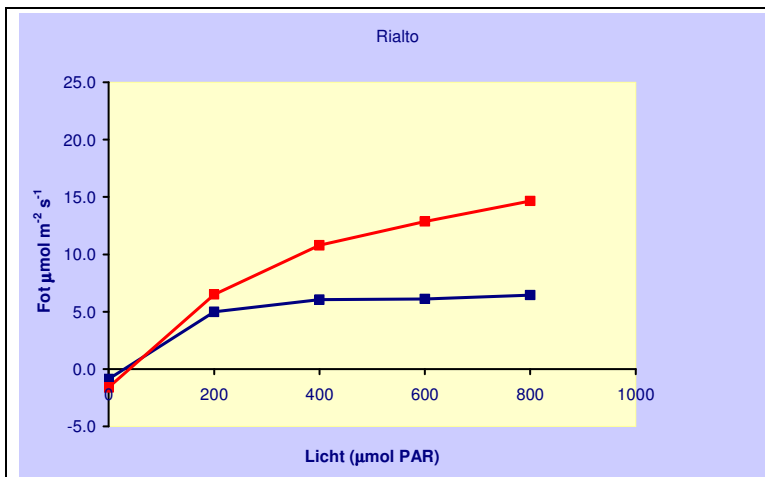
In onderstaande figuren is het verschil te zien tussen de fotosynthesecapaciteit en de gerealiseerde fotosynthese bij de geteste rassen. De blauwe lijnen tonen de relatie tussen licht en fotosynthese. De rode lijnen laten de fotosynthese capaciteit zien op basis van fluorescentie metingen. De capaciteit is de maximaal haalbare fotosynthese onder de gegeven kascondities. Als de gemeten waarden lager zijn dan de capaciteit is er sprake van een stress conditie of er is een beperking van de CO_2 opname doordat de huidmondjes op dat moment minder CO_2 toelaten dan eigenlijk nodig is.



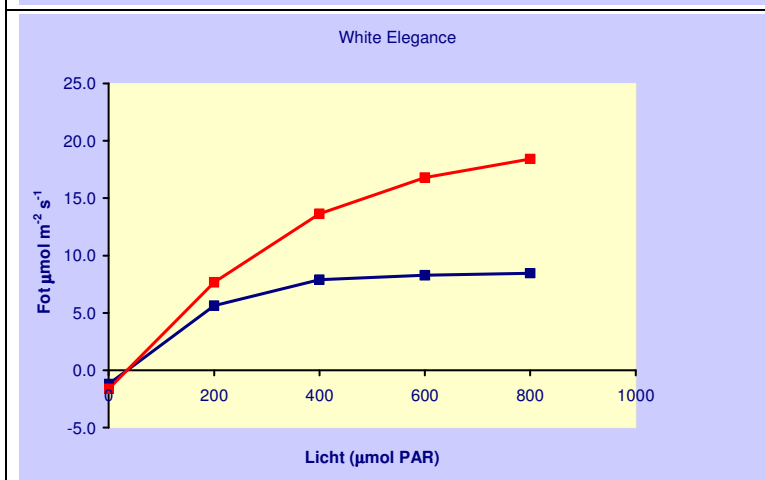
De resultaten van Brunello laten zien, zoals al eerder aangetoond, dat de fotosynthese zeer stabiel is. Op 31 juli werden over de dag 6 licht-response metingen gedaan en alle metingen waren vrijwel identiek (zie vierkante symbolen). De fotosynthese op 31 mei is duidelijk lager dan die op 31 juli. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat op 31 mei bij 400 ppm werd gemeten. Uit de metingen van de fotosynthese capaciteit (vergelijk beide rode lijnen) blijkt dat die op beide meetdata gelijk was. Dit is een extra aanwijzing dat we hier puur te maken hebben met een lage beschikbaarheid van CO_2 op 31 mei.



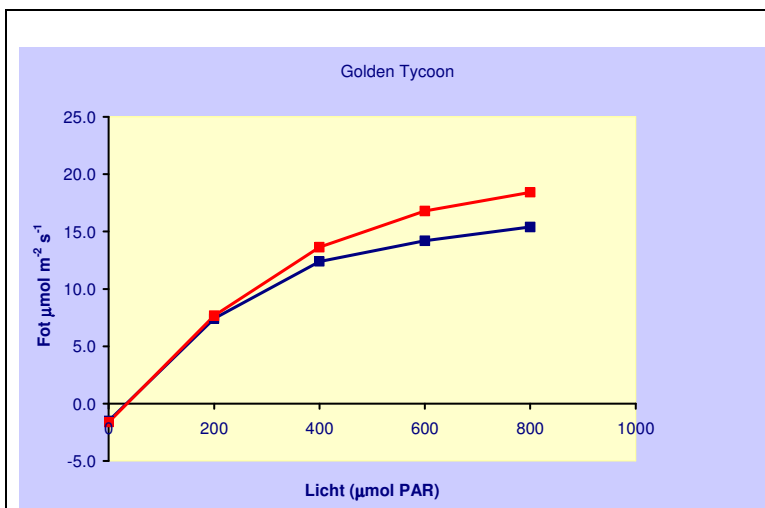
De grafiek van Npq (het toerental) laat zien dat tot 500 $\mu\text{mol PAR}$ nog geen stress waarneembaar is. Bij laag CO_2 (31 mei) neemt de stressfactor boven 500 $\mu\text{mol PAR}$ duidelijk sneller toe dan bij de hogere CO_2 concentratie op 31 juli..



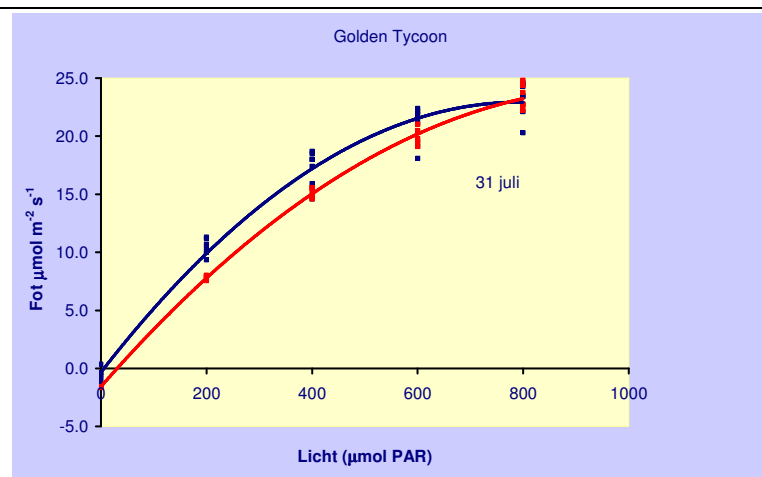
Rialto mei 2007



White Elegance mei 2007

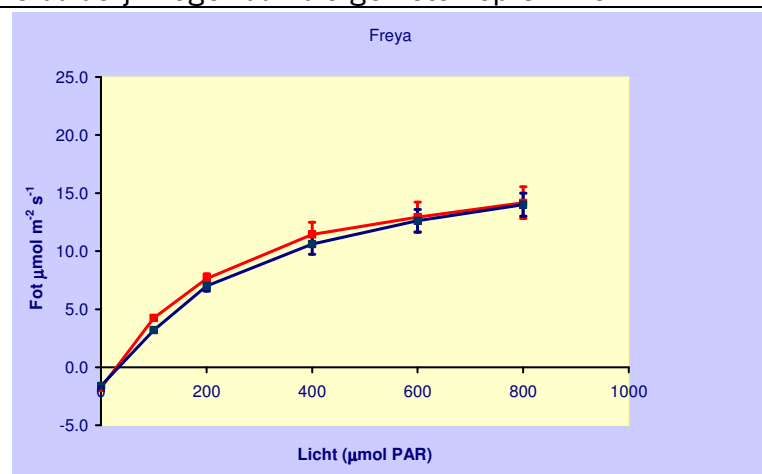
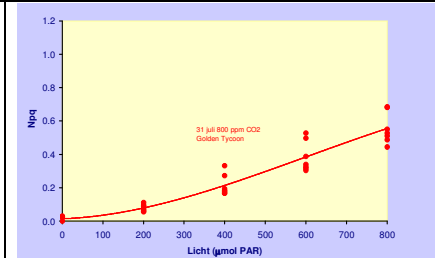


Golden Tycoon mei 2007

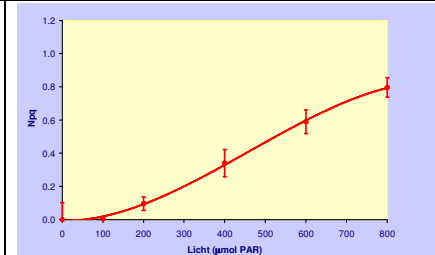


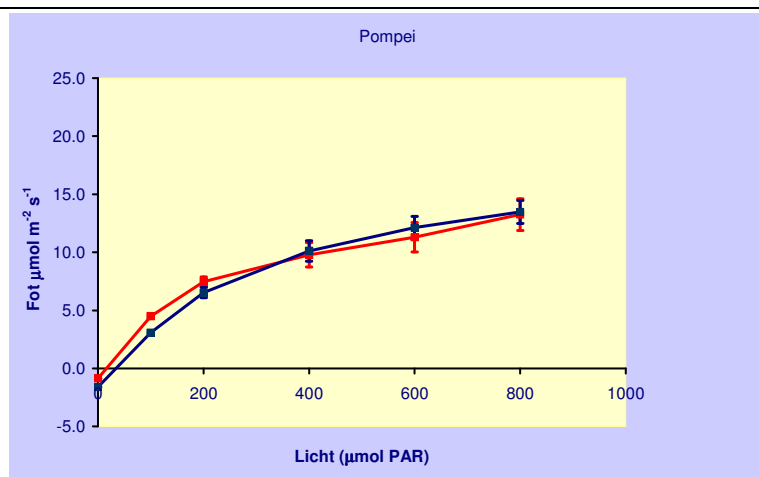
Golden Tycoon 31 juli

Licht response curven gemeten aan Golden Tycoon op 31 juli laten zien dat de cultivar onder de heersende condities erg stabiel is en dat de gerealiseerde fotosynthese en de capaciteit aan elkaar gelijk zijn. Uit de Npq waarden blijkt dat er zelfs tot een hoge waarde van PAR geen stress effecten waarneembaar zijn, zeker als we de zeer hoge fotosynthese in aanmerking nemen bij de relatieve lage waarden van Npq. De fotosynthese is duidelijk hoger dan die gemeten op 31 mei.

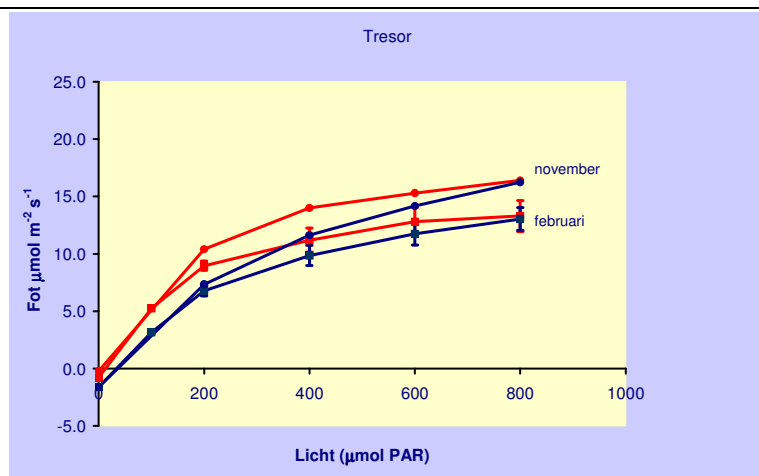
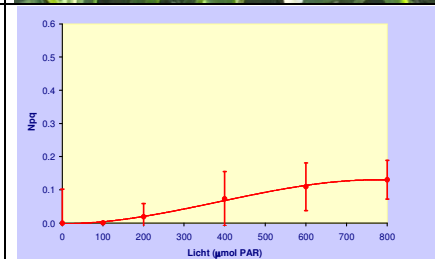


Ook Freya heeft een zeer stabiele fotosynthese. Er was geen verschil tussen de metingen op 30 november en 26 februari. De fotosynthese waarden liggen over de gehele linie wat lager dan bij Golden Tycoon. Ook hier kan gesteld worden dat er geen lichtstress werd aangetoond gezien de relatief lage waarden van Npq.



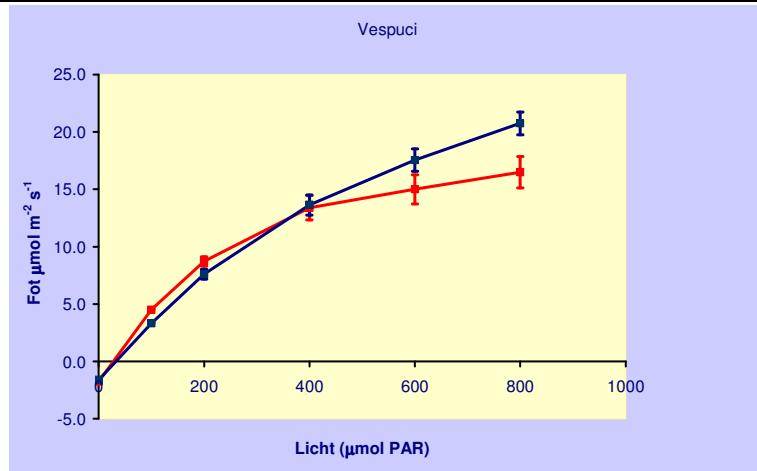
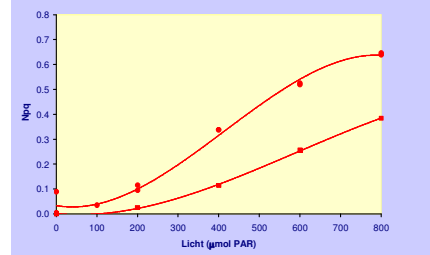


Vergelijkbare resultaten met Freya. Zeer lage Npq. Kan waarschijnlijk veel meer licht verdragen,

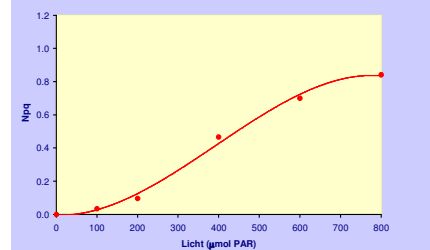


Zeer stabiel over de dag. De lijnen binnen een dag vallen geheel samen. Ook de capaciteit en de actuele fotosynthese zijn identiek (vergelijk rode en blauwe lijnen).

De Npq metingen bij Tresor laten hogere Npq waarden zien dan bij andere rassen. De bovenste rode lijn heeft betrekking op twee metingen in februari. Dit betekent een relatief hoog toerental bij een relatief lage fotosynthese. De fotosynthesemetingen zijn verder identiek aan die van Freya en Pompei.

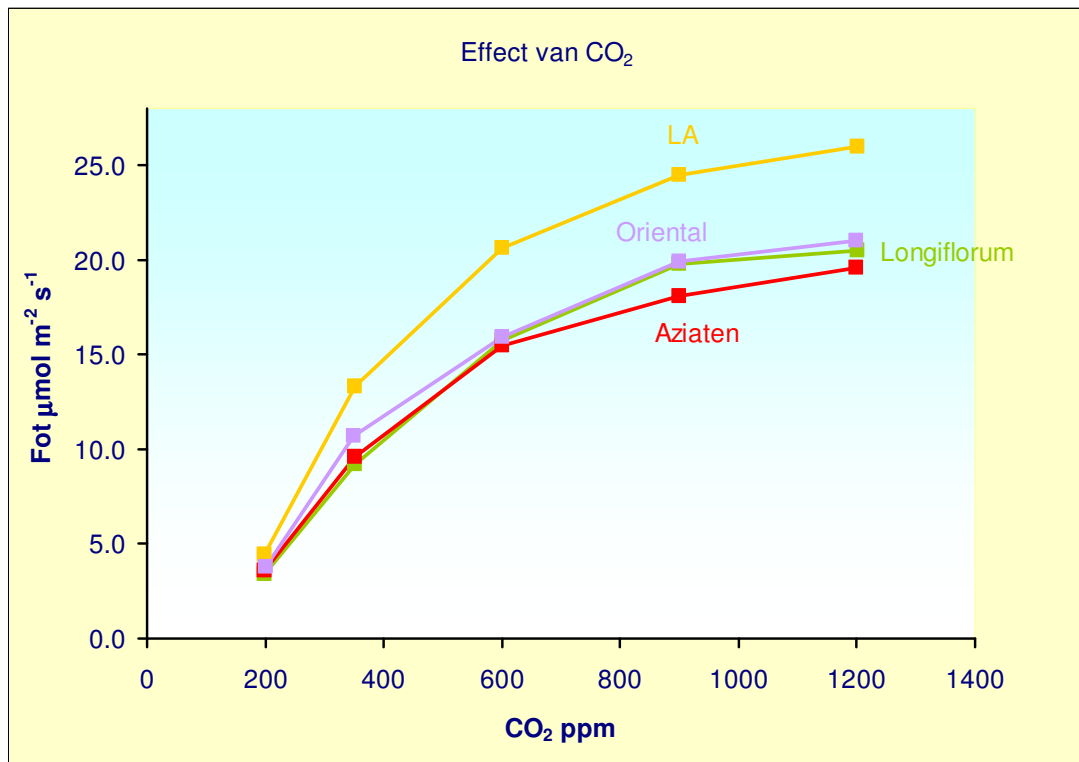


Npq metingen Vespuci laten evenals bij Tresor relatief hoge waarden zien bij hogere lichtintensiteiten.



2.7 Fotosynthesemetingen: spreiding tussen groepen en invloed licht.

In onderstaande grafiek is een analyse gemaakt voor de maximale fotosynthese bij lichtverzadiging in afhankelijkheid van de CO₂ concentratie. Uit de analyses blijkt dat bij hoge



lichtintensiteiten de fotosynthese van 400 naar 800 ppm CO₂ vrijwel verdubbelt.

3 Conclusies

Als er al geen een effect van CO₂ productie op de opbrengst van lelie is dan is dat in elk geval niet te wijten aan de veronderstelde afwezigheid van een positief effect van CO₂ op de fotosynthese. Dat effect is er namelijk overduidelijk: een toename van 50%, gemiddeld over lichtintensiteit, ras en seizoen wanneer de normale omgevingsconcentratie van 350 ppm wordt verhoogd naar 800 ppm.

Het CO₂ effect kan oplopen tot 90 %, bij hoge lichtintensiteiten en relatief lage huidmondjes geleidbaarheid.

Bij laag licht (najaarsconditie) van 85 $\mu\text{mol PAR}$ was de stimulering van de fotosynthese nog altijd circa 32 % bij verdubbeling van CO_2 . Dit geldt zowel voor de topbladeren als voor bladeren dieper in het gewas (1/4 vanaf de top). De gevonden rasverschillen zijn gering.

Het effect van de CO_2 concentratie hangt af van de openingstoestand van de huidmondjes. Naarmate de geleidbaarheid lager is, wordt het belang van CO_2 dosering groter. Dit principe gaat echter alleen op als de hoge CO_2 concentratie niet leidt tot een verdere sluiting want dan wordt een negatieve spiraal ingezet die eindigt in een volledige sluiting en een stop op de CO_2 opname.

De verschillen tussen rassen en tussen families zoals Oriëntal, Aziaten, LA en Longiflorum zijn betrekkelijk gering. Golden Tycoon was hierop een uitzondering met zeer hoge fotosynthese waarden. De kleine rasverschillen in respons op CO_2 zijn terug te voeren op rasverschillen in huidmondjes geleidbaarheid.

De fotosynthese van lelies is redelijk stabiel over de dag. In de ochtend is er een toename van 10 - 20%. In de middag naar de avond een geringe afname van 20 %.

De verschillen tussen de seizoenen zijn terug te voeren op lichtaanpassing: een hogere lichtaanpassing geeft hogere fotosynthese. Anderzijds leidt hoger licht tot een hogere openingstoestand van de huidmondjes waardoor het relatieve effect van CO_2 doseren afneemt.

Uit analyses van fotosynthese waarden en fluorescentiewaarden blijkt dat gedurende het gehele jaar vrijwel nooit een stress situatie voordoet. Dit is enerzijds een pluspunt anderzijds vragen we ons af of er niet te voorzichtig wordt omgesprongen met het toelaten van licht.

Lage temperaturen remmen het positieve effect van CO_2 . In een nieuwe manier van telen zou de temperatuur op hogere grenswaarden kunnen worden ingesteld, gecombineerd met hogere CO_2 en assimilatiebelichting.

Bij langdurige blootstelling kan mogelijk 'gewenning' optreden, waardoor het effect verminderd. Dit zou verder onderzocht moeten worden.

Verder speelt licht een grote rol. Meer licht versterkt het CO_2 effect. In de eindrapportage zal de efficiëntie in lichtbenutting en de fotosynthese capaciteit (licht response) worden meegenomen in de evaluatie. Vertaling van de geconstateerde hogere fotosynthese naar meerproductie in de praktijk is uiteindelijk het hoofddoel maar dan moet eerst worden uitgezocht waar de extra geproduceerde assimilaten eigenlijk blijven. We verwachten dat combinatie van meer licht en hogere CO_2 een hogere productie geeft en minder knop abortie.

Naarmate de huidmondjesweerstand groter wordt, zou de concentratie in de kas tot hogere waarden gedoseerd moeten worden. Hierbij moet echter in gedachten worden gehouden dat te hoge concentraties weer aanleiding geven tot verdere sluiting van de huidmondjes. Uit ervaring zou een hogere concentraties dan 900 ppm niet optimaal zijn vanwege dit "lange-termijn" effect.