

Effect CO₂ doseren bij Anthurium

Een literatuurstudie

Nieves García Victoria





Effect CO₂ doseren bij Anthurium

Een literatuurstudie

Nieves García Victoria

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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



PT projectnummer: 13782

Wageningen UR Glastuinbouw projectnummer: 3242074800

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	1
2 Effecten CO ₂ dosering bij Anthurium	3
2.1.1 Verloop CO ₂ in de kaslucht	3
2.1.2 Effect CO ₂ op de fotosynthese van Anthurium	5
2.1.3 Effect van CO ₂ op de hoeveelheid opgeloste suikers en zetmeel in het blad	8
2.1.4 Effect CO ₂ op de vegetatieve groei	9
2.1.5 Effect CO ₂ op de bloei	10
2.1.6 Effect CO ₂ op de huidmondjes en de verdamping	13
2.1.7 Gewenning van de planten op hoog CO ₂ niveau	15
2.1.8 CO ₂ niveau en blauwverkleuring in snijanthurium	15
3 Discussie	17
3.1.1 Potanthurium	17
3.1.2 Snijanthurium	19
4 Conclusies	23
5 Literatuur	25

1 Inleiding

Het doseren van koolzuurgas in de glastuinbouw is een algemene praktijk geworden in de meeste teelten. Met extra CO₂ groeien gewassen bijna altijd beter en is de productie beter en/of de kwaliteit hoger.

Aan het gebruik van CO₂ tijdens de teelt van gewassen onder glas zijn ook kosten verbonden. Daarom is in de praktijk het doseren van CO₂ bij Anthurium steeds meer gekoppeld aan de warmtevraag. In momenten waarop de ketel draait omdat de warmte nuttig gebruikt kan worden, is er CO₂ beschikbaar en wordt er gedoseerd. Door de inzet van energiebesparende maatregelen loopt de warmtevraag echter terug, en daarmee de momenten waarop het gedoseerd kan worden. Met name in voorjaar, zomer en najaar wordt er nauwelijks nog CO₂ gedoseerd.

Als er geen CO₂ gedoseerd wordt, is het aan de kasmetingen een duidelijke, zeer scherpe afname van de CO₂ in de kaslucht te zien in de loop van de dag, tot 250 ppm en lager (ruim 100 ppm onder de concentratie in de buitenlucht). Dit is een belangrijke aanwijzing dat de CO₂ in de kaslucht door het gewas wordt opgenomen.

Om de warmtevraag en de CO₂ dosering van elkaar te scheiden is het mogelijk om zuiver CO₂ te doseren of een aansluiting te nemen op een van de CO₂-netwerken (RoCa, OCAP). De kosten die hiermee gepaard gaan zijn echter niet gering, en niet alle kwekers zijn ervan overtuigd dat de kosten terugbetaald worden door een hogere productie of een betere kwaliteit. Terwijl sommige kwekers twijfelen aan het effect van CO₂ op de productie, omdat ze de indruk hebben dat minder CO₂ dosering niet heeft geleid tot een afname in de producties, beweren anderen dat het absoluut geleid heeft tot een gemiddeld iets kleinere bloemmaat.

Kwekers die overwegen over te stappen van ketel CO₂ naar zuiver CO₂ of een OCAP aansluiting willen graag weten wat het mag kosten en wat het oplevert. Er is daarom behoefte aan objectieve informatie over de effecten van CO₂ op *Anthurium andreanum*. Maar voor het uitgetest wordt in kasproeven, leek het verstandig om eerst te inventariseren wat er internationaal onderzocht is op het gebied van CO₂ bij Anthurium.

Middels het hier beschreven literatuuronderzoek is de beschikbare informatie over de effecten van CO₂ dosering bij Anthurium verzameld en zo overzichtelijk mogelijk weergegeven, enerzijds omdat mogelijk de effecten van CO₂ bij Anthurium al lang door andere auteurs gekwantificeerd zijn, anderzijds, omdat de informatie uit andere onderzoeken heel nuttig kan zijn bij het opzetten van een eventuele kasproef (optimalisatie niveaus en doseermomenten) en bij het plannen van de uit te voeren waarnemingen (bijvoorbeeld aanvullen met fotosynthesemetingen en huidmondjes onderzoek).

2 Effecten CO₂ dosering bij Anthurium

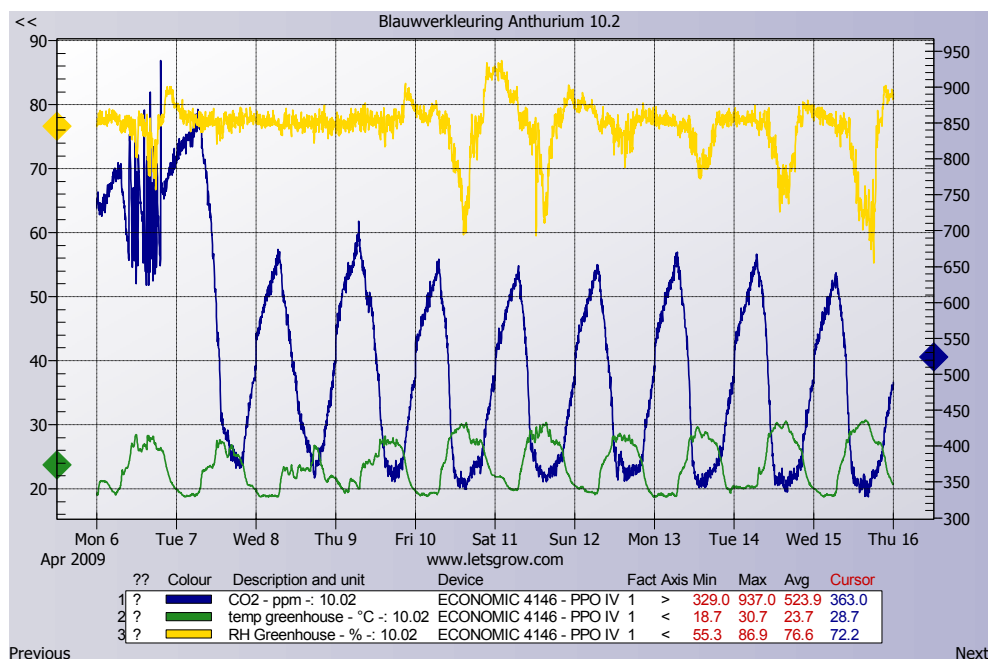
2.1.1 Verloop CO₂ in de kaslucht

Anthuriumtelers zien bij het stoppen met doseren van CO₂ een sterke afname van de CO₂ concentratie tot niveaus ver beneden de buitenluchtniveaus, zelfs onder 100 ppm. Dit duidt op een sterk verbruik door het gewas.

Om inzicht te krijgen in de mate waarin CO₂ 'opraakt' in een teelt, is in een net afgeronde Anthurium teeltproef in een 144 m² kas bij Wageningen UR Glastuinbouw gedurende twee weken de CO₂ toediening stopgezet waarbij de luchtramen permanent dicht bleven (figuur 1).

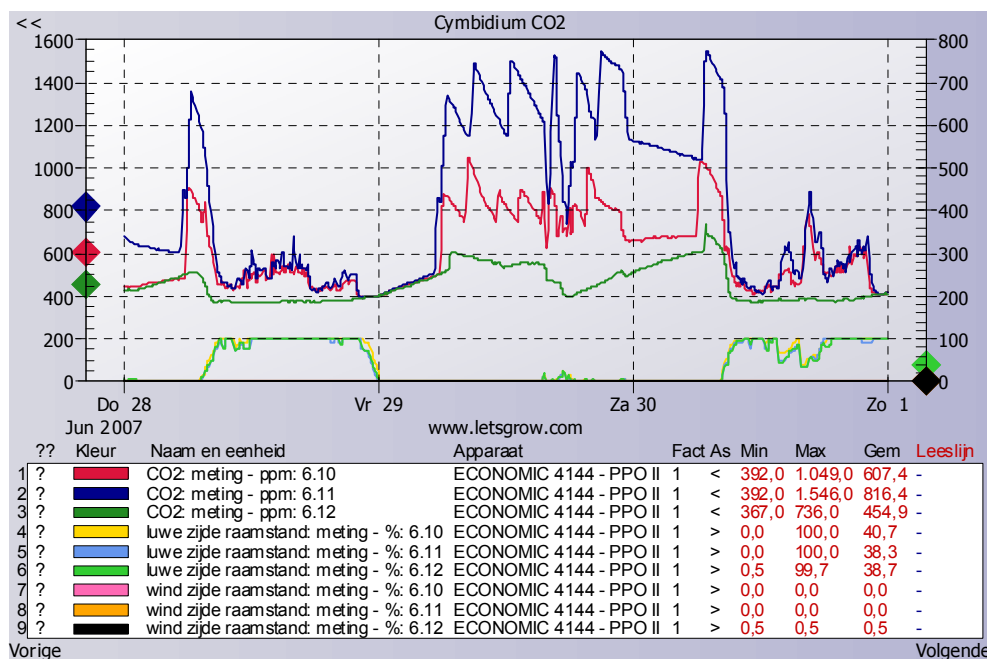
De figuur laat zien dat zodra de dosering van CO₂ stopt, halverwege de dag op 7 april, de concentratie in de lucht scherp daalt, om vervolgens weer toe te nemen gedurende de nachtperiode. Dit patroon herhaalt zich elke dag in een vast ritme.

De afname van CO₂ gedurende de dagperiode is te verklaren door vastlegging van CO₂ door het gewas via fotosynthese. De toename gedurende de nacht, door CO₂ productie als gevolg van respiratie (ademhaling).



Figuur 1. Verloop CO₂ concentratie in Anthurium andreaum Tropical + Calisto kas na het stoppen met CO₂ doseren met gesloten ramen.

Volgens telers ervaringen, is het mogelijk het CO₂ niveau op buitenlucht niveau te houden als de ramen open staan, door het continu vermengen van kaslucht met buitenlucht. Dit is niet uitgevoerd in de bovengenoemde kortstondige periode van geen CO₂ dosering. Uit een lopend CO₂ doseringsexperiment met Cymbidium (figuur 2), is dit effect te zien: door het met dichte ramen niet te doseren (donker groene lijn), loopt de concentratie CO₂ op in de kas tot wel ruim 700 ppm, en zodra de ramen open gaan zakt het tot buitenwaarde (met een minimum van 367 ppm).



Figuur 2. Verloop CO₂ concentratie bij niet doseren (en 2 niveaus doseren) onder invloed van de raamstand bij Cymbidium.

2.1.1.1 CO₂ productie door Anthurium bloemen

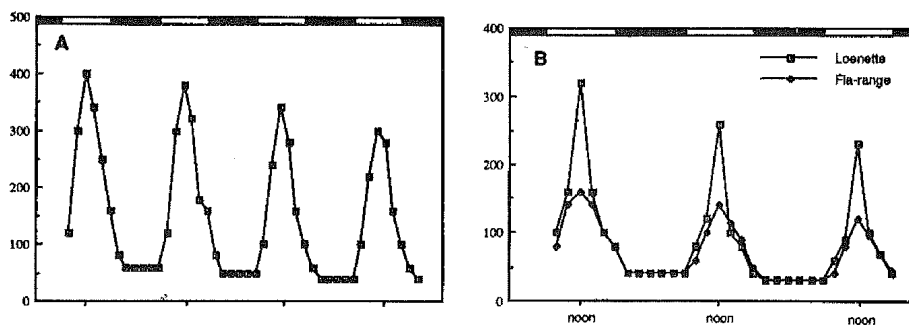
Tijdens de uren dat de CO₂ niveaus het laagst zijn, blijven ze ook min of meer rond de 350 ppm, vrij dicht bij de buitenlucht concentratie (380-400 ppm). Er zijn kleine fluctuaties te zien in de meting getoond in figuur 1; deze kunnen te danken zijn aan a) fotorespiratie, b) verminderde CO₂ vastlegging in verband met tijdelijke afname in de straling, of c) door de dagademhaling. Andere factoren die mogelijk een rol spelen in deze fluctuaties zijn lekkage van de kas en de buitenomstandigheden (wind).

a) Fotorespiratie

Door CO₂ uitputting rond de fotosynthetiserende cellen in het blad, kan het enzym Rubisco dat de CO₂ uit de lucht bindt, O₂ binden in plaats van CO₂. Na binding met zuurstof kan geen CO₂ worden gebonden, sterker nog, uit de reactie waarbij zuurstof gebonden wordt, komt netto weer CO₂ vrij. De netto fotosynthese is de bruto fotosynthese na aftrek van de fotorespiratie.

c) Dag respiratie

Planten van de Araceae familie (Hew *et al.*, 1994), evenals orchideeën, vertonen een zeer hoge productie van CO₂ overdag (tot 390 µg/g.h.), afhankelijk van de cultivar, zie figuur 3.



Figuur 3. Dag CO₂ productie in µg/g u door Anthurium andreaenum bloemen; A cv Jaya, B cv Loenette en Fla-range. De streepjes op de tijdsbalk op de x-as geven 12 uur 's middags aan. Uit Hew *et al.*, 1994.

Deze productie van CO_2 is in de Anthurium voor 90% te danken aan respiratie door de spadix (de kolf): als de spadix verwijderd wordt daalt de CO_2 productie sterk en blijft ook laag in de volgende dagcyclus, maar als het schutblad verwijderd wordt daalt de productie licht en is de volgende dag hersteld.

De CO_2 productie volgt een zeer vast dag nacht ritme wat nauwelijks te beïnvloeden valt door continu donker. Het is gekoppeld aan de biologische klok van de plant.

De CO_2 productie is hier geen product van fotorespiratie, want het vindt plaats in de niet-fotosynthetiserende plantendelen. De lage hoeveelheden zijn vermoedelijk niet echt zichtbaar als een toename van CO_2 in de klimaatgrafieken. In een vol gewas met veel bloemen zouden 100 gram aan ademhalende kolven nodig zijn om binnen een uur in een liter lucht de concentratie CO_2 met 40 ppm te vergroten.

Het nut van deze respiratie wordt geassocieerd met warmte productie voor het volatiliseren (gasvormig maken) van amines om insecten aan te trekken voor de bestuiving.

Duidelijk lijkt dus, dat zonder dosering van CO_2 , het gewas vrij snel de beschikbare CO_2 , uit eigen nachtrespiratie gebruikt voor de fotosynthese; met gesloten ramen kan het CO_2 niveau tot beneden de buitenwaarde komen, maar door vermenging met buitenlucht door de (gedeeltelijk) open ramen blijft het niveau op de concentratie van CO_2 in de buitenlucht. De respiratie door de kolf speelt vermoedelijk geen rol van betekenis in het verhogen van de CO_2 concentratie van de kaslucht.

De volgende vraag is wat voor effect het wel of niet doseren heeft op de fotosynthese, de vegetatieve / generatieve groei en de productie heeft.

2.1.2 Effect CO_2 op de fotosynthese van Anthurium

Diverse auteurs hebben fotosynthesemetingen gedaan bij Anthurium. Een gebruikelijk werkwijze is het bepalen van de lichtresponse kromme, waarin het verloop van de fotosynthese snelheid bepaald wordt in functie van de lichtintensiteit bij een het normaal atmosferische gehalte (ca. 380 ppm) aan CO_2 niveau. Fotosynthese- CO_2 -response krommes worden gemaakt bij een vast lichtniveau en oplopende CO_2 concentraties en geeft de fotosynthese snelheid in functie van de CO_2 concentratie, op korte termijn.

2.1.2.1 CO_2 response krommes

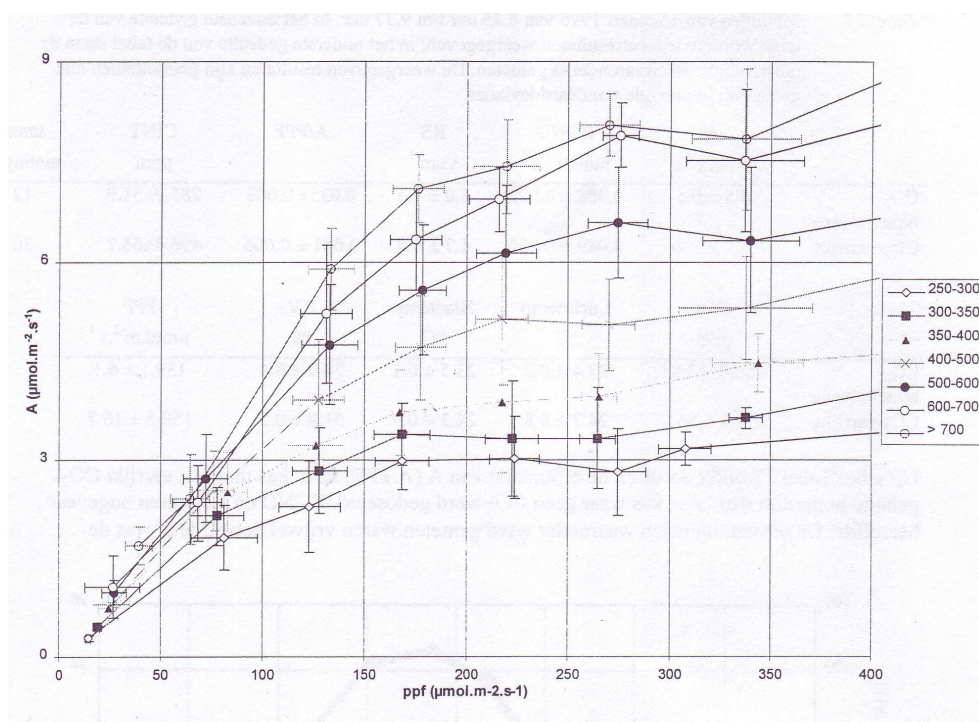
Roos (1988) heeft fotosynthese- CO_2 -reponse krommes bij onder andere *Anthurium scherzerianum* gemaakt bij verzadigd en bij onverzadigd lichtniveau. Als onverzadigd lichtniveau wordt een lichtintensiteit genomen op het meest steile deel van de lichtresponse kromme; als verzadigd, een lichtintensiteit waarbij de lichtresponse kromme een vlak verloop vertoont. Uit haar metingen blijkt dat alle planten uit de familie van de Araceae een hogere absolute fotosynthese vertonen in lichtverzadigde dan in onverzadigde toestand. Dit is niet voor alle planten die ze gemeten heeft het geval. Verzadigd licht moet de hoogste fotosynthese geven. Het steile deel van de licht respons kromme is per definitie lager in fotosynthese. Bij meer CO_2 is de verwachting dat er bij verzadigend licht ook een hogere fotosynthese is dan bij lagere CO_2 (afhankelijk van de gebruikte concentraties).

De fotosynthese- CO_2 -reponse kromme vertoonde verschil tussen planten. Met 700 ppm CO_2 was de toename in fotosynthese ten opzichte van het atmosferisch gehalte minimaal 13,5 % en maximaal 46,1% afhankelijk van de plant en van de lichtverzadiging. Bij 1400 ppm CO_2 was de maximale toename slechts 2,9%; in lichtverzadigde toestand werd bij 1400 ppm al een afname gemeten van 9,3 tot 16,4%. Bij 2100 ppm was de gemeten afname in fotosynthese minimaal 25% en maximaal 43%. Geconcludeerd werd dat de beste concentratie in de buurt van de 700 ppm ligt. Een ontbrekend gegeven in deze metingen is de heersende luchtvochtigheid op het moment van de metingen.

Durieux en Nijssen hebben lichtresponse krommes gemaakt van de fixatie van CO_2 bij verschillende CO_2 gehalten (figuur 4) aan planten van *Anthurium andreaeanum* 'Tropical', 'Sonata' en 'Fantasia'. De metingen zijn verricht in de periode 1 t/m 4 maart. Op het moment van de metingen was de heersende RV gemiddeld 58%.

Het verschil in CO_2 -vastlegging door de planten is heel groot bij lichtintensiteiten boven $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. De verschillen zijn klein bij de laagste CO_2 -niveaus (250-330) en worden heel groot ten opzichte van deze niveaus boven de 500 ppm. Ook is in de figuur heel goed te zien hoe het lichtcompensatiepunt (het punt waarboven lichtverzadiging optreedt) verschuift naar boven naarmate de CO_2 concentratie toeneemt, van rond de $170 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ bij 350 ppm naar $275 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ bij 500-600 ppm. Daarom gebruiken Van Dyk en Seydel (1985) in een artikel de term 'de planten wekken met CO_2 als ze lichtverzadigd zijn'. De plant kan aanzienlijk meer fotosynthese bedrijven als er CO_2 gedoseerd wordt. Ze kunnen dan ook meer licht verdragen.

In lichtverzadigde toestand, boven de $340 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ is opnieuw een toename van de CO_2 vastlegging zichtbaar.



Figuur 4. Lichtresponse krommes bij verschillende CO_2 gehalten bij *Anthurium andreaeanum*. A is fotosynthese uitgedrukt als CO_2 fixatie. De grafiek is afgeleid uit 3700 metingen. Bron: Durieux, Nijssen en Van Mourik, 1997.

2.1.2.2 Netto fotosynthese

De licht- en / of CO_2 response krommes geven een indicatie van de gehalten waarbij momentaan een potentiële fotosynthese toename wordt bereikt door het veranderen van de omstandigheden.

Door planten te laten groeien onder verschillende licht en CO_2 omstandigheden en dan de netto fotosynthese op verschillende data te meten, kan inzicht verkregen worden in effecten op de wat langere termijn.

In het zojuist genoemde onderzoek van Durieux en Nijssen is op verschillende data fotosynthese gemeten in twee kassen waarbij de planten onder twee lichtafscherming regimes stonden (krijten of schermen) en onder twee CO_2 niveaus werden geteeld. Tabel 1 geeft de resultaten van de diverse metingen weer.

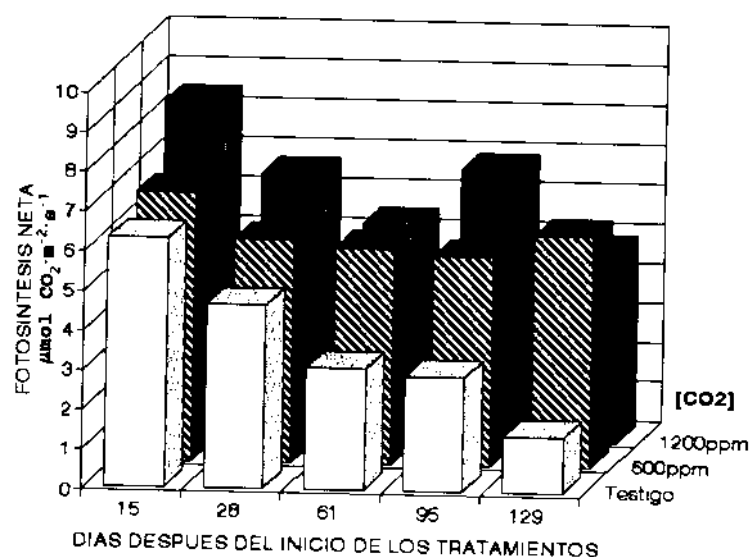
Wat opvalt, is dat op de middag metingen op 20 maart geen verschil was in CO₂ gehalte tussen de kas waar wel en de kas waar niet gedoseerd werd. Ook was de RV en het lichtniveau laag. Dat verklaart het geringe verschil in gemeten fotosynthese. In de ochtend, waar een verschil in CO₂ concentratie is gerealiseerd werd 52% meer fotosynthese gemeten in de kas waar gedoseerd werd.

Tabel 1. Resultaten fotosynthesemetingen in een kas waar wel en waar geen CO₂ gedoseerd werd en heersende condities. De blauwe schuine data zijn van de kas waar CO₂ gedoseerd werd met een streefwaarde van 800 ppm.

Datum		CO ₂ conc.	Netto fotosynth	RV	Blad temperatuur	PPF
15-3-1996		362	4.8	58	23.5	139
18-3-1996		379	6	69	24.1	166
20-3-1996	Ochtend	368	5.5	63.2	26.3	212
20-3-1996	Middag	366	3.2	54	27.9	158
21-3-1996		366	2.5	55.7	25.3	76
		377	3.1	69.1	22.4	71

In een onderzoek uitgevoerd in Mexico met de cv Tropical en drie CO₂ concentraties (controle - 0 ppm doseren - , 600 ppm doseren of 1200 ppm doseren) is ook op 5 verschillende data na de start van het experiment fotosynthese gemeten. Gemiddeld werd er een toename in netto fotosynthese ten opzichte van de controle gemeten van 59,2% als gevolg van doseren met 600 ppm en van 75,8% als gevolg van het doseren tot 1200 ppm.

Interessant uit dit onderzoek is het resultaat in de tijd dat in figuur 5 getoond wordt: 15 dagen na de start van de CO₂ toediening, is de netto fotosynthese voor alle behandelingen het hoogst. Hierna is er een aanzienlijke daling van de netto fotosynthese in de controle behandeling, terwijl de netto fotosynthese van de behandeling met 600 ppm op een hoger en constanter niveau blijft. De behandeling met 1200 ppm vertoont ook een daling in de tijd; de meerwaarde ten opzichte van de 600 ppm behandeling is op sommige meetdagen beperkt of niet aanwezig. Of deze daling in de fotosynthese toegeschreven kan worden aan een afname in het lichtniveau is niet bekend.



Figuur 5. Effect op de netto fotosynthese van het verhogen van de CO₂ concentratie in de lucht bij *Anthurium x cultorum* cv Tropical, 15, 28, 61, 95 en 129 dagen na de start met de toediening van 0 (testigo), 600 en 1200 ppm. Elke balk is het gemiddelde van 10 planten. Bron: Valdez Aguilar, 1995.

Chinese onderzoekers hebben in 2005 onderzoek gedaan met *Anthurium andreanum* Linden (potcultuur) in klimaatkamers; doseren tot een CO₂ concentratie van 1000±50 ppm resulteerde in 46,27% meer fotosynthese dan niet doseren (CO₂ concentratie van 360±30 ppm).

Het onderzoek is vervolgens uitgevoerd met de potanthuriumsoort *Anthurium andreanum* cv. Arizona in drie plastic kassen met vaste opening, waarbij in iedere kas de planten geteeld werden onder een andere CO₂ concentratie, te weten 360±30 ppm, 700±100 ppm of 1000±100 ppm. De netto fotosynthese was 27% hoger in de 700 ppm behandeling dan in de 360 controle, en 33,8% hoger in de 1000 ppm dan in de controle.

Uit deze vier onderzoeken is het duidelijk dat bij zowel *A. andreanum* als *Anthurium scherzerianum* de plant aanzienlijk meer fotosynthese kan bedrijven als er CO₂ gedoseerd wordt.

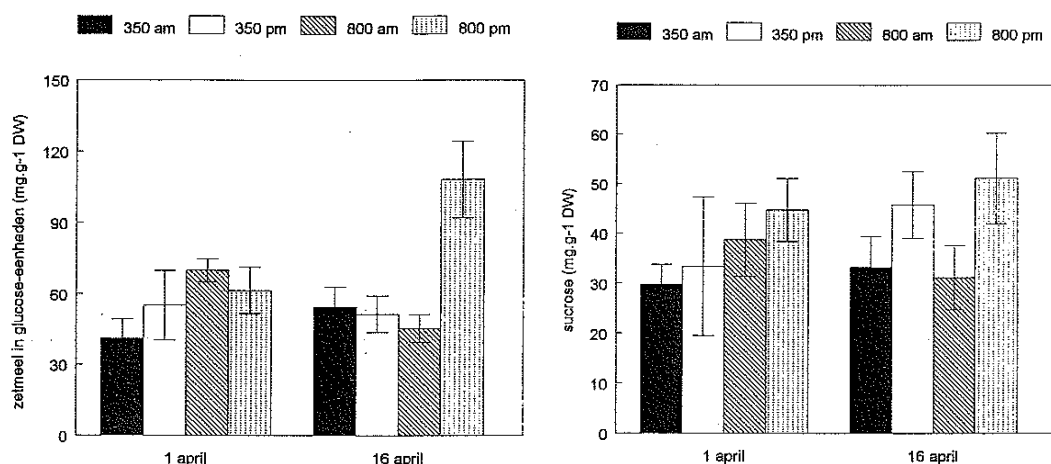
2.1.3 Effect van CO₂ op de hoeveelheid opgeloste suikers en zetmeel in het blad

Het eerste stabiele product van de fotosynthese na binding van CO₂ door het enzym Rubisco is 3-fosfoglyceraat. Dit molecuul heeft 3 C-atomen. Via de Calvin-cyclus, het cyclisch verloop van dit product tot koolhydraten, worden suikers aangemaakt. Een deel van de suikers wordt opgeslagen in de vorm van zetmeel, een deel wordt direct gebruikt als bouwstenen en een deel ervan wordt gebruikt als brandstof voor de ademhaling (respiratie) waarbij de vastgelegde energie weer vrijkomt in de vorm van warmte of in energierijke fosfaatverbindingen wordt vastgelegd. Per tijdseenheid moeten meer suikers worden aangemaakt dan er verademd worden. Het overschot aan suikers heet 'netto-assimilatie' en kan door de plant worden benut voor de groei.

Uit suikerbepalingen in de bovengenoemde onderzoeken van Li *et al.*, en Wang *et al.*, is vastgesteld dat het doseren van CO₂ wel degelijk tot een toename van zetmeel in het blad leidt, en in mindere mate tot een toename van opgeloste suikers.

Figuur 5 toont de gehalten aan zetmeel en sucrose gemeten op twee data in het voorjaar als gevolg van de CO₂ behandelingen in het onderzoek van Durieux en Nijssen. Daaruit wordt een toename in zowel zetmeel als opgeloste suikers in het blad als gevolg van de CO₂ dosering duidelijk zichtbaar, vooral als de monsters in de middag genomen werden.

In dit onderzoek zijn ook metingen gedaan in de zomer, en jammer genoeg niet in de winter. De gehalten aan assimilaten waren in het voorjaar hoger dan in de zomer. Verondersteld wordt dat de gehalten in de winter lager zijn, mede door het krijgen van kleinere bloemen en verdroogde knoppen.



Figuur 5. Gehalte aan zetmeel (links) en aan Sucrose (rechts) in het blad van *Anthurium andreanum* gemeten op 2 data in de ochtend en in de avond, als beïnvloed door de concentratie CO₂. Naar Durieux, Nijssen en Van Mourik, 1997.

Geconcludeerd mag worden dat de extra fotosynthese als gevolg van extra CO_2 in de omstandigheden en momenten waarop suikers gemeten zijn, tot extra aanmaak van opgeloste suikers en reserve suikers (zetmeel) in het blad leidt, maar de mate waarin wisselt per periode.

2.1.4 Effect CO_2 op de vegetatieve groei

Als de plant meer fotosynthetiseert en er worden meer suikers aangemaakt is meer groei te verwachten. Dit blijkt ook het geval te zijn in de meeste onderzoeken die beschreven zijn, zowel in de vermeerdering als tijdens de teelt. De mate waarin lijkt wel afhankelijk te zijn van andere factoren, waaronder ook substraat. Hieronder worden resultaten van een aantal onderzoeken die in deze richting wijzen samengevat.

2.1.4.1 In de vermeerdering

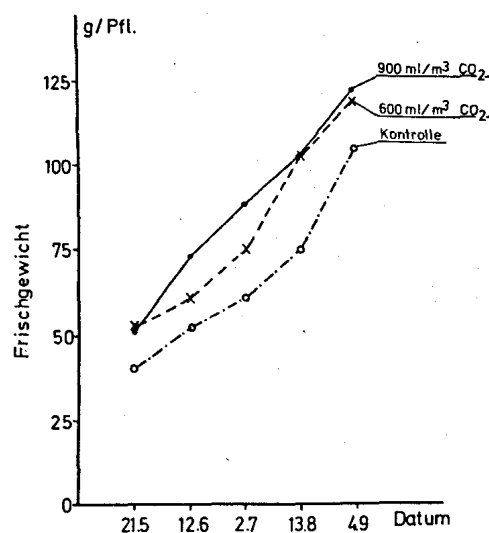
Molitor en Fischer bestudeerden in 1985 in Duitsland de respons van diverse uit zaad vermeerderde soorten, waaronder *Anthurium scherzerianum*, op vier verschillende CO_2 concentraties: atmosferische waarde (350-450 ppm), en verrijkte waardes met 800, 1200 en 1600 ppm. Dosering vond plaats tijdens de lichtperiode.

De kiemsnelheid werd niet door CO_2 beïnvloed. De drooggewichten van de zaailingen, beoordeeld 5 maanden na het zaaien, werden sterk beïnvloed door de CO_2 concentratie; 1600 ppm CO_2 resulteerde in 150% meer drooggewicht dan de atmosferische concentratie. De toename bij 800 ppm was ongeveer 70%; het verschil tussen 800 en 1200 ppm was niet significant.

De Poolse onderzoekers Matysiak en Nowak bestudeerden de ontwikkeling van 'in vitro' vermeerderde *Anthurium x cultorum* plantjes na het verpotten in diverse substraten onder twee CO_2 concentraties: geen dosering (350 ppm) en 1200 ppm. Bij het beoordelen van de versgewichten, 8 weken na het oppotten, blijken de CO_2 bemeste plantjes 140% tot 279% meer te wegen dan de controle plantjes, afhankelijk van het substraat (de grootste toename was voor rekening van de steenwol).

2.1.4.2 Tijdens de teelt

Uit vier onderzoeken zijn kwantitatieve gegevens beschikbaar over het effect van CO_2 op de vegetatieve groei van *Anthurium* gedurende de teelt.



Figuur 6. Toename versgewicht planten als gevolg van het doseren van CO_2 bij *Anthurium scherzerianum*. Naar Schmidt en Lauterbach, 1984.

Schmidt en Lauterbach bestudeerden in het Duitse proefstation in Wolbeck in de winter van 1983-84 de effecten van 600 en 900 ppm CO₂ bij de *Anthurium scherzerianum* cv. Arndt's Flamenco van zonsopgang tot 2 uur voor zonsondergang; in de zomer herhaalden zij de experimenten waarbij als vierde behandeling 900 ppm gedoseerd werd en tegelijkertijd een verhoogde luchttemperatuur. Planthoogte, plantdiameter en versgewicht (figuur 6) namen toe bij de toenemende CO₂ concentraties. Het versgewicht was in de winterteelt 21% hoger bij de 900 ppm planten dan bij de controlegroep, maar in de zomer was dit slechts 3%. Verhoging van de luchttemperatuur bij de 900 ppm planten met 5°C leidde wel tot een 10% hogere plantgewicht dan de controle en 7% meer versgewicht dan dezelfde concentratie zonder temperatuurverhoging.

In dit onderzoek is ook een betere beworteling geconstateerd als gevolg van de hogere CO₂ concentraties (meer en betere wortels).

Het meest recente onderzoek naar de effecten van CO₂ dosering op de groei van *Anthurium andreanum* is beschreven in 2005 door de Chinezen Jingmin, Yonghua *et al.*

Ze hebben het werk achter elkaar uitgevoerd met de cultivars Linden en Arizona, in respectievelijk kweekkamers en in open kassen.

De eerste proef, waarbij de atmosferische concentratie (360±30 ppm) werd vergeleken met een verhoogde concentratie van 1000±50 ppm is na 30, 60 en 90 dagen beoordeeld. Het versgewicht was na 30 dagen al significant hoger (8 gram) bij de CO₂ bemeste planten. Na 60 dagen waren de bemeste planten significant hoger, en hadden meer bladeren per plant waardoor de totale bladoppervlakte ook significant groter was. Opmerking bij dit onderzoek is dat de resultaten gebaseerd zijn op een klein aantal waarnemingen (3 planten per behandeling).

In de tweede proef is ook een tussenconcentratie CO₂ van 700±100 ppm getoetst in plastic kassen. De effecten zijn na 10, 20 en 30 dagen beoordeeld. Na 30 dagen was een verschil in versgewicht van gemiddeld 7 gram tussen de CO₂ bemeste planten en de controle planten, maar er was geen verschil tussen de 700 en de 1000 ppm behandeling. Dit was ook het geval voor de planthoogte en het bladoppervlakte.

Valdez Aguilar bepaalde in Mexico het drooggewicht van de bladsteel en blad apart, en zag voor het blad een toename in versgewicht van 9% als gevolg van 600 ppm CO₂ en van 10,6% als gevolg van 1200 ppm; de respectievelijke toenames in drooggewicht waren 11,4% en 13,4%. Het verschil tussen 600 en 1200 ppm is in beide niet significant. Tevens nam het bladoppervlak toe, met 9,2% als gevolg van de 600 ppm behandeling, maar slechts met 0,05% als gevolg van de 1200 ppm behandeling. De bladsteel werd langer, dikker en zwaarder als gevolg van de CO₂ bemesting, maar ook hier was het effect van de 600 ppm groter of even groot als die van de 1200 ppm.

In dit onderzoek werd bovendien een versnelling van de bladontwikkeling van maar liefst 10 dagen gemeten voor de planten onder 600 ppm CO₂. Dit laatste resultaat is in tegenspraak met het onderzoek van Durieux en Nijssen dat eerder genoemd is met de snijanthurium cultivars Tropical, Sonate en Fantasia, waar geen vegetatieve groei gemeten, maar wel de bladafsplittingsnelheid. Ze concludeerden dat de bladafsplittingsnelheid niet beïnvloed werd door de CO₂ concentratie, maar wel negatief beïnvloed werd door het omvallen van de planten, wat in het onderzoek vanaf het tweede jaar begon, en door de concurrentie tussen planten.

2.1.5 Effect CO₂ op de bloei

Ook in alle onderzoeken zijn positieve effecten gevonden van CO₂ doseren op de bloei van Snijanthurium. In de diverse experimenten worden verschillende positieve effecten op de bloei waargenomen:

2.1.5.1 Bloeivervroeging

Gemeld door Schmidt en Lauterbach, in potplantenteelt, 14 dagen bloeivervroeging ten opzichte van de controle; beoordeeld werd het moment waarop 2 open bloemen op de plant stonden.

In het onderzoek van Valdez Aguilar leidde de versnelling van de bladontwikkeling van 10 dagen als gevolg van de 600 ppm CO₂ niet tot een versnelling van de bloei bij Tropical. Dit resultaat is ook bereikt in het onderzoek van Durieux en Nijssen met de snijanthurium cultivars Tropical, Sonate en Fantasia.

Andere auteurs vermelden geen effecten op de versnelling van de bloei. Er is dus een duidelijke discrepantie hierin tussen het effect op de potanthurium (versnelling) en op de snijanthurium (geen versnelling).

2.1.5.2 Grotere schutbladen

Het effect varieert per experiment (periode, soort, doseringsniveau, etc.) maar is in alle experimenten aanwezig waar het vermeld is. De toename in breedte van het schutblad varieert van 0,1 tot 1 cm in de experimenten met *Anthurium Scherzerianum*.

In de *Anthurium andreanum* vermeldingen blijkt de bloemdiameter ook toe te nemen volgens Durieux *et al.* (1997). Zij bereikten over het hele jaar een significante toename van 0.5 cm in schutblad diameter tussen de niet bemeste en de met 800 ppm bemeste kas voor de drie onderzochte cultivars Tropical, Sonate en Fantasia.

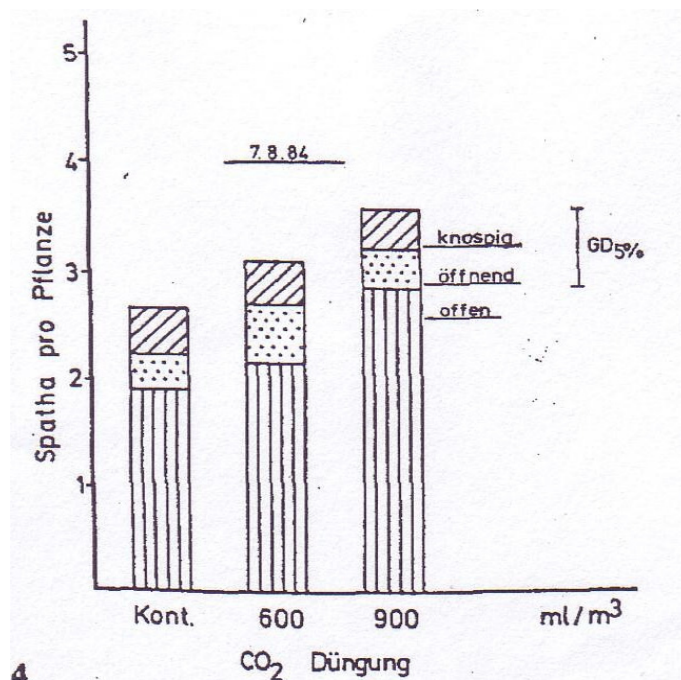
Ook in Mexico is de toename in de grootte van het schutblad waargenomen bij Tropical (zie tabel 2) als gevolg van de behandeling met 600 ppm CO₂: zowel de lengte als de breedte nemen toe met respectievelijk 6,3% breder en 11,6% langer dan de controle zonder koolzuurgas. De behandeling met 1200 ppm gaf minder grotere schutbladeren dan de behandeling met 600 ppm.

Tabel 2. Effect van de CO₂ concentratie op de lengte, breedte en oppervlakte van het schutblad. Naar: Valdez Aguilar, 1995.

CO ₂ concentratie	Lengte schutblad (cm)	Breedte schutblad (cm)	Oppervlakte schutblad (cm ²)
Geen dosering	10.16 c	9.25 c	71.01 c
600 ppm	11.34 a	9.83 a	85.17 a
1200 ppm	11.03 b	9.51 b	79.41 b

2.1.5.3 Toename van het aantal bloemen per plant

In twee bestudeerde artikelen wordt melding gemaakt van een verbetering van het aantal bloemen (bij potplanten). Schmidt en Lauterbach zagen een duidelijk effect van het doseren: hoe meer CO₂, hoe meer bloemen er per plant gevormd werden (figuur 7) in vooral de winterteelt.

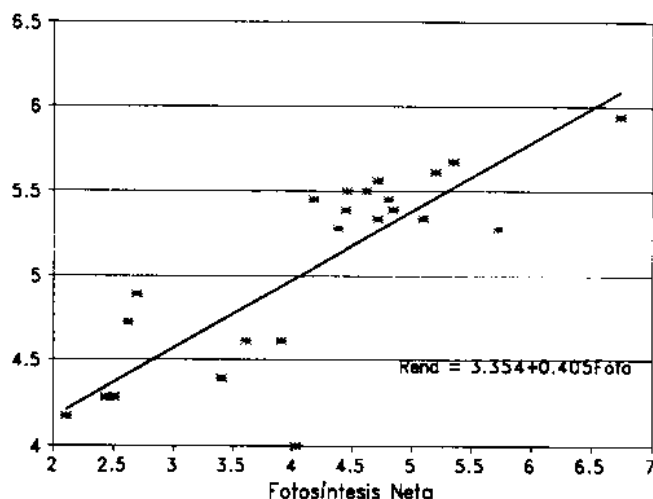


Figuur 7. aantal spatha (bloemen) per plant als beïnvloed door de concentratie CO_2 in de lucht. Uit Schmidt en Lauterbach, 1986.

In het chinees onderzoek wordt gerapporteerd '80% meer bloei na 90 dagen'. Dit spectaculaire resultaat, die ze verklaren als gevolg van de hogere fotosynthese en assimilaten voorraad, is wellicht beter te verklaren uit het laag aantal waarnemingen. Om onduidelijke redenen is het niet gelukt de planten zonder CO_2 te laten bloeien, maar een deel van de CO_2 bemeste planten (1000 ppm behandeling) hebben wel gebloeid. Uit onderzoek van Van Telgen en García (2003) is gebleken dat daglichtsommen beneden de 3 mol/dag bij bepaalde potanthurium cultivars zorgen voor een extreem lange bladafsplitsingstijd die ertoe leidt dat variërend percentages planten niet bloeien of pas veel later bloeien. Door de kleine monster aantallen en mogelijk locatieverschillen kunnen deze resultaten van het chinees onderzoek verklaard worden.

In het onderzoek met de snijanthurium soorten van Durieux, is slechts een niet significant verschil van een halve tot 1 tak meer per m^2 geoogst als gevolg van het bemesten met CO_2 . Dit teleurstellend resultaat op de feitelijke productie (het aantal verkoopbare takken) wordt volgens de auteurs deels verklaard door concurrentie tussen planten en door de vertraging van de blad en bloemafplitsing als gevolg van het omvallen van planten.

Daarentegen is het in het onderzoek van Valdez Aguilar, die overigens de productie niet in aantal planten per m^2 maar in aantal planten per pot uitdrukt, zijn in 6 maanden tijd 4,39 bloemen per pot geoogst zonder CO_2 dosering, 5,21 bloemen per pot met 600 ppm CO_2 en 5,53 bloemen per pot met 1200 ppm; de verschillen zijn niet alleen significant: ze blijken ook een goede correlatie te vertonen met de netto fotosynthese in dezelfde periode, zoals getoond wordt in figuur 8.



Figuur 8. Relatie tussen netto fotosynthese (x-as) en aantal geoogste bloemen per plant (y-as). $R^2 = 0.82$. Naar: Valdez Aguilar, 1995.

2.1.6 Effect CO₂ op de huidmondjes en de verdamping

Een algemeen effect van het verhogen van het CO₂ gehalte in de kaslucht is een afname in de verdamping als gevolg van een gedeeltelijke sluiting van de huidmondjes.

2.1.6.1 CO₂ en huidmondjes opening

Huidmondjes (stomata) zijn de poriën in de huid van het blad. Via deze poriën verlaat waterdamp het blad en komt CO₂ naar binnen. Huidmondjes kunnen bijna geheel gesloten zijn, bijvoorbeeld 's nachts. Ze vormen dan een grote weerstand voor de verdamping en het opnemen van CO₂. Als de huidmondjes wijd open zijn, is de weerstand laag. Daartussenin zijn alle openingstoestanden mogelijk. Het openen en sluiten gebeurt tamelijk geleidelijk, maar als het nodig is kan de plant de huidmondjes snel sluiten.

Verreweg de belangrijkste factor voor sturing van de huidmondjes is licht. Een plant streeft naar voldoende CO₂ in zijn huidmondjes om fotosynthese op gang te houden. Naarmate er meer licht is, moet de plant meer CO₂ via de huidmondjesholte binnenlaten voor de fotosynthese. De opening van de huidmondjes zal daardoor groter zijn bij meer licht. Halverwege de middag beginnen de huidmondjes vaak al te sluiten als gevolg van de gedaalde instraling. In de tweede plaats zijn de watervoorzieningen en de luchtvochtigheid van belang. Bij watertekort in de plant of bij droge lucht wordt de opening van de huidmondjes kleiner om de plant te beschermen tegen uitdroging. De huidmondjes kunnen ook gedeeltelijk sluiten door te hoge bladtemperatuur, veroudering, een hoge CO₂-concentratie, luchtverontreiniging of na het toepassen van bepaalde bestrijdingsmiddelen. Huidmondjes zijn ver geopend bij veel licht, een goede watervoorziening naar het blad, een hoge luchtvochtigheid en een lage CO₂-concentratie.

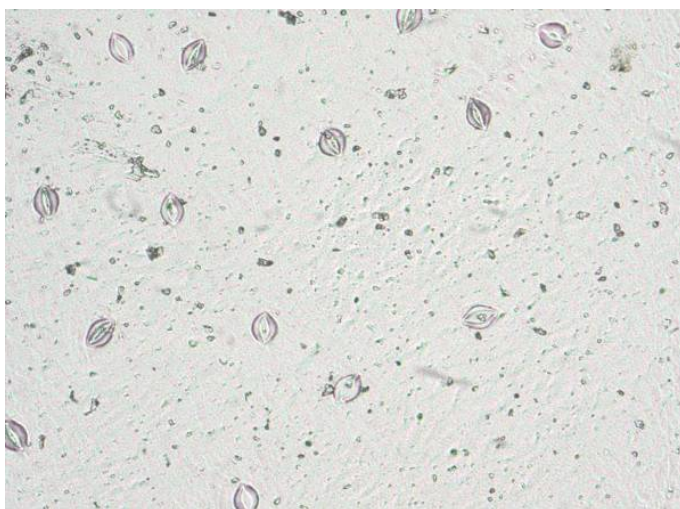
De CO₂-concentratie in de lucht speelt een bescheidener rol dan licht en luchtvochtigheid op de opening van de huidmondjes, maar bij hogere concentraties neemt het belang toe. Naarmate het CO₂-gehalte hoger is, zijn de huidmondjes meer gesloten.

De mate van extra sluiting is bij tomaat, komkommer en paprika circa 3% per 100 ppm CO₂, bij aubergine ongeveer drie keer zo sterk (Nederhoff en De Graaf, 1992). Boven een grens van ca. 2000 ppm CO₂ in de lucht zullen de huidmondjes geheel dicht zitten. Bij hogere niveaus (duizenden ppm), kunnen de huidmondjes hun reactievermogen kwijt raken. Ze kunnen op ongewenste momenten open staan, waardoor waterdamp te snel naar buiten gaat en luchtverontreiniging ongestoord naar binnen komt. Deze hele hoge concentraties komen nog wel voor in de winter bij teelten zonder afvoer van rookgassen. In een bedrijfsvergelijkend onderzoek onder 10 kwekers van *Anthurium x cultorum* cv Tropical (Warmenhoven en García, 2009) zijn concentraties gemeten tot ruim 2000 ppm.

Anthurium kenmerkt zich door een lage hoeveelheid huidmondjes per mm² bladoppervlakte, uitsluitend aan de onderkant van het blad (Durieux et al, 1997; Warmenhoven *et al.* 2009). Bovendien heeft Anthurium een hoge weerstand voor tegen waterverlies vanuit het blad; dit belemmert een snelle uitwisseling van CO₂ zelfs bij volledig geopende huidmondjes.

Door het telen onder hoog CO₂ konden Jingming *et al.* (2005) ook een afname van de huidmondjes geleidbaarheid vaststellen (een grotere weerstand tegen waterverlies) wat duidt op een verdere sluiting. Dit resulteert in een vermindering van de verdamping (niet in dit onderzoek gemeten).

Middels afdrukken met de stempelmethode (figuur 9) is trouwens goed te zien dat op dezelfde moment in een blad huidmondjes kunnen voorkomen in diverse mate van opening.



Figuur 9. Afdruk van 0.38 mm² van een Anthurium blad genomen rond 11 uur 's ochtends, waarin ca. 14 huidmondjes in voorkomen in verschillende mate van opening. Uit Warmenhoven et al., 2009.

Valdez bepaalde in zijn onderzoek de geleidbaarheid en de weerstand van de huidmondjes van Tropical onder drie CO₂ niveaus. Afhankelijk van het moment waarop de metingen zijn verricht, varieerde de mate waarin de geleidbaarheid daalt en het weerstand stijgt met de concentratie CO₂. Gemiddeld over alle metingen vond hij dat de huidmondjes geleidbaarheid met 6,7% daalde bij 600 ppm en met 29,8% bij 1200 ppm ten opzichte van de controle zonder toegevoegde CO₂.

2.1.6.2 CO₂ en verdamping

CO₂-dosering leidt dus tot een kleinere huidmondjesopening, en daardoor tot een lagere verdamping. Door de geringere verdamping daalt in principe de luchtvochtigheid, want er wordt minder waterdamp in de lucht gebracht. De lagere luchtvochtigheid heeft tot gevolg dat de huidmondjes verder dichtgaan (een gemeten huidmondjessluiting van 40% komt in veel onderzoeken voor). Vaak niet alleen door hoog CO₂, maar ook door de veranderde luchtvochtigheid.

Bij verminderde verdamping stijgt de bladtemperatuur want er is minder koeling. De stijging van bladtemperatuur is meestal slechts circa een graad Celsius. Het vochtdeficit blad/lucht neemt toe als gevolg van de dalende luchtvochtigheid en de gestegen bladtemperatuur. Het grotere vochtdeficit stimuleert de verdamping sterk, want een groter verschil in vocht tussen blad en lucht heeft een grotere zuigkracht op de waterdamp in de poriën. Deze twee invloeden (minder ver geopend huidmondjes en gestegen vochtdeficit) werken elkaar tegen. Hierdoor word de

verdamping minder geremd dan verwacht kan worden op grond van de huidmondjessluiting. Deze ingewikkelde invloeden worden terugkoppelingen ('feedback') genoemd. De sterkte van de terugkoppelingen hangt onder meer af van de raamopening, de windsnelheid en de grootte van het gewas.

Dit maakt het onmogelijk te berekenen hoeveel procent de verdamping verandert bij een bepaalde verandering van huidmondjes, of bij een bepaalde verandering van de CO₂-concentratie, en verklaart ook waarom bij het ene onderzoek een sterke afname van de verdamping wordt gemeten als gevolg van het verhogen van de CO₂ concentratie in de lucht, en bij het andere heel klein.

In het onderzoek van Durieux en Nijssen is door de hogere CO₂ concentratie in de lucht een afname in verdamping gemeten van 10-40%.; de afname werd toegeschreven aan gedeeltelijke sluiting van de huidmondjes (de mate waarin is niet gemeten) als gevolg van de toename van de interne CO₂ concentratie. Dit hoeft niet per se ernstig te zijn, want door hoge CO₂ in de kas komt door het sluiten van de huidmondjes minder lucht binnen maar die lucht heeft wel een hoger CO₂ gehalte. Het resultaat is dat er netto er meer koolzuurgas naar binnen stroomt.

In het onderzoek van Valdez werd het tegenovergestelde waargenomen: ondanks de (gemeten) daling van de huidmondjes geleidbaarheid (een maat voor de opening), neemt de verdamping gemiddeld toe met 28% als gevolg van de dosering van 600 ppm ten opzichte van de controle en slechts 7,8% als gevolg van de 1200 ppm behandeling. De zeer lage heersende luchtvochtigheid tijdens de meetmomenten was kennelijk een sterkere kracht dan de sluiting van de huidmondjes als gevolg van de CO₂ concentratie.

2.1.7 Gewenning van de planten op hoog CO₂ niveau

Verminderd rendement van hoog CO₂ als deze lang wordt aangehouden (diverse auteurs, niet specifiek Anthurium onderzoek) wordt soms ondervonden. Dit wordt vaak aangeduid met 'gewenning' van de planten op hoge niveaus koolzuurgas in de lucht, en door diverse auteurs is gesuggereerd dat dit zou kunnen komen door een verminderde aanmaak van het enzym Rubisco in de plant of door een verminderde activiteit onder hoog CO₂.

Bij Anthurium spreken twee onderzoeken deze theorie van de gewenning tegen:

1. Metingen in het chinees onderzoek van de groep van Jingmin tonen aan dat bij verhoogde CO₂ concentraties de activiteit van het enzym Rubisco, die de CO₂ bindt, toeneemt gedurende de onderzoeksperiode die 90 dagen besloeg.
2. Het onderzoek van Valdez, waar de fotosynthese in de tijd blijft toenemen (zie figuur 5 onder 3.1.2.2): In de tijd is er een aanzienlijke daling van de netto fotosynthese in de controle behandeling, terwijl de netto fotosynthese van de behandeling met 600 ppm op een hoger en constanter niveau blijft.

2.1.8 CO₂ niveau en blauwverkleuring in snijanthurium

Veel positieve of neutrale effecten van het doseren van CO₂ zijn in de vorige hoofdstukken doorgenomen. Slechts van één negatief neveneffect van het doseren van CO₂ valt te vermelden: dat is een waargenomen versterkende effect van hoge RV op het voorkomen van blauwverkleuring bij de snijanthurium Tropical in een teeltsysteem met jong blad breken.

Dit is gebleken in een recent afgerond onderzoek naar de oorzaken van het optreden van blauwverkleuring, een belangrijk kwaliteitsprobleem dat zich meestal manifesteert na de oogst (Warmenhoven en García, 2009). Bij het vergelijken van de klimaatgegevens van 10 telers en te relateren aan de incidentie van blauwverkleuring bij deze telers blijkt dat hoog CO₂ slecht correleert met de geregistreeerde blauwverkleuring. Maar als CO₂ meer dan 20% van de tijd hoger is dan 700 ppm, versterkt het de gevolgen van hoge RV, zoals het blijkt uit tabel 3. Vaak voorkomende hoge CO₂ (boven de 700 ppm) in combinatie met vaak voorkomende hoge relatieve luchtvochtigheid (boven de 85%) leiden tot een verhoging van de incidentie van blauwverkleuring.

Tabel 3. Incidentie blauwverkleuring (in %) bij telers en de relatie tussen vaak hoog CO₂ en vaak hoge RV.
Naar Warmenhoven en García, 2009.

	% tijd dat CO ₂ > 700 ppm		
	minder dan 1	tussen 1 en 20	meer dan 20
% tijd RV > 85%			
minder dan 35		7,33	15,41
tussen 36 en 65	1,5	8,4	10,18
meer dan 65	12,44	13,45	21,5

De methode van bloeiversnelling door het breken van jonge bladeren was niet eerder toegepast in de beschreven CO₂ onderzoeken. Het is wel een aandachtspunt bij het eventueel verrichten van CO₂ onderzoek bij snijanthurium.

3 Discussie

De beschikbare informatie over CO₂ dosering bij Anthurium is beperkt en niet heel recent. Er lijkt iets meer werk verricht met *Anthurium scherzerianum*, die geteeld wordt als potplant, dan met *Anthurium andreanum*, waar de referenties zich beperken tot 2 proeven met potplanten en 2 proeven met snijcultuur.

De meeste teeltexperimenten en het meten van fotosynthese bij Anthurium laten zien dat er potentieel veel winst te behalen valt met het doseren van CO₂. De verhoogde fotosynthese vertaalt zich zowel tijdens de vermeerdering als tijdens de teelt, in verhoogde groei.

Gewenning van de planten op de hogere CO₂ niveaus is op basis van de beschikbare informatie niet te verwachten.

Wat betreft de optimale concentratie CO₂, is er uit de omschreven onderzoeken niet duidelijk uit te halen met welke niveau nu het beste rendement valt te behalen. Het is moeilijk te vergelijken omdat de laagste en hoogste waarden vaak anders zijn. Er blijkt duidelijk dat er veel voordeel te behalen valt met het verhogen van het CO₂ niveau in de kas boven de concentratie in de buitenlucht. Tussen 600 ppm en 900 ppm is er nog voordeel te behalen, maar het verschil tussen de hogere 900 ppm waarde met de lagere waarden (600 en 700 ppm) is soms niet meer significant. Boven de 1000 – 1200 ppm zijn de effecten nog minder duidelijk, maar veel waarnemingen duiden op overdosering (geen effect of negatief effect). Daarom zal de optimale dosering bij Anthurium ergens tussen de 600 en de 900 ppm liggen, en kan vooral gebaseerd worden op een economische afweging.

3.1.1 Potanthurium

Tabel 4 vat de resultaten van alle onderzoeken verricht met potcultuur samen.

Doseren van CO₂ bij Anthurium als potplant levert een verhoging van de fotosynthese en een verhoging van opgeloste en reserve suikers in het blad. Beide resulteren in een verbetering van de vegetatieve groei (vers- en drooggewicht, hogere planten, meer bladeren en hogere bladoppervlakte, betere wortels) en van de bloei (meer en grotere bloemen).

Omdat bij potanthurium de plant in zijn geheel de verkoopbare eenheid is, is een toename van de vegetatieve groei al positief: het kan de teeltduur enigszins verkorten (1 week minder is 5% extra winst). Grotere bloemen en / of meer bloemen vertalen zich direct in een hogere verkoopprijs.

De onderzoeken zijn gedaan met een zeer beperkt aantal cultivars. Het is niet zeker of deze resultaten te bereiken zijn met het huidige assortiment, maar er zijn zeker positieve effecten te verwachten. In alle onderzoeken die de laatste jaren uitgevoerd zijn met potanthurium is CO₂ standaard gedoseerd tot concentraties rondom 700 ppm. Een vergelijk is nooit toegepast.

Daarbij is er in alle onderzoeken een bepaalde concentratie van CO₂ in de lucht nagestreefd. In de huidige praktijk, waar de CO₂ dosering in veel gevallen gekoppeld is aan de warmtevraag, kan het betekenen dat er wisselend CO₂ gedoseerd wordt. Vraag is dan hoeveel extra is het waard om aanvullend te doseren, en in hoeverre het aangevuld moet blijven op momenten van bijvoorbeeld hoge ventilatie.

Tabel 4. Effecten van CO₂ doseren op potanthurium aldus diverse auteurs.

Auteur	Jaar	Soort	Onderzochte CO ₂ niveaus	Resultaten
Schmidt en Lauterbach	1984	<i>Anthurium scherzerianum</i> 'Arndt's Flamenco's'	Winterteelt Geen dosering 600 ppm 900 ppm Zomerteelt Geen dosering 600 ppm 900 ppm 900 ppm met hogere Temp.	Teeltversnelling van 14 dagen Winterteelt + 1 cm planthoogte + 1 cm plant diameter + 20 g plantgewicht + 0,4 cm bloemdiameter Zomerteelt + 3 cm planthoogte + 1 cm plantdiameter + 3 gram plantgewicht + 0,1 cm bloemdiameter
Van Dyk, Seydel	1985	<i>Anthurium scherzerianum</i> 'Arndt's Flamenco'	Geen dosering 600 ppm 900 ppm	Toename versgewicht + 23 % bij 600 ppm + 33% bij 900 ppm Toename aantal bloemen Controle 2,7 600 ppm 3,0 900 ppm 3,7 Toename bloemdiameter (spathe)
Veerle	1987	<i>Anthurium scherzerianum</i> Alleen fotosynthesemetingen	Geen dosering (controle) 700 ppm 1400 ppm 2100 ppm	Toename fotosynthese t.o.v. controle + 46,1% bij 700 ppm + 2,9 % bij 1400 ppm - 25,5 % bij 2100 ppm
Molitor, Fischer	1988	<i>Anthurium scherzerianum</i> vermeerdering	Geen dosering 800 ppm 1200 ppm 1600 ppm	Geen effect op de kieming van zaad 100% meer groei zaailingen bij 1600 ppm
Matysiak, Novak	1996	<i>Anthurium x cultorum</i> In vitro en afharding plantjes Beoordeling 8 weken na oppotten in diverse substraten	Geen dosering (350 ppm) 1200 ppm	279% meer plantgewicht in steenwol 140% meer plantgewicht in perliet
Jingming et al.	2005	<i>Anthurium andreanum</i> 'Linden' Potplant (beoordeling na 30, 60, 90 dagen)	Geen dosering (360 ±30 ppm) 1000 ±50 ppm	80% meer bloei 3 cm meer planthoogte meer bladoppervlakte meer plantgewicht 46,3% meer netto fotosynthese 5 blad/plant extra Toename opgeloste suikers en zetmeel Afname chlorofyl gehalte
Yong-hua et al.	2005	<i>Anthurium andreanum</i> 'Arizona' (beoordeling na 10, 20, 30 dagen)	Geen dosering (360 ±30 ppm), 700±100 ppm en 1000 ±100 ppm	Na 30 dagen meer planthoogte, plantdiameter, versgewicht bij de 700 ppm, geen verschil tussen 700 en 1000

3.1.2 Snijanthurium

Doseren van CO₂ bij Anthurium snijcultuur heeft in tegenstelling tot dosering bij potanthurium, geleid tot tegenstrijdige resultaten in de twee bestudeerde onderzoeken ten aanzien van de verhoging van de productie.

Tabel 5 geeft een samenvatting weer van de onderzoeken waar de effecten van CO₂ dosering zijn bestudeerd met Anthurium als snijbloemencultuur.

In de snijanthuriumcultuur gaat het vooral om het aantal verkoopbare stelen. De winst uit het investeren in CO₂ moet zich terugverdienen uit de opbrengsten van de verkoop van de bloemen alleen. Een gemiddeld grotere bloem kan de verkoopprijs per bloem iets verbeteren.

In beide onderzoeken zijn gemiddeld grotere bloemen geoogst als gevolg van de verrijking van de kaslucht met CO₂.

Tabel 5. Effecten van CO₂ doseren op snijanthurium aldus diverse auteurs.

Auteur	Jaar Soort	Onderzochte CO ₂ niveaus	Resultaten
Durieux en Nijssen	1996 <i>Anthurium andreanum</i> 'Tropical', 'Fantasia', 'Sonata'	360 ppm (alleen bij raamstaand < 10%)	0.5 tot 1 tak / m ² meer, niet significant.
	Teelt gedurende 2 jaar	800 ppm (alleen bij dichte ramen) Beide in combinaties met scherm of krijt	0.5 cm bredere schutblad, wel significant Toename van de netto bladfotosynthese 10-40% minder verdamping Meer lichttolerantie
Valdez Aguilar	1995 <i>Anthurium andreanum</i> 'Tropical'	Geen dosering 600 ppm 1200 ppm	Toename van de bladfotosynthese 10 dagen versnelling in bladontwikkeling 11% meer bloemsteellengte 13% meer bloemsteeldikte Bredere en langere schutblad 18,7% meer bloemen met 600 ppm

Ondanks de in beide gemeten voordelen op bladfotosynthese en aanmaak van assimilaten, is er verschil in het resultaat wat betreft productie in aantal stelen.

De productieverbetering was duidelijk en significant aanwezig in het onderzoek van Valdez, waar het leidt tot meer takken per plant van een betere kwaliteit (langere en bredere schutblad, dikkere, zwaardere en langere steel).

In het onderzoek van Durieux en Nijssen beperkte de productieverbetering zich tot een vergroting van de gemiddelde schutbladdiameter. Ook de auteurs verbaasden zich in de tijd erover, en zochten naar mogelijke verklaringen, zoals eventuele negatieve effecten van omvallende planten op de productie (omvallende planten zouden de productie negatief beïnvloeden door het vertragen van de bladafsplittingsnelheid); de planten vielen echter in beide behandelingen om, en verklaren dus niet het 'gebrek aan effect'.

Dit teleurstellend resultaat roept vragen op over de heersende omstandigheden, ondanks dat het onderzoek heel goed is uitgevoerd. Gelukkig is het ook heel volledig gedocumenteerd, waardoor we inzicht krijgen in de factoren die het voor de plant lastig maken om de CO_2 en licht te benutten en om te zetten in meetbare groei.

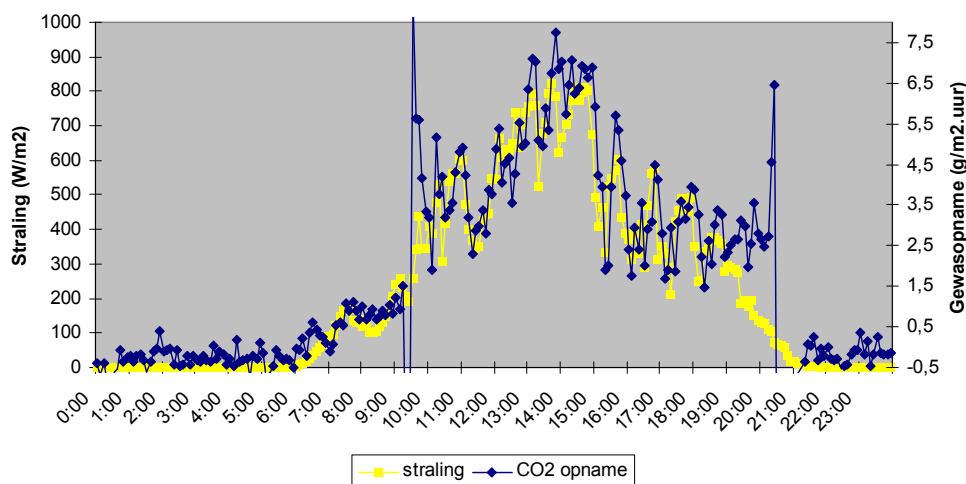
Zo blijkt bijvoorbeeld uit de fotosynthesemetingen in het onderzoek dat er al in de middag in maart geen of te weinig verschil was in de CO_2 concentratie in de lucht. Dit doet geen afbreuk aan het onderzoek, want het was een gegeven dat voortkwam uit de gekozen instelling, maar geeft een aanwijzing dat de CO_2 concentratie te laag was juist op de momenten dat ze harder nodig waren (hogere instraling).

Daarnaast blijkt de RV tijdens metingen aan de lage kant. Mogelijk een gevolg van een gedeeltelijke sluiting van de huidmondjes, maar wellicht ook een oorzaak ervan (de plant probeert het verlies van water zoveel mogelijk te beperken. Een verbetering van de waterhuishouding (in de proef werd een maal per dag –'s ochtends- water gegeven) rond het middaguur, door bijvoorbeeld één gietbeurt direct na de middag en/of verneveling zou de waargenomen afname in fotosynthese in de middag kunnen voorkomen.

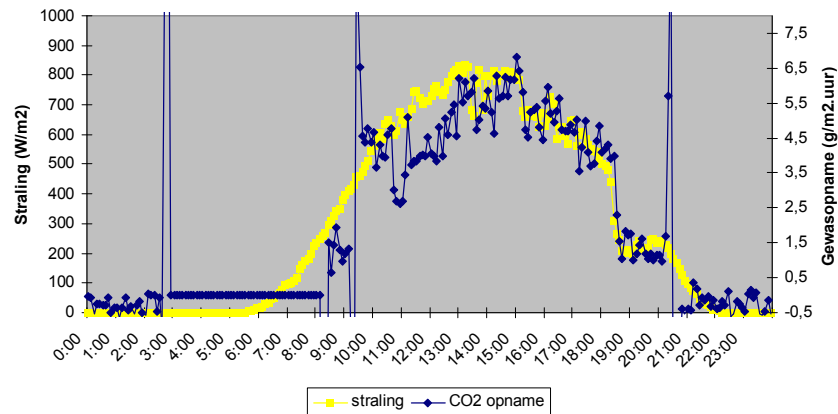
Ook blijkt uit de fotosynthesemetingen in maart, hoewel de omstandigheden niet extreem ongunstig waren, een middagdepressie op te treden. De auteurs wijten het toen aan een combinatie van waterstress en de accumulatie van koolhydraten.

Door het goed in de hand te houden van alle overige factoren (voldoende CO_2 en vocht) in gesloten kassen, blijkt echter dat de CO_2 -opname patroon door een geheel tomatengewas verrassend overeenkomt met de straling, zonder dat er sprake is van een middagdepressie (Raaphorst, 2009, ongepubliceerd). Dit is te zien in figuur 10 en figuur 11.

Het is uiteraard niet bekend of het ook mogelijk zou zijn bij Anthurium om de middagdepressie volledig te omzeilen, en bovendien is het in de huidige teelt (open kassen) niet mogelijk.



Figuur 10. CO_2 -opname verloop en straling op 27 juni 2009 bij tomaat. Raaphorst, ongepubliceerd.



Figuur 11. CO₂-opname verloop en straling op 26 juni 2009 bij tomaat. Raaphorst, ongepubliceerd.

Gezien het verschil in resultaat en de oorzaken die genoemd worden voor het uitblijven van productieverbetering in het onderzoek van Durieux en Nijssen, en de vragen die in de praktijk leven, lijkt het nuttig een nieuw onderzoek op te zetten naar de effecten van CO₂ bij snijanthurium. Uitbreiding naar meer dan 1 cultivar lijkt verstandig.

Daarnaast is het aan te bevelen in het onderzoek aandacht te besteden aan de nieuwe manier van telen waarbij de jonge bladeren gebroken worden om de bloemuitgroei te versnellen, waarbij tevens gelet moet worden of er een relatie gelegd kan worden tussen hoog CO₂ en het optreden van blauwverkleuring dan wel glazigheid.

4 Conclusies

Het doseren van CO₂ bij potanthurium in concentraties tussen 600 en 900 ppm leidt in de meeste onderzoeken die uitgevoerd zijn met diverse potanthurium soorten en cultivars tot een toename van de fotosynthese, van de assimilaten, en als gevolg hiervan, tot een toename van de groei. Dit uit zich in de vorm van meer vers- en drooggewicht, hogere planten, meer bladeren en hogere bladoppervlakte, betere wortels en in meer en grotere bloemen. De onderzoeken zijn uitgevoerd met een beperkt aantal oude soorten, en veelal met *Anthurium scherzerianum*, en daarom niet direct vertaalbaar naar het huidig assortiment, hoewel vermoedelijk wel dezelfde effecten voor de nieuwere soorten gelden.

Er zijn er slechts 2 onderzoeken gevonden waar er gekeken is naar de effecten van CO₂ verrijking bij snijanthurium. Beide zijn uitgevoerd met de cultivar Tropical. De uitkomsten van beide onderzoeken zijn vergelijkbaar in termen van verhoogde fotosynthese als gevolg van verhoogde CO₂ concentratie in de lucht die zich vertaalde in een positief effect op de bloemgrootte. Maar beide onderzoeken verschillen van elkaar voor wat betreft de effecten op de productie in aantal takken, de verkoopbare eenheid in dit type cultuur: in het ene onderzoek is een significante productietoename gerealiseerd in de vorm van meer bloemen naarmate de concentratie CO₂ toenam. In het andere onderzoek is geen significante productietoename in aantal geoogste takken gerealiseerd. De verschillen kunnen liggen in de effecten op de verdamping (in het eerste onderzoek toegenomen ondanks een gemeten sluiting van de huidmondjes, in het tweede afgenomen als gevolg van de verhoogde CO₂ concentratie), of in verschillen in andere klimaatfactoren.

Een onderzoek waar alle overige klimaatfactoren geoptimaliseerd zijn zou nuttig zijn om dit 'gelijkspel' tussen de twee beschreven onderzoeken te doorbreken.

In beide onderzoeken met snijanthurium is gewerkt met de traditionele bladsnoei methode (oude bladeren oogsten). Omdat tegenwoordig een andere bladsnoeimethode (verwijderen van het jonge blad voor dat deze is uitgerold) veel wordt toegepast, is het nuttig om in een vervolg onderzoek aandacht te besteden aan de effecten van CO₂ als gevolg van beide bladsnoeimethoden. Ook de relaties tussen jong blad breken in de combinatie met hoge RV's en hoog CO₂ en het optreden van blauwverkleuring dienen in vervolg onderzoek meegenomen te worden.

5 Literatuur

- De Koning, V. (1998).
 'Haal winst uit optimale CO₂ voorziening bij anthurium.' Vakblad voor de bloemisterij 53(12): 62-63.
- Dyk, D., en Seydel, S., (1984).
 'Pflanzen wecken mit CO₂ als lichtersatz'. Zierpflanzenbau 6: 273-274
- Blacqui re, T., Stapel-Cuijpers, L.H.M., (1996).
 'Invloed van CO₂ op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen'. PBG rapport 47.
- Durieux, A., H. M. C. Nijssen, *et al.* (1997).
 'Licht en CO₂ hebben beperkte invloed op productie van anthurium.' Vakblad voor de bloemisterij 52(43): 124-125.
- Durieux, A., H. M. C. Nijssen, Van Mourik, N.M. (1997).
 'Invloed van klimaatfactoren op productie en Fotosynthese bij Snij-Anthurium. PBG rapport 82.
- Esmeijer, M. (redactie) *et al.* (1999).
 'CO₂ in de glastuinbouw'. 3^e druk. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente.
- Hew, C. S., T. K. Ong, *et al.* (1994).
 'Circadian rhythm of carbon dioxide production by anthurium flowers.' HortScience 29(9): 1025-1027.
- Li, Y., L. Liu, *et al.* (2005).
 'Effects of elevated CO₂ on growth and photosynthesis in Anthurium andraeanum.' Journal of Tropical and Subtropical Botany 13(4): 343-346.
- Manrique, L. A. (1993).
 'Greenhouse crops: a review.' Journal of Plant Nutrition 16(12): 2411-2477.
- Matysiak, B. and J. Nowak (1996).
 'Effect of substrates on the growth of Anthurium xcultorum, Dieffenbachia and Spathiphyllum wallisii ex vitro in relation to CO₂ concentration in the atmosphere.' Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych 429: 241-244.
- Matysiak, B. and J. Nowak (1996).
 'The effects of root media and CO₂ on acclimatization and growth of microcuttings of Anthurium, Dieffenbachia, Homalomena and Spathiphyllum'. Acta Horticulturae. 1996. 440, 628-632. 14 ref.
- Mercx, I. (1988).
 'CO₂ - gehalten bij verschillende teeltmedia Anthurium andreanum.' Vakblad voor de bloemisterij 43(5): 42-43.
- Molitor, H. D. and M. Fischer (1988).
 'Effect of CO₂-enrichment on germination and seedling growth of ornamental plant species'. Acta Horticulturae. 1988. 226, vol. II, 549-554. 1 ref.
- Nederhoff, E.M. (1994).
 Effects of CO₂ cocentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. Proefschrift.
- Nowak, J. (2004).
 'The effects of CO₂ enrichment and irradiance on growth and chlorophyll fluorescence parameters of Anthurium hortulanum Birdsey propagated in vitro.' Sodininkyste ir Darzininkyste 23(2): 199-205.
- Reid, M. S. (1997).
 'A summary of CA and MA requirements and recommendations for ornamentals and cut flowers'. Postharvest Horticulture Series - Department of Pomology, University of California. 1997. 18, 129-136. 11 ref.
- Roose, V. (1988).
 'De invloed van CO₂ - dosering op de fotosynthesesnelheid bij kamerplanten'. Gent, Rijksuniversiteit Gent.
- Schmidt, K. (1986).
 'CO₂ fertilizing permits two Anthurium cultures per year.' Gb + Gw 86(4): 163-165.
- Schmidt, K. en Lauterbach, D. (1984).
 'CO₂-D ngung bei Anthurien in Hydrokultur. Deutscher Gartenbau 38 (50), 2231-2232

Valdez Aguilar, L.A. (1995).

'Efecto del enriquecimiento con CO₂ en interacción con la fertilización NPK sobre la fisiología y la producción de flores en anturio *Anthurium x cultorum* cv. Tropical'. Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo.

Van Telgen, H.J., Straver, N., Van der Hulst, J., Garcia, N. (2004)

'Bevordering winterbloei bij Anthurium'. PPO rapport nr. 41313003/41313007

Wang, J., Y. Li, *et al.* (2005). 'Effects of elevated CO₂ concentration on photosynthetic rate, growth and development in *Anthurium andraeanum* Lind. leaves.' *Acta Horticulturae Sinica* 32(2): 335-338.

Warmenhoven, M., García, N. (2009).

'Onderzoek naar de oorzaak van blauwverkleuring en glazigheid bij Anthurium'. Wageningen UR Glastuinbouw, rapportnummer 3242051300

Warmenhoven, M., Van Weel, P., Van Telgen, H.J., en Voogt, J.O. (2009).

'Huidmondjesopening. Onderzoek naar het meetbaar maken van de huidmondjesopening met als doel de klimaatregeling mede daarop te baseren'. Wageningen UR Glastuinbouw, rapportnummer 4242016900.