

Productschap Tuinbouw

Projectnummer: 3242074800 en 3242074801 | PT nummer: 13782



WAGENINGEN UR
For quality of life

Kwantificeren effecten CO_2 doseren bij Anthurium

Nieves García Victoria





Productschap Tuinbouw

Rapport GTB-1080



Referaat

Om te bepalen of het effect van aanvullende CO_2 dosering op de productie en kwaliteit bij Anthurium economisch uit kan, heeft Wageningen UR Glastuinbouw gedurende een jaar het effect van twee verschillende CO_2 niveaus (500 ppm en 800 ppm) vergeleken met een niet verrijkte controle (ca. 380 ppm) bij twee cultivars. Het doseren van CO_2 leidde bij 'Tropical' niet tot een significante toename van de productie. Bij 800 ppm gaf 'Midori' 10% meer bloemen ten opzichte van de controle**.** Meer CO_2 gaf betere kwaliteit: meer taklengte, meer versgewicht, meer drooggewicht, en een grotere gemiddelde bloemdiameter. Door hogere prijzen van grotere bloemen is het doseren van CO_2 economisch interessant voor 'Tropical'. Bij 'Midori' heeft de bloemdiameter minder invloed op de prijs en was 500 ppm economisch niet rendabel, 800 ppm wel. De resultaten suggereren dat er ruimte is voor optimalisatie (een betere afstemming tussen vraag en aanbod) in de CO_2 doseermomenten.

Abstract

CO_2 enrichment is not a year round practice in the cultivation of Anthurium andreanum in The Netherlands, but is mostly related to the heat demand in the greenhouse, which means that there is only sufficient CO_2 available when the heating is on. Because of great efforts on energy saving measures, the number of hours in which CO_2 is supplied has been only declining in the recent years. The expected benefits of CO_2 dosage, based on growers experience, are too low to justify the investment and running costs of a system with continuous CO_2 dosage, especially in times of very low flower prices. To evaluate whether the actual cost of continuous CO_2 supply can be paid back by extra production and quality, a one year lasting greenhouse experiment was designed in which 2 levels of CO_2 (500 ppm and 800 ppm) were continuously supplied to the varieties of Anthurium andreanum 'Tropical' and 'Midori' and compared to ambient level (+/- 380 ppm) The experiment has shown that CO_2 enrichment with 800 ppm significantly affects the number of harvested 'Midori' flowers (+10%), but does not significantly affects production numbers in 'Tropical'. However, flower diameter, stem length, flower fresh and dry weight are positively affected in both cultivars. Because of the better prices paid for the flowers with bigger diameters, is the CO_2 enrichment economically interesting for 'Tropical'. 'Midori' prices are less affected by the flower diameter, and therefore is the economic result of enrichment only economically interesting for the 800 ppm, Supply of 500 ppm has too little impact on production and quality to be interesting. The results suggest also that there might be room for improvement of the CO_2 supply (a better match between demand and supply).

© 2010 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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

Voorwoord **5**

Samenvatting **7**

1 Inleiding **9**
1.1 Doelstellingen **9**
1.2 Werkwijze **9**
1.2.1 Literatuuronderzoek 9
1.2.2 Teeltonderzoek 10
1.2.3 Na -oogst onderzoek 10

2 Materiaal en methode **11**
2.1 Plantmateriaal en teeltmethode **11**
2.2 Kasklimaatregeling en registratie **11**
2.3 Behandelingen: CO_2 dosering **13**
2.4 Oogst en waarnemingen **14**
2.4.1 Productie, kwaliteit, droge stof en generatietijd 14
2.4.2 Fotosynthese 14
2.4.3 Afdrukken huidmondjes 15
2.4.4 Houdbaarheid , blauwverkleuring en glazigheid 15
2.4.4.1 Definitie blauwverkleuring en glazigheid **15**
2.4.4.2 Definitie van houdbaarheid **15**
2.4.5 Eindwaarnemingen 16
2.4.6 Statistiek 16

3 Resultaten **17**
3.1 CO_2 dosering en realisatie **17**
3.2 Bloemproductie **19**
3.2.1 Uitval 20
3.2.2 Generatietijd (tijd van bloem tot bloem) 21
3.3 Bloemkwaliteit **22**
3.3.1 Kwaliteit per periode 23
3.3.2 Droge stof gehalte 24
3.4 Huidmondjes dichtheid en grootte **25**
3.5 Fotosynthese **27**
3.6 Houdbaarheid, blauwverkleuring en glazigheid **28**
3.7 Bladoppervlakte **30**
3.8 Lengte internodia **31**

4 Economische evaluatie CO_2 dosering **32**
4.1 Kosten van verschillende CO_2-bronnen **32**
4.2 Opbrengsten **32**
4.2.1 Tropical 32
4.2.2 Midori 34
4.2.3 Kosten-baten analyse 35

5	**Discussie**	**37**
6	**Conclusies**	**43**
7	**Aanbevelingen**	**45**
8	**Referenties**	**47**
Bijlage I	Proefplattegrond	49
Bijlage II	Fotosynthese metingen Tropical	49
Bijlage III	Cyclische gemiddeldes PAR licht in de kas per kalendermaand.	52

Voorwoord

Onderzoek doen is teamwerk. Graag wil ik alle leden van het team dat dit onderzoek tot een goed einde heeft gebracht bedanken voor zijn of haar bijdrage:
Allereerst de financier, het Productschap Tuinbouw, voor hun vertrouwen.
OCAP en Anthura voor hun bijdrage (CO_2, sponsoring, korting op plantmateriaal).
De leden van de landelijke commissie Anthurium van LTO Groeiservice voor het aandragen van het probleem, het mede bedenken van de proefopzet, en de draagvlak voor de uitvoering. De telers Ton Bekkers, Jan van Adrichem, en de voorlichters Gert Benders, André Lont en Hans van Eijk voor de intensieve begeleiding, de goede teeltadviezen en de aangename sfeer waarin de bijeenkomsten plaatsvonden.
Jaap Kester van LTO voor het organiseren van bijeenkomsten, de verslaglegging en de communicatie via de nieuwsbrief.
Mijn collega-onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw en daarbuiten:
Nico van Mourik voor de gewashandelingen en de productiewaarnemingen.
Fred van Leeuwen en Peter Schrama voor de gewasverzorging en kasklimaat.
Mary Warmenhoven voor onder andere de fotosynthese metingen.
Patricia de Boer voor de eindmetingen aan het gewas.
Dimitrios Fanourakis voor de metingen aan de huidmondjes.
Piet Koornneef en Rob Pret voor hun hulp met de kastechniek.
Jacques Withagen voor de statistiek.

Nieves García

Bleiswijk, Maart 2011

Samenvatting

Anthurium bedrijven doseren CO_2 in momenten waarop de ketel draait om warmte te produceren. Door de inzet van energiebesparende maatregelen loopt de warmtevraag terug, en daarmee de momenten waarop het gedoseerd kan worden. Tussen 2010 en 2011 is en onderzoek bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk uitgevoerd om het effect van CO_2 op de productie en kwaliteit bij Anthurium te kwantificeren, teneinde de beslissing te ondersteunen al dan niet aanvullend CO_2 aan te schaffen.
Voor het onderzoek zijn 2 soorten, Midori en Tropical gedurende een jaar bij drie verschillende CO_2 niveaus geteld: buitenwaarde (ca. 380 ppm), 500 ppm en 800 ppm. Vanaf februari zijn er bloemen geoogst. De geproduceerde bloemen zijn geteld, gewogen, en gemeten (lengte en diameter). Incidenteel is droge stof, fotosynthese en huidmondjes dichtheid en grootte bepaald, Ook is in het voorjaar en het najaar de na-oogst kwaliteit bepaald.

Voor het handhaven van de 800 ppm concentratie in de kassen was 16,7 kg CO_2 per m^2 nodig; voor de 500 ppm in de kaslucht was 5,6 kg OCAP CO_2 per m^2 voldoende. Dit kwam overeen met doseercapaciteiten van respectievelijk 75 en 150 kg/ha uur.

Het doseren van CO_2 resulteerde bij Tropical in een niet significante toename van de productie in aantal takken. Bij Midori zijn 10% meer bloemen geoogst in de behandelingen met 800 ppm CO_2 dan in de controle.
De kwaliteit van beide soorten is door de CO_2 verbeterd: meer taklengte, meer versgewicht, meer drooggewicht, en een grotere gemiddelde bloemdiameter. De effecten van doseren tot 500 ppm op bloemlengte en bloemdiameter zijn positief maar aanvullen tot 800 ppm leidt bij Tropical niet toe tot significant meer diameter of lengte.
Met name door een betere prijsvorming van de grotere bloemdiameters is het doseren van CO_2 economisch interessant voor Tropical. Bij Midori heeft de bloemdiameter minder invloed op de prijs en is het netto resultaat zelfs negatief bij de behandeling met 500 ppm. Bij de 800 ppm behandeling geeft ook Midori een economisch positief resultaat.

Bij beide soorten is het gerealiseerde effect van CO_2 op de productie lager dan op grond van fotosynthese metingen te verwachten. Mogelijk is door overmatige afscherming een deel van het jaar het lichtniveau limiterend voor maximale productie

Het CO_2 niveau in de kas heeft geen significante invloed op de lengte van de internodia.

In het najaar is de na-ogst kwaliteit negatief beïnvloed door de hoge dosering (800 ppm) CO_2. Het percentage bloemen die binnen 12 dagen na de oogst blauwverkleuring (Tropical) of glazigheid (Midori) vertoonden was ruim het dubbele dan in de controle en de 500 ppm kassen. Mogelijk houdt dit enerzijds verband met de iets hogere RV's geregistreerd in deze kassen, en anderzijds met een assimilatenoverschot als gevolg van afgenomen sinks (jong blad breken).
Onder gelijke omstandigheden is Tropical minder gevoelig voor blauwverkleuring gebleken dan Midori voor glazigheid.

De resultaten suggereren dat optimalisatie (een betere afstemming tussen vraag en aanbod) in de CO_2 doseermomenten mogelijk is, maar dat het doseren gekoppeld aan de warmtevraag slechts aan een deel van de behoefte voldoet; vooral in de periode april tot juli zal onvoldoende CO_2 tot een afname in de productie en de kwaliteit leiden. In het vierde kwartaal is er wel warmtevraag, maar het gewas kan door de lage lichtniveaus er onvoldoende profiteren van het aangeboden CO_2.

1 Inleiding

In de praktijk is dosering van CO_2 bij veel Anthurium bedrijven gekoppeld aan de warmtevraag. In momenten waarop de ketel draait omdat de warmte nuttig gebruikt kan worden, is er CO_2 beschikbaar en wordt er gedoseerd. Door de inzet van energiebesparende maatregelen loopt de warmtevraag terug, en daarmee de momenten waarop het gedoseerd kan worden. Met name in voorjaar, zomer en najaar wordt er nauwelijks nog CO_2 gedoseerd.
Als er geen CO_2 gedoseerd, is het aan de kasmetingen een duidelijke, zeer scherpe afname van de CO_2 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 het CO_2 in de kaslucht door het gewas wordt opgenomen.
Fotosynthese metingen hebben bovendien aangetoond dat een verhoging van de CO_2 concentratie tot 1000 ppm tot een forse toename van de bladfotosynthese leidt.
Door sommige kwekers wordt het effect van CO_2 op de productie betwijfeld; de indruk bestaat dat minder CO_2 dosering niet heeft geleid tot een afname in de producties. Andere hebben ervaren dat het leidt tot een gemiddeld kleinere bloemmaat. Kwekers die overwegen over te stappen van ketel CO_2 naar zuiver CO_2 of een OCAP aansluiting willen graag weten wat het mag kosten en wat het oplevert.
Kwantificeren van het effect van CO_2 op de productie en kwaliteit is het nodig om te besluiten al dan niet een OCAP aansluiting of zuiver CO_2 te nemen.

1.1 Doelstellingen

Kwantificeren van het effect van CO_2 op de productie en kwaliteit.
Objectieve kennis over de effecten van CO_2 op de productie en kwaliteit die de beslissing al dan niet een OCAP aansluiting te nemen kunnen ondersteunen.

1.2 Werkwijze

Het onderzoek bestond uit drie onderdelen: Een literatuuronderzoek, een teeltproef en een naoogstonderzoek.

1.2.1 Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek was erop gericht alle beschikbare informatie over de effecten van CO_2 dosering bij Anthurium te verzamelen.
Veel van de gepubliceerde informatie is afkomstig uit onderzoek met potanthurium. Het doseren van CO_2 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, hoofdzakelijk bestaande uit *A. andreanum* soorten.

Er zijn er slechts 2 onderzoeken gevonden waar er gekeken is naar de effecten van CO_2 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 concentratie), of in verschillen in andere klimaatfactoren. In beide onderzoeken met snijanthurium is gewerkt met de traditionele bladsnoei methode (oude bladeren oogsten). Tegenwoordig wordt veelal een andere bladsnoeimethode toegepast: het verwijderen van het jonge blad voor dat deze is uitgerold. De effecten van CO_2 in combinatie met deze nieuwe, breed toegepaste bladsnoeimethode zijn niet onderzocht.

Al deze informatie is in een rapport (García, 2009) samengevat.
Hierna is deze informatie met de Begeleidings Commissie besproken; uit deze bespreking is geconcludeerd dat een aanvullend kas onderzoek nodig was. Het gebrek aan eenheid in de literatuurresultaten en het laatstgenoemde argument van de onbekendheid met de effecten in de huidige teeltmethode, gaven de doorslag.

1.2.2 Teeltonderzoek

Het teeltonderzoek is opgezet na afronding van het literatuuronderzoek. Twee soorten, Midori en Tropical zijn gedurende een jaar (januari 2010 tot januari 2011) geteeld in 6 teeltkassen van 25 m^2 . Twee kassen zijn als referentie genomen; daarin is geen CO_2 gedoseerd. In de andere kassen is CO_2 gedoseerd in twee verschillende concentraties. Gedurende dit jaar is het klimaat, het CO_2 gebruik, de productie en de kwaliteit continu gemonitord. Het onderzoek is aangevuld met tussentijdse extra waarnemingen zoals fotosynthese metingen, huidmondjes onderzoek en droge stof bepalingen. Aan het einde van de teeltproef zijn enkele extra waarnemingen gedaan aan het gewas, waaronder metingen van de lengte van de internodia en van het bladoppervlak.
Dit onderzoek wordt in dit rapport uitgebreid beschreven.

1.2.3 Na -oogst onderzoek

Het teeltonderzoek is aangevuld met na-oogstonderzoek. De reden hiertoe was dat uit een bedrijfsvergelijkend onderzoek naar het optreden van blauwverkleuring onder 10 Anthurium kwekers (Warmenhoven en García, 2009), gebleken was dat hoog CO_2 in combinatie met hoge RV invloed heeft op het optreden van blauwverkleuring en glazigheid; een duidelijke relatie met normale RV was uit de gegevens niet gevonden. In een aanvullende kasproef waar geteeld werd bij RV iets hoger dan normaal, maar bij slechts een niveau CO_2 is ook veel blauw gevonden bij diverse controle behandelingen. Een van de aanbevelingen uit het blauwverkleuringsonderzoek was aandacht besteden aan het effect van CO_2 op de kans op blauwverkleuring.
Omdat blauwverkleuring in de regel vooral optreedt in de na-oogstfase, is het nodig de geoogste bloemen na het meten en wegen voor de productiebeoordelingen in de uitbloeiruimte te plaatsen gedurende 12 dagen na de oogst. Dit is gedaan in de periode waarin het in de praktijk de meeste kans op blauwverkleuring en glazigheid bestaat, namelijk januari tot april en oktober tot januari. De resultaten zijn ook in dit rapport weergegeven.

2 Materiaal en methode

Het onderzoek is uitgevoerd van 11 januari 2010 tot en met 24 januari 2011 in 6 aan elkaar grenzende kasafdelingen van 24 m^2 uit het gewasbeschermingsonderzoek complex van WUR Glastuinbouw in Bleiswijk. Een afdeling had een extra vrije gevel (afdeling 2.101, zie proefplattegrond en foto's in Bijlage I). De kassen waren ieder met drie teelttafels van 5 m^2 uitgerust. Er werd verwarmd door middel van tafel en gevelverwarming; er was assimilatiebelichting geïnstalleerd (2.500 lux), energieschermen (LS10) en een vernevelingssysteem.

2.1 Plantmateriaal en teeltmethode

Als proefplanten is een jong gewas gebruikt van de Anthurium cultivars 'Tropical' en 'Midori'. De planten zijn in September 2009 door Anthura BV met 3 planten per pot in 14 cm potten met oasis als substraat geplant, en alvast doorgekweekt zodat ze bij de start van de proef in Januari 2010 de gewenste grootte (60 cm voor Midori en 80 cm voor Tropical) hadden bereikt.
De begin plantdichtheid was 8 potten per m^2 ; vanaf 6 mei werden de planten wijder gezet, zodanig dat de hele tafel oppervlak benut werd; dit hield een dichtheid in van 6 potten (ieder met 3 planten) per m^2.

Bij binnenkomst en tijdens de duur van de teeltproef zijn van alle planten de stekken verwijderd. Per plant werden bij de start twee hele bladeren aangehouden; eventueel aanwezig ouder blad is geoogst; jong, volledig uitgerold blad werd voor iets minder dan de helft gescheurd. Het halveren van jong blad ging door tot 17 juli in de Tropical en tot 13 september in de Midori. Na deze data ging men ervanuit dat er voldoende gewas stond en is het breken van jong blad (JBB snoeimethode) begonnen. Hiertoe werd het jonge blad verwijderd zodra deze uit het schacht kwam en zich nog in strak opgerold stadium bevond.

Irrigatie en voeding heeft plaatsgevonden via eb-vloed; het aantal beurten per dag varieerde van één tot twee en de duur van de vloedbeurt was minimaal 5 en maximaal 20 minuten afhankelijk van de periode van het jaar.

Middels vangplaten in de kas is de aanwezigheid van insecten tijdens de teelt gemonitord. Er was slechts aan het begin van het voorjaar een startende trips plaag; om deze te controleren is eenmalig *A. cucumeris* gestrooid waarmee de plaag volledig gecontroleerd werd. Er zijn geen andere ziekten noch plagen opgetreden gedurende de teelt, en daarom is verder geen gewasbescherming (chemisch of biologisch) toegepast.

2.2 Kasklimaatregeling en registratie

Het klimaat is ten alle tijde in overleg met de Begeleidingscommissie geregeld, teneinde zoveel mogelijk conform praktijk te telen. Bij de start is een etmaaltemperatuur van 19 °C nagestreefd, en tot april is deze met 1 graad per maand verhoogd. De nachttemperatuur ging van 18 °C in januari met een halve graad per maand omhoog tot 19,5 °C in april. Vanaf oktober is de temperatuur met een graad per maand (dag) en een halve graad per maand (nacht) afgebouwd. De setpoint stoken lag bij 17 °C en er werd bij 24 °C geventileerd.

Tot half maart (week 15) en vanaf half oktober (week 42) werd aanvullend belicht overdag met 2500 lux als de buitenstraling lager was dan 150 W/m^2 .
Bij een buitenstraling van 400 W/m^2 ging het schermdoek dicht.

Op 16 maart is de vrije gevel van de eind-kas (west) gekrijt, op 8 april is het dak gekrijt in alle afdelingen, op 20 mei is de noordgevel van de hoekafdeling en op 2 juni zijn alle overige voorgevels (noord) van een laag krijt voorzien.

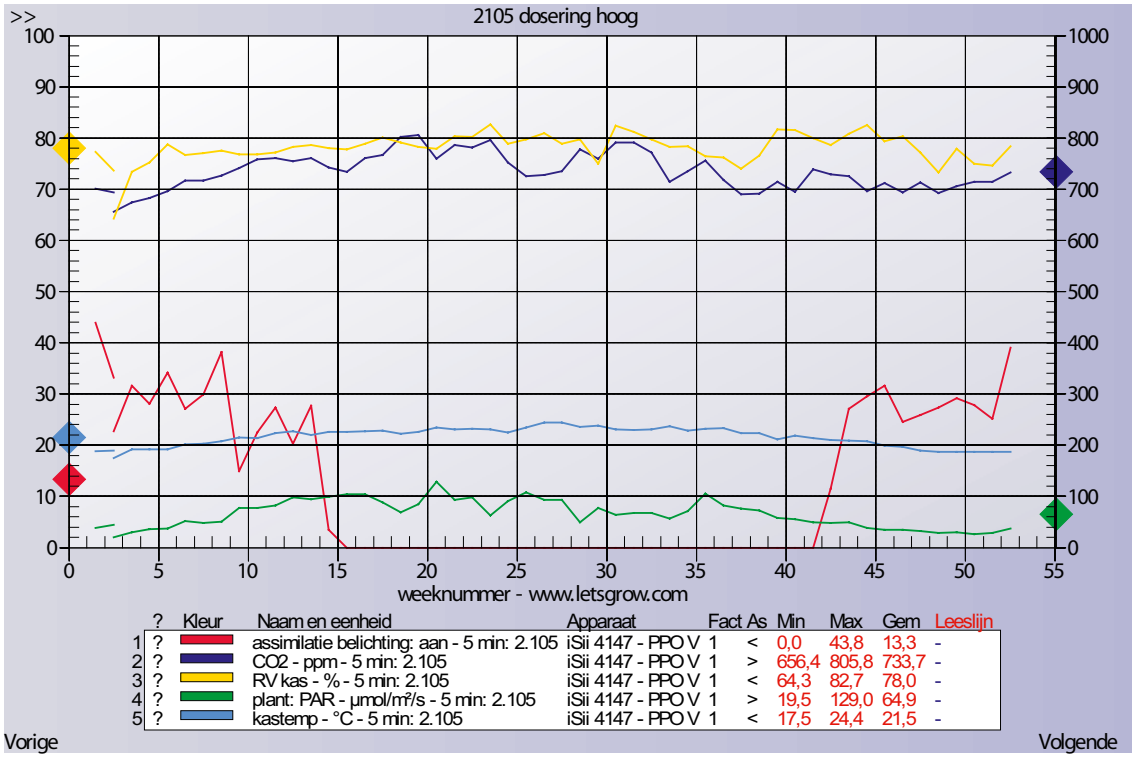
De krijt is van het dak verwijderd op 26 augustus, en van de gevels op 28 oktober.

Er is verneveld wanneer de RV lager werd dan 70%.

Afhankelijk van de behandeling, is er in vier van de 6 kasen CO_2 gedoseerd. De belangrijkste bron was OCAP CO_2; bij (incidentele) storingen in de levering werd automatisch op zuiver CO_2 overgeschakeld.

Het klimaat (temperatuur, luchtvochtigheid en CO_2) is met behulp van geventileerde meetboxen geregistreerd. Daarnaast was een PAR sensor per kas geplaatst.

Figuur 1. toont het gerealiseerde klimaat voor een van de 6 afdelingen als voorbeeld.



Figuur 1. Klimaat verloop (weekgemiddelde waardes) in een van de 6 kassen als voorbeeld van gerealiseerd klimaat.

2.3 Behandelingen: CO_2 dosering

De hoofdproeffactor was de CO_2 dosering. Er zijn drie doseerniveaus aangehouden:

- Geen CO_2 doseren
- Doseren tot een streefwaarde van 500 ppm, met een maximale dosering van 150 Kg/ha.uur
- Doseren tot een streefwaarde van 800 ppm, met een maximale dosering van 300 Kg/ha.uur

Iedere niveau werd in twee kasafdelingen toegepast.

OCAP CO_2 werd gedurende de lichtperiode gedoseerd. Op momenten dat de OCAP levering vanwege onderhoud of andere oorzaken onregelmatig was of niet bestond, schakelde het systeem automatisch over op een andere CO_2 bron (zuiver CO_2).

Uit andere proeven was het bekend dat het niveau van CO_2 in de buitenlucht in de omgeving van Bleiswijk met ruim 400 ppm hoger is dan in andere gebieden (gemiddeld 350 ppm). Daarom is in de kassen waar geen CO_2 gedoseerd werd, een beetje CO_2 uit de lucht gehaald met behulp van scrubbers (Figuur 2.). De ventilator van de scrubbers werd aan-en uitgeschakeld aan de hand van een timer (alléén overdag werd er gescrubbed) en een CO_2 gehalte meter met als grenswaardes 400 ppm (aan) en 300 ppm (uit).

Het gedoseerde CO_2 was zoals gezegd gemaximaliseerd op 150 kg/ha uur dan wel 300 kg /ha uur en het is gemeten met behulp van flowmeters. Middels het berekenen van het aantal doseermomenten en de flow is bijgehouden hoeveel CO_2 er per afdeling gedoseerd is. Het aantal minuten dat per dag is gedoseerd is berekend op basis van het aantal malen dat onder het setpoint is gekomen. De doseerbehoefte was afhankelijk van de gewasopname en de ventilatievoud. De flow werd handmatig verhoogd of verlaagd aan de hand van de ventilatie.



Figuur 2.: geïnstalleerde scrubbers in de referentiekassen.

2.4 Oogst en waarnemingen

Vanaf 16 februari is zijn in de testafdelingen bloemen in veilrijpe stadium geoogst.

Gestreefd werd naar oogst in stadium 3 (zie Figuur 3.). Afhankelijk van de productie werd één, twee of driemaal per week geoogst.



Figuur 3. Voorbeeld rijpheidstadium Tropical (geel-groen deel van de spadix). Links stadium 4; rechts stadium 3 (gehanteerd oogststadium).

2.4.1 Productie, kwaliteit, droge stof en generatietijd

7 februari zijn de eerste bloemen uit de afdelingen geoogst. Vanaf dat moment is van alle geoogste bloemen steellengte, bloemdiameter (bloembreedte) en het versgewicht (bloem+steel) bepaald.

Vier keer (14 juni, 4 augustus en 7 oktober 2010 en 24 januari 2011) is van een deel van de op die data geoogste bloemen het drooggewicht van de bloemen bepaald na drogen bij 80°C gedurende 72 uur.

De tijd tussen het oogsten van twee opeenvolgende bloemen, de zogenaamde “generatietijd” is bijgehouden met behulp van drie gemerkte planten per soort en per tafel (totaal 9 planten per afdeling). Van deze planten werd bij het oogsten van een bloem de oogstdatum genoteerd. Hiermee kon het gemiddeld aantal dagen tussen het oogsten van een bloem en het oogsten van de volgende bloem als beïnvloed door de behandeling worden berekend.

2.4.2 Fotosynthese

Drie keer (in juni, augustus en september) zijn fotosynthese metingen uitgevoerd in de testafdelingen. Hiertoe is gebruik gemaakt van een Li-Cor fotosynthesemeter. Er zijn voor beide soort lichtresponse curves gemaakt om de lichtverzadigingsniveau te bepalen. Vervolgens zijn bij deze verzadigings lichtniveau CO_2 response curves gemaakt voor beide soorten in de drie CO_2 niveaus.

2.4.3 Afdrukken huidmondjes

Op 4 juli 2010 en op 19 januari 2011 zijn tevens afdrukken gemaakt van de huidmondjes in het blad van beide cultivars bij alle drie de CO_2 niveaus middels de stempelmethode (Smith *et al.*, 1989) aan de onderkant van het blad (8 planten per behandeling en per soort in juli, gezien de kleine variatie tussen planten is dat in januari voor 4 planten per behandeling per soort geworden). De anatomische eigenschappen van de huidmondjes (dichtheid, lengte en breedte) zijn bepaald door de 1000× uitvergrootte microscopische beelden met beeldverwerking software te bestuderen.

2.4.4 Houdbaarheid , blauwverkleuring en glazigheid

Tot april 2010 en vanaf september 2010 zijn alle geoogste bloemen in de uitbloeiruimte geplaatst voor naoogst onderzoek. De bloemen werden met 10-15 per vaas (alleen bloemen van een soort en één afdeling samen in een vaas) op schoon water gezet nadat circa 3 cm van de bloemsteel was afgesneden.
De omstandigheden in de uitbloeiruimte zijn, in overeenstemming met internationale afspraken, een temperatuur van 20°C ± 1°C; en luchtvochtigheid van 65%±5% en belichting met 1000 lux gemeten op tafelhoogte gedurende 12 uur per dag. Tijdens de uitbloeiperiode zijn de bloemen dagelijks gecontroleerd op het optreden van blauwverkleuring (Tropical) en glazigheid (Midori). Indien er blauwverkleuring op de bloemen geconstateerd werd, zijn de betreffende bloemen gelabeld, en de datum van blauwkleuring of andere bijzonderheden genoteerd. Volgens afspraak met de BCO is tot 12 dagen na het op de vaas zetten beoordeeld, aangezien na 12 dagen de bloemen al uit het handelskanaal zijn. Na 12 dagen is het percentage blauwverkleurde / glazige bloemen per behandeling uitgerekend.

2.4.4.1 Definitie blauwverkleuring en glazigheid

Een bloem werd gelabeld en als “blauw” of “glazig” aangemerkt zodra de eerste blauwe of bruine spikkels op het schutblad waarneembaar waren. Als de spikkels eenmaal zichtbaar zijn, breidt in de meeste gevallen zich snel uit tot grote blauwe / bruine vlekken die later al dan niet necrotisch (bruin) worden. De mate waarin één bloem blauw / glazig was geworden werd niet geregistreerd, dat wil zeggen dat een bloem met blauwe spikkels en een bloem met een volledig blauw-paars oor even zwaar telden in de berekening van het % blauwe bloemen uit de partij.

Beschadigingen op het schutblad door mechanische schade opgelopen tijdens bv transport van kas naar uitbloeiruimte leiden ook tot een blauwe / glazige vlek rondom de schadeplek. Bloemen met dergelijke vlekken telden niet mee als blauw of glazig, tenzij ze naast de zojuist omschreven mechanische schadevlekken, tevens de typische symptomen van blauw verkleuring en glazigheid vertoonden.

2.4.4.2 Definitie van houdbaarheid

Van enkele partijen zijn de bloemen na de observatieperiode van 12 dagen in de vaas blijven staan tot ze om andere redenen dan glazigheid of blauwverkleuring zijn afgeschreven. De meest voorkomende reden van afschrijven was slappe schutblad of uitbloei, dat wil zeggen, dat schutblad en de spadix zodanig donker (Tropical) of licht (Midori) verkleurden dat de oorspronkelijke rode / groene kleur niet meer herkenbaar was en een gemiddelde consument de bloemen niet langer op de vaas zou laten staan.

De gemiddelde tijd van plaatsen in de uitbloeiruimte tot het afschrijven als slap of uitgebloeid wordt “gemiddelde houdbaarheid” genoemd.

2.4.5 Eindwaarnemingen

Eenmalig aan het einde van het onderzoek (januari 2011) zijn aanvullende metingen verricht aan de lengte van de internodia en het bladoppervlak. Voor de internodia is van 10 planten per afdeling per soort de afstand tussen de bovenste bloemaanzet en de onderste gemeten en het aantal geoogste bloemen ertussen is geteeld. De totale lengte van alle tussenliggende internodia is dan gedeeld door het aantal bloemen. Het resultaat is een waarde voor de gemiddelde lengte van een internodium.

Voor de bepaling van het bladoppervlak zijn eveneens 9 planten per afdeling (destructief) onderzocht; de oppervlakte van ieder afzonderlijk blad is met behulp van een bladoppervlaktemeter bepaald. De totale oppervlakte aan afgehaard blad voor een plant, exclusief eventueel aanwezig stek, en inclusief “gescheurd” blad is bij elkaar opgeteld.

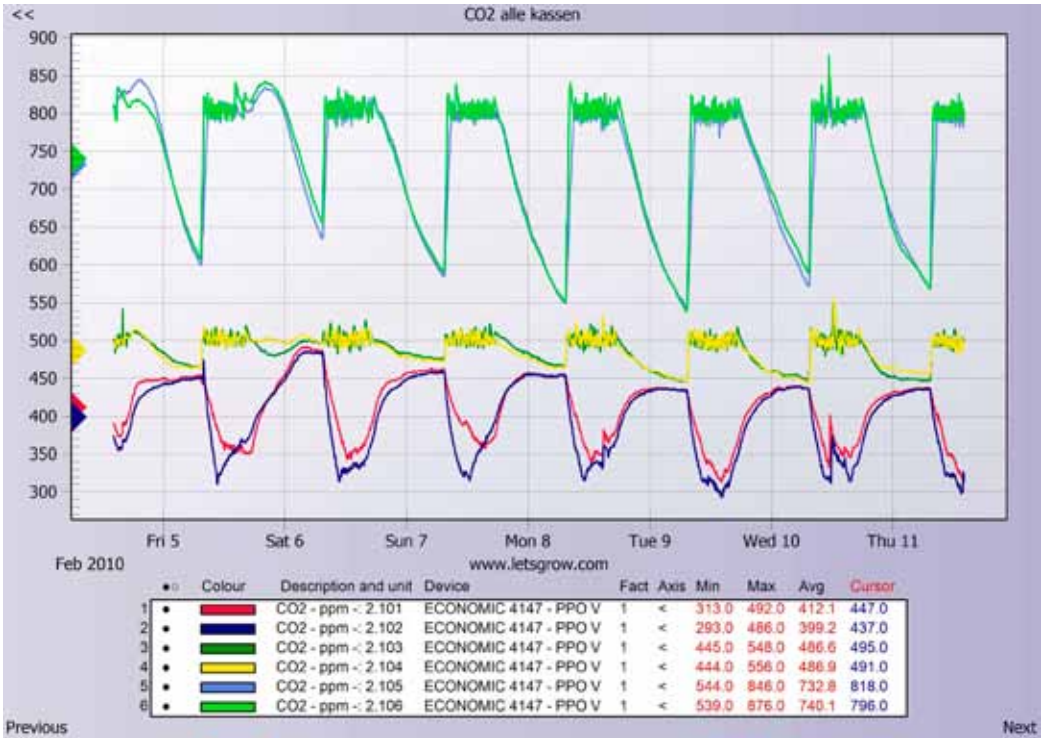
2.4.6 Statistiek

De proef is aangelegd in een orthogonale schema. Twee strata: de kasafdeling (2.101 t/m 2.106) en de velden binnen de kasafdeling (1 t/m 6) zijn gecombineerd met 3 CO_2 behandelingen in tweevoud en 2 cultivars (Midori en Tropical) in drie-voud. Dit resulteert in 36 units (velden).
De analyse op de totale opbrengst (oogst van begin tot einde) is uitgevoerd door midden van ANOVA (ANalysis Of VAriance). De analyses per periode zij uitgevoerd met REML (REsidual Maximum Likelihood) omdat door verschillen in aantallen bloemen (snee-effect) de dataset niet meer gebalanceerd was. (REML is een alternatief voor ANOVA als de dataset niet gebalanceerd is).
De analyses zijn uitgevoerd met behulp van het statistiek programma Genstat.

3 Resultaten

3.1 CO_2 dosering en realisatie

Figuur 4. toont het verloop van de CO_2 in de 6 afdelingen tijdens een week in februari met een lage ventilatiebehoefte. Het effect van de scrubbers overdag is goed te zien (rode en donkerblauwe lijn). De gewenste niveaus worden gedurende de doseerperiode (overdag) goed gerealiseerd.



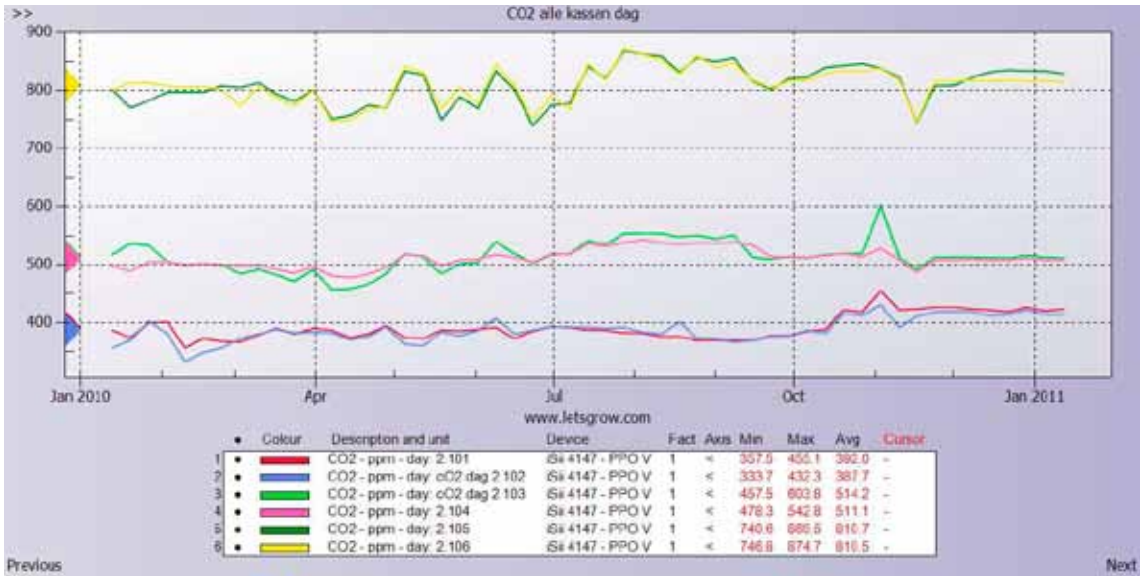
Figuur 4.: Verloop CO_2 concentratie in de 6 afdelingen tijdens een week in februari.

Gemiddeld over de duur van het onderzoek (een heel jaar), was de concentratie CO_2 in de 6 kassen als in Tabel 1. getoond. Er is een klein verschil als het gemiddelde berekend wordt met of zonder inbegrip van de nachtperiode, waarin de planten zelf CO_2 produceren als gevolg van respiratie. In de controle kassen stijgt dan de CO_2 concentratie boven de dagwaarde; in de kassen waar gedoseerd word, daalt het omdat de planten minder produceren dan er gedoseerd wordt.

Tabel 1. Gemiddelde concentratie CO_2 per afdeling.

Afdeling	2.101	2.102	2.103	2.104	2.105	2.106
Streefconcentratie (ppm)	360	360	500	500	800	800
Gerealiseerde concentratie (ppm) dag/nacht	408	407	502	502	733	748
Gerealiseerde concentratie (ppm) dag	392	387	514	511	810	810

Het jaarverloop van de CO_2 concentratie overdag, in weekgemiddelde waardes, wordt getoond in Figuur 5. Hier zijn de drie toegepaste niveaus goed van elkaar te onderscheiden. Ook komen de waardes van de twee duplo kassen van elk niveau dicht bij elkaar.

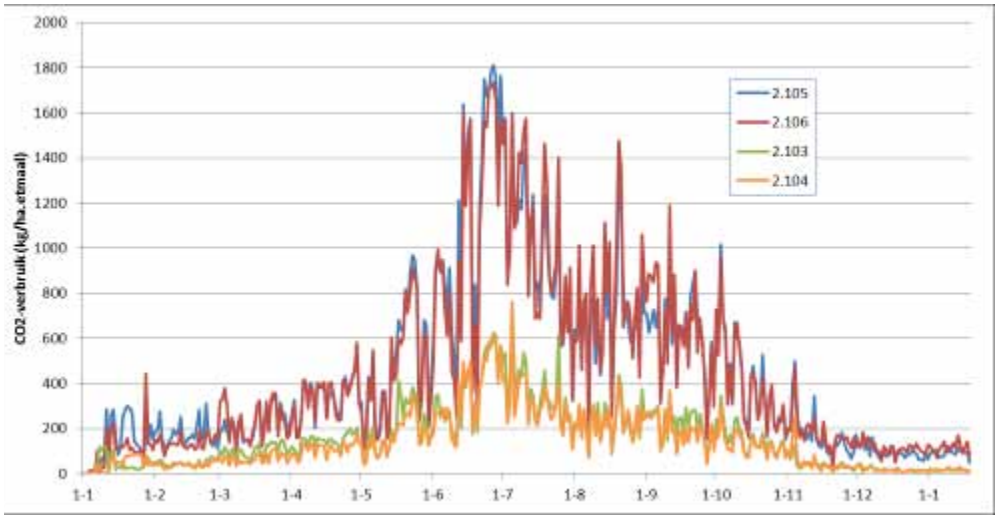


Figuur 5. Verloop CO_2 concentratie overdag (weekgemiddeld) over het jaar heen in de 6 afdelingen.

Ondanks de goede realisatie, is de maximaal toegestane dosering van 150 of 300 kg CO_2 per hectare per uur nooit nodig geweest, zelfs niet in de zomer met maximale ventilatie, wanneer de gewenste niveaus met de helft van de toegestane doseren zijn gerealiseerd. De doseersnelheid in de kassen met midden-dosering (2.103 en 2.104) en hoge dosering (2.105 en 2.106) is tot 29 april laag gehouden (respectievelijk 16 en 43 kg/ha.uur) om al te grote fluctuaties in de CO_2-concentratie te voorkomen. Op 29 april zijn de doseerstanden verhoogd naar 40 en 85 kg/ha.uur. Op 5 juni is de doseerstand verhoogd tot respectievelijk 75 en 150 kg/ha.uur en op 13 september teruggebracht naar 53 en 115 kg/ha.uur. Na 8 december werd de doseerstand verder verlaagd tot 30 en 82 kg/ha.uur. Tabel 2. toont het totaal berekende CO_2-verbruik in de vier kassen over de looptijd van het experiment (een jaar). Het verloop per etmaal per kas van de gedoseerde hoeveelheid wordt weergegeven in Figuur 6.

Tabel 2. CO_2 verbruik in de vier afdelingen over het jaar.

	midden	midden	hoog	hoog
Kasnummer	2.103	2.104	2.105	2.106
Dosering (kg/ha)	59028	52502	167511	165937
Dosering (kg/m^2)	5,9	5,3	16,8	16,6



Figuur 6. Verloop per etmaal van de hoeveelheid gedoseerd CO_2 in de vier kassen.

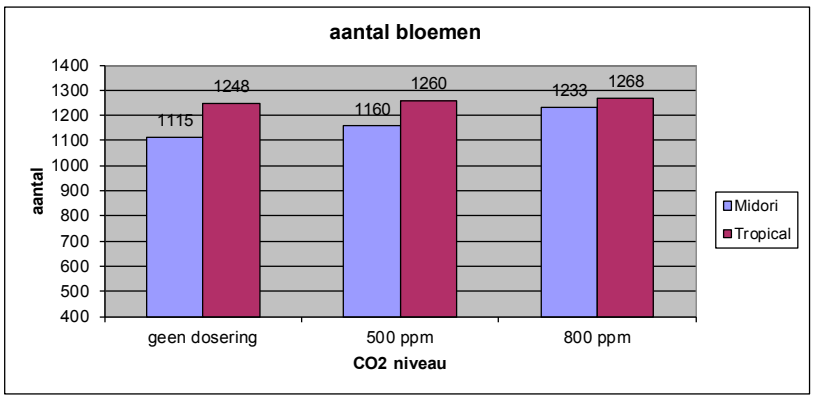
3.2 Bloemproductie

Vanaf 2 februari 2010 is er in de afdelingen geoogst. De tellingen tot 12 januari 2011 zijn in dit rapport meegenomen.

In totaal zijn 7284 bloemen geoogst uit de 6 afdelingen (exclusief planten in de randrijen, aan de kop en einde van iedere tafel). Hiervan waren 3508 van de soort Midori en 3776 Tropical.
Figuur 7. geeft de totale oogst per behandeling (opgeteld van beide kassen met eenzelfde CO_2 niveau) weer.

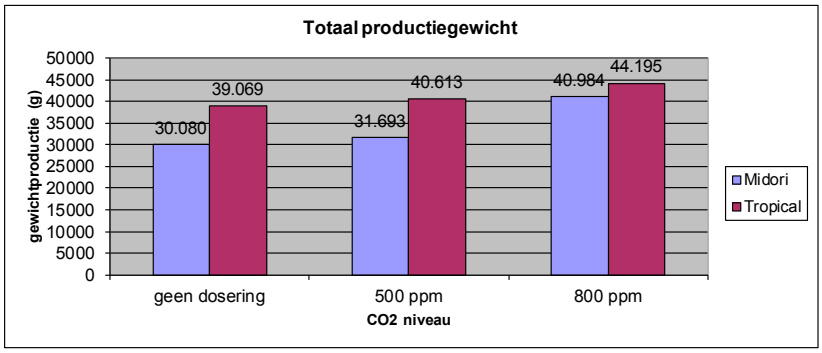
Het verschil tussen geen CO_2 doseren of 800 ppm CO_2 doseren vertaalt zich in een toename in productie van slechts 20 bloemen in het geval van Tropical. Dit verschil is niet significant.

Midori lijkt meer te profiteren van de toegediende CO_2 en maakt 4% meer bloemen aan als er 500 ppm gedoseerd wordt, en 118 bloemen extra, een toename van ruim 10 % ten opzichte van niet doseren, als er 800 ppm gedoseerd wordt. Deze verschillen zijn statistisch significant.



Figuur 7. Totaal aantal geoogste bloemen per CO_2 niveau.

Het productieverschil tussen de behandelingen wordt groter wanneer het uitgedrukt wordt in Kilogram geoogste versgewicht (Figuur 8.). Dit is deels te danken aan de hogere productie in aantal takken als gevolg van de CO_2 dosering, en wordt versterkt door de, als gevolg van de hogere concentraties, gemiddeld zwaarder product (zie 3.3 en Figuur 12.). Dit verschil in totaal gewicht is voor beide cultivars en beide niveaus statistisch significant.



Figuur 8. Productie per behandeling uitgedrukt in gram geoogste vers gewicht.

3.2.1 Uitval

In de zomerperiode (juni en juli) is bij Tropical om onbekende redenen uitval opgetreden; enkele knoppen zijn verdroogd kort na het verschijnen uit de schacht en zijn daarom niet tot oogstbare bloemen ontwikkeld, zie Figuur 9. Dit probleem is niet waargenomen bij Midori.
In totaal ging het om 41 bloemen, waarvan bijna 1/3 in kas 2.103 (een van de kassen waar 500 ppm CO_2 gedoseerd werd). De rest van de uitval is verdeeld over de andere 5 kassen, waardoor het niet aannemelijk is dat het probleem verband houdt met de CO_2 behandeling. Het probleem doet zich in de praktijk ook voor en de oorzaak is niet bekend.



Figuur 9. Knoopuitval bij Tropical in de zomer (juni en juli).

3.2.2 Generatietijd (tijd van bloem tot bloem)

De generatietijd vertoont grote verschillen tussen bloemen, ongeacht de kas (behandeling) waarin ze groeien. Door deze grote variatie tussen planten zijn de verschillen tussen behandelingen niet significant.
Over het gehele jaar is er geen consistente trend waarneembaar naar een kortere generatietijd naarmate er meer CO_2 gedoseerd wordt (Tabel 3.). In de metingen verricht tot aan 6 September 2010 was er wel een duidelijke verkorting van de generatietijd van Midori met 5,6 dagen, en van Tropical met 1,4 dagen van kassen met 800 ppm CO_2 ten opzichte van de kassen zonder toegevoegde CO_2. De verschillen vlakken vanaf september af, vermoedelijk door het afnemend licht (zie verloop PAR-licht som in de kas gedurende het jaar in Bijlage III).

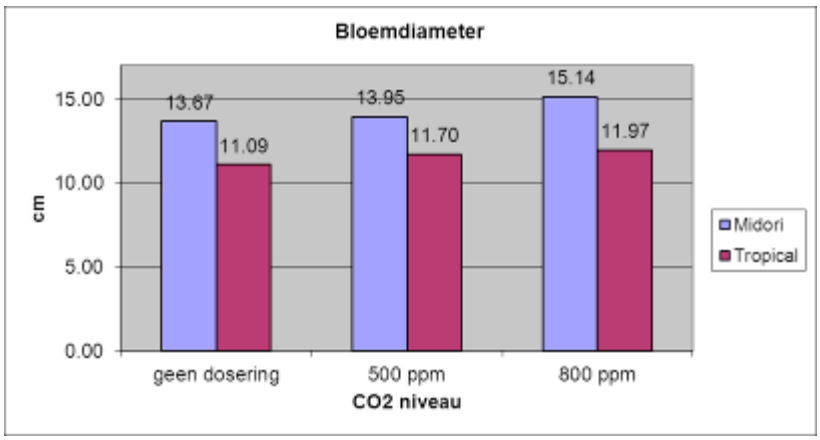
Tabel 3.: Generatietijd per soort en per behandeling.

	Cultivar	
CO_2 dosering	Midori	Tropical
geen dosering	51.44 a	49.33 a
500 ppm	52.88 a	51.93 a
800 ppm	49.54 a	50.79 a

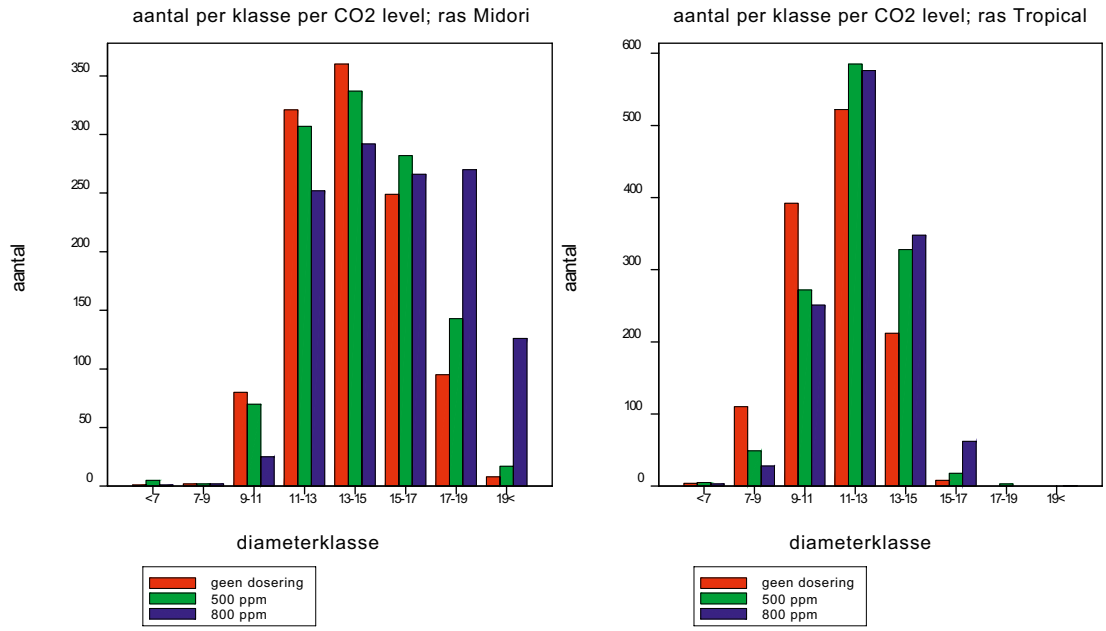
3.3 Bloemkwaliteit

Het doseren van CO_2 heeft een positief effect op de bloemkwaliteit. Zowel bloemdiameter (een waardebepalende parameter in beide Anthurium soorten, Figuur 10.) als steellengte (vooral bij Midori van belang omdat het vaak wat steellengte mist, Figuur 12.) nemen met de concentratie CO_2 toe. Het verschil voor deze beide kenmerken is significant voor de 800 ppm bij Midori, en voor Tropical is het verschil tussen niet doseren en 500 ppm significant, maar de dosering verder verhogen leidt tot een kleinere, niet-significante toename ten opzichte van de 500 ppm behandeling in bloemdiameter en steellengte.

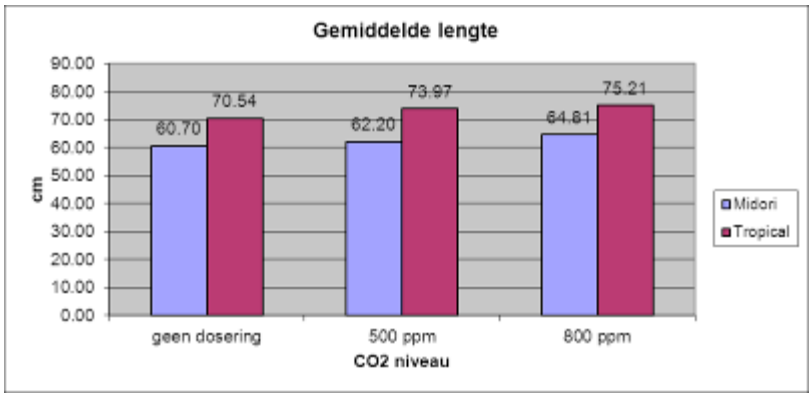
Wanneer de bloemdiameter in breedteklassen wordt uitgedrukt (Figuur 11.), wordt het duidelijk dat er met het verhogen van de CO_2 concentratie een verschuiving plaatsvindt van de kleinere naar de grotere bloemen bij beide soorten.



Figuur 10. Gemiddelde bloemdiameter bij beide soorten als beinvloed door de concentratie CO_2 LSD (5%)= 0.7 cm.

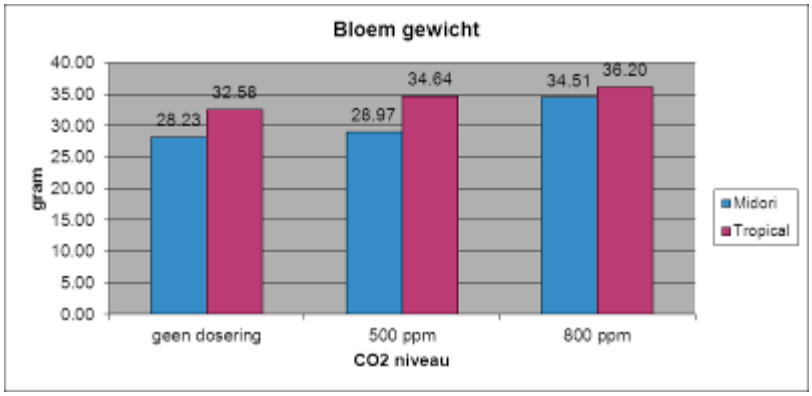


Figuur 11. Diameterklasses per CO_2 dosering. Links Midori, rechts Tropical.



Figuur 12. Gemiddelde steellengte bij beide soorten als beinvloed door de concentratie CO_2. LSD (5%)= 3.68 cm.

Figuur 13. toont het gemiddelde versgewicht van de bloemen. Deze stijgt in beide cultivars met enkele grammen naarmate de concentratie CO_2 waaronder ze groeien stijgt. Bij Tropical is een significante toename ten opzichte van niet doseren van 6% (500 ppm) en 11% (800 ppm). Bij Midori is de toename bij 500 ppm doseren gemiddeld slechts een niet-significante 2.6 %, maar bij 800 ppm is de gemiddelde gewichtstoename van de bloemen 22.5 %.



Figuur 13. Gemiddeld versgewicht van de bloem bij beide soorten als beinvloed door de concentratie CO_2.

3.3.1 Kwaliteit per periode

De bloemkwaliteitsgegevens zijn ook per periode geanalyseerd om te kunnen zien in welke periodes het meeste voordeel behaald kan worden van de toepassing van CO_2, of anders, in welke periodes er mogelijk geen voordeel behaald kan worden. Hiertoe is er, startend vanaf het begin van de proef op 11 maart 2010, een statistische analyse uitgevoerd de productie in 13 vierwekelijkse periodes. Aangezien de generatietijd (tijd van bloem tot bloem) gemiddeld ca. 50 dagen bedraagt, zijn de waargenomen effecten op de productie en de kwaliteit vermoedelijk het resultaat van de teeltomstandigheden een tot anderhalve vierwekelijkse periode eerder.

Deze analyses worden in bijlage 1 getoond en hier samengevat.

In periode 1 zijn geen bloemen geoogst. Voor beide soorten geldt dat de kwaliteit van de bloemen die geoogst zijn in de periode tot 9 maart (periode 2) geen verschillen als gevolg van de behandelingen laat ziet, dit is logisch aangezien de bloemen die tot die periode zijn geoogst aangelegd zijn net voor of direct na het begin van de proef.

Midori per periode geanalyseerd komt goed overeen met de totale analyse. De verschillen in taklengte verdwenen in periode 4, 5, 6 en 12 (tussen 7 april en 29 juni en tussen 17 november en 14 december). De verschillen in diameter zijn er altijd, behalve in periode 4.

Verschillen in diameter bij Tropical zijn waargenomen in periode 5 (tot 31 mei), 6 (tot 29 juni), 9 (tot 20 september), 11 (tot 17 november) en 13 (14 december tot 12 januari), maar niet in periode 7 (juli), 8 (augustus) en 10 (oktober.
Bloemgewicht bij Tropical verandert niet tussen mei en augustus noch in oktober en december, als gevolg van het gedoseerd CO_2.

3.3.2 Droge stof gehalte

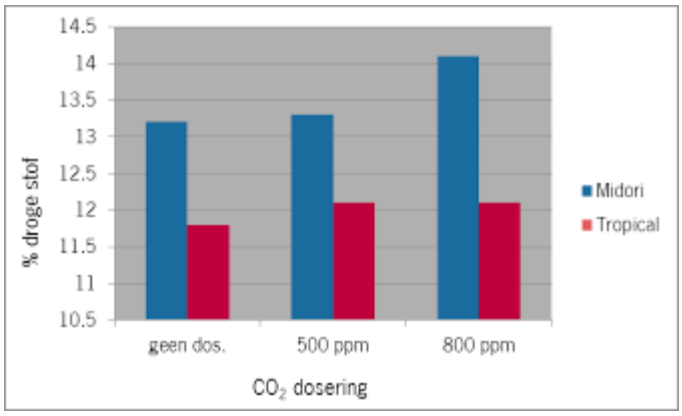
Het droge stof gehalte van een deel van de geoogste bloemen (schutblad en spadix, geen steel) is niet continu maar op vier momenten van het jaar bepaald. De resultaten zijn in Tabel 4. samengevat. Er is een constant verschil tussen cultivars, waarbij de Midori bloemen op alle meetdata een iets hoger % droge stof bevatten. Verder is in alle behandelingen een dalende trend in de tijd waar te nemen, wat volledig toe te schrijven is aan de dalende lichtniveaus tussen juni en januari.

In beide cultivars is het gemiddeld percentage droge stof van de bloemen afkomstig uit de 800 ppm CO_2 behandeling 4 tot 8 procent hoger dan die van de bloemen uit de controle of de 500 ppm kassen.

Tabel 4. Gemiddeld % droge stof per cultivar, behandeling en periode.

			gemiddeld % ds per periode			
kasnr.	CO_2	cultivar	juni	augustus	oktober	januari
2101	géén	‘ Midori ’	14.4	13.3	12.5	12.8
		‘ Tropical ’	12.6	12.3	11.8	11.0
2102	géén	‘ Midori ’	14.5	13.1	12.6	12.6
		‘ Tropical ’	12.5	11.7	11.6	11.1
2103	500 ppm	‘ Midori ’	14.5	13.6	13.2	12.8
		‘ Tropical ’	12.6	12.4	12.3	11.5
2104	500 ppm	‘ Midori ’	14.1	13.1	12.5	12.6
		‘ Tropical ’	12.4	12.0	12.1	11.4
2105	800 ppm	‘ Midori ’	14.7	14.2	13.8	13.4
		‘ Tropical ’	12.4	12.1	12.1	11.5
2106	800 ppm	‘ Midori ’	15.1	14.1	13.5	13.8
		‘ Tropical ’	13.0	12.3	12.1	11.5

Gemiddeld over alle meetmomenten per niveau volgt het percentage droge stof dezelfde trend als de versgewichten en de meeste kwaliteitsparameters (zie Figuur 14.): bij Tropical is het verschil in percentage droge stof tussen niet doseren en 500 ppm het grootst, terwijl bij Midori is er pas een significant verschil waarneembaar bij dosering van 800 ppm.

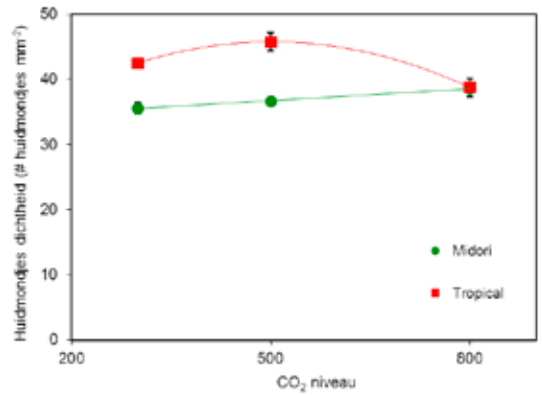


Figuur 14. Gemiddeld % droge stof in het schutblad per cultivar als gevolg van de CO_2 dosering.

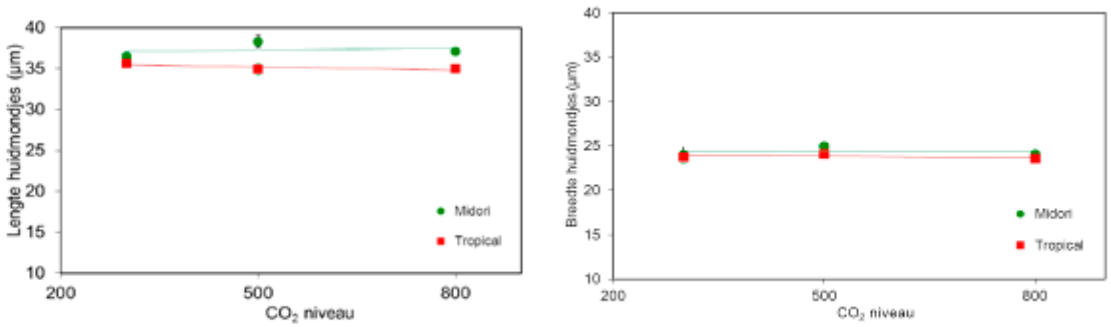
3.4 Huidmondjes dichtheid en grootte

Het blad van Tropical vertoonde een hogere huidmondjes dichtheid (16%) dan die van Midori in de controle behandelingen (Figuur 15.). De huidmondjes dichtheid van Midori nam significant toe met de CO_2 verhoging, (3 en 5% per stap). Bij Tropical nam de huidmondjes dichtheid met 8% toe als het CO_2 niveau verhoogd werd van buitenwaarde tot 500 ppm, maar de verdere verhoging tot 800 ppm zorgde voor een afname van 15% ten opzichte van de 500 ppm. De huidmondjes dichtheid was per soort en per behandeling heel constant (zoals het te zien is in de grafieken als een hele kleine standaard deviatie van het gemiddelde).

De gemiddelde huidmondjes lengte (Figuur 16., links) was bij Midori iets groter (7%) dan bij Tropical. De verschillen in breedte tussen cultivars (Figuur 16., rechts) was minimaal. De structuur van de huidmondjes (lengte en breedte) werd niet beïnvloed door het CO_2 niveau tijdens de ontwikkeling van het blad in geen van beide cultivars.

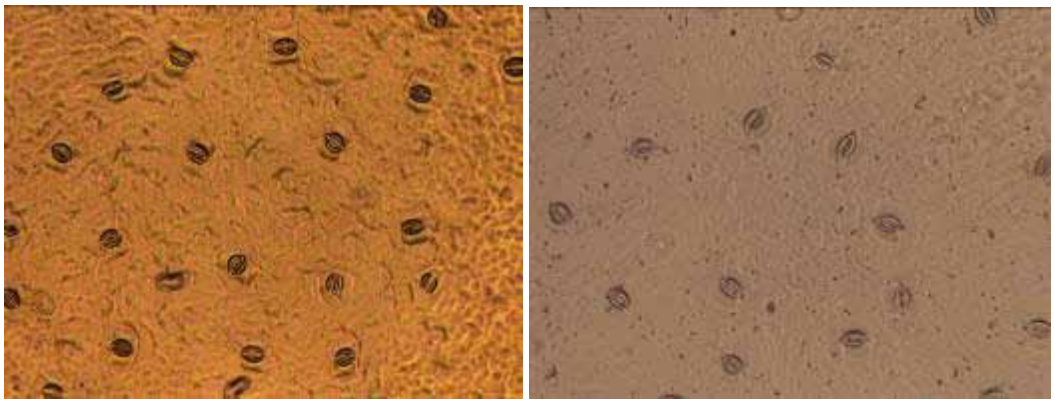


Figuur 15. Huidmondjes dichtheid per soort en CO_2 -niveau.



Figuur 16. Links huidmondjes lengte, rechts huidmondjes breedte per soort en CO_2 niveau.

Er dient te worden opgemerkt dat de huidmondjes op het moment van de monstername (op 4 juli 2010, een sombere dag, tussen 8 en 10 uur 's ochtends), allemaal volledig gesloten waren. Dit beïnvloedt de dichtheid en grootte uiteraard niet, maar wel de mate waarin gasuitwisseling (en CO_2 opname) plaatsvindt ten behoeve van de fotosynthese.



Figuur 17. Afbeelding huidmondjes, links Tropical 800 ppm, rechts Midori geen dosering.

Het patroon is in de bemonstering in januari 2011 gewijzigd: het aantal huidmondjes per mm^2 ligt bij beide cultivars , en vooral bij Midori hoger dan in juli. Op het moment van de monstername waren de huidmondjes deels open (Figuur 17.).

Tabel 5.: Gemiddeld aantal huidmondjes bij Tropical en Midori per mm^2 blad, meting januari 2011.

	Cultivar	
CO_2 dosering	Midori	Tropical
geen dosering	52,7 ab	46,4 a
500 ppm	52,0 a	47,6 bc
800 ppm	53,9 b	49,61 c

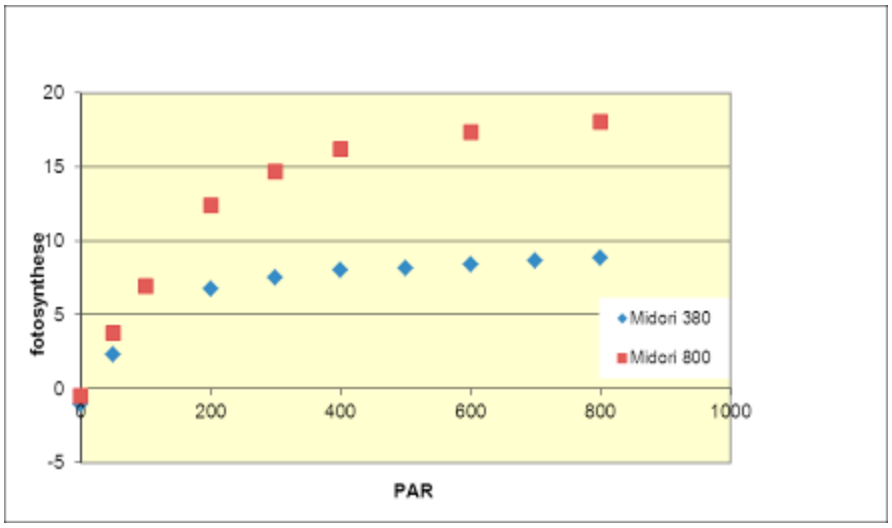
3.5 Fotosynthese

Er is drie keer fotosynthese gemeten; in juli, september en november.
Dit is een zeer arbeidsintensieve activiteit gebleken, daar grote delen van de dag de huidmondjes (deels) gesloten bleven op de dagen waarop er gemeten is. Bovendien blijken de huidmondjes gevoelig voor aanraking en voor veranderingen in VPD tijdens de meting. Hierdoor kon regelmatig een serie metingen niet afgemaakt worden met dezelfde plant.

Er zijn licht-respons krommes bij 2 CO_2 niveaus, en CO_2 respons-krommes gemaakt.
Aan de hand van de licht response krommes (Figuur 18.) is het lichtniveau gekozen waaronder de CO_2-response krommes zijn bepaald bij planten gegroeid onder de verschillende CO_2 niveaus.

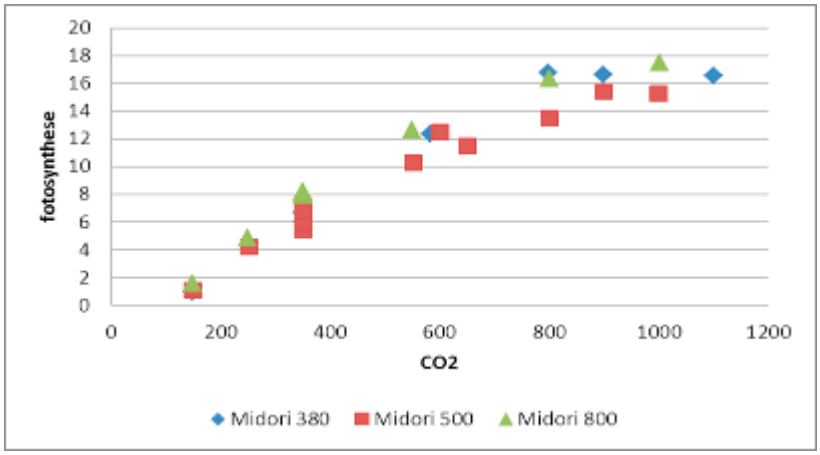
De licht-response kromme voor Midori laat een groot verschil in fotosynthese zien afhankelijk van de gedoseerde CO_2. Het steilste deel van de kromme ligt bij 800 ppm CO_2 bij lichtniveaus tot 400 PAR. Bij lichtniveaus rond het verzadiging-sniveau verdubbelt de hoeveelheid geabsorbeerde CO_2. Ook is het goed te zien dat bij geen CO_2 dosering er eerder (al bij 200 µmol/m^2s licht) lichtverzadiging optreedt. Bij 800 ppm CO_2 begint wat lichtverzadiging op te treden bij waardes rondom 400 µmol/m^2s PAR licht. Het voordeel van CO_2 doseren in termen van verhoogde fotosynthese is het grootst bij lichtniveaus boven 300 µmol/m^2s..

De lichtresponse kromme voor Tropical vertoont dezelfde trend, alleen de maximale waarde ligt iets lager (14 µmol CO_2 per cm^2 per seconde bij 400 PAR) en buigt na een maximale fotosynthese bij 600 PAR af.

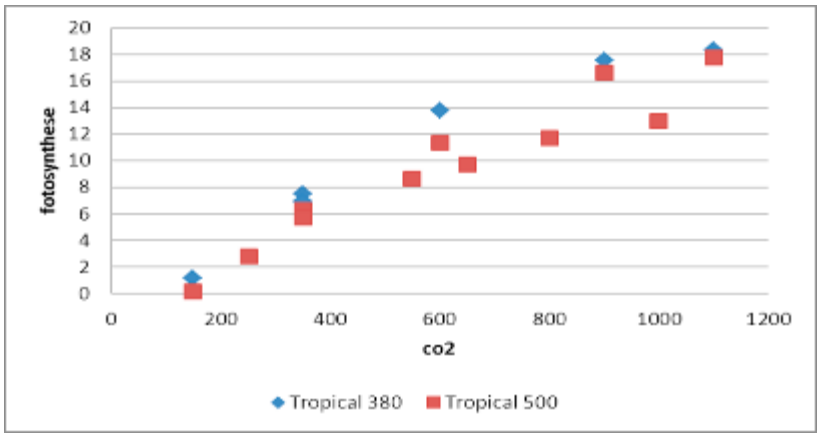


Figuur 18. Licht-response krommes voor Midori bij 2 verschillende CO_2 concentraties.

De CO_2 response krommes voor beide soorten laten een zeer constant beeld zien dat de planten gegroeid zonder of met toegevoegd CO_2, een vergelijkbaar niveau van fotosynthese bedrijven bij gelijk lichtniveau (hiervoor is de verzadigingslicht-niveau van 600 ppm ervoor gekozen). Bij sommige gewassen is een afname van fotosynthese te zien bij het plaatsen van planten die hoog CO_2 gewend zijn onder lagere CO_2 niveaus, omdat de CO_2 toch altijd aanwezig is. Dit is bij Anthurium niet het geval. Figuur 20. toont een samenvatting van de verschillende fotosynthese metingen bij Midori planten gegroeid onder de drie proefniveaus: 380 ppm (geen dosering), dosering tot 500 ppm en dosering tot 800 ppm. Figuur 19. toont dit voor Tropical uit de 380 (geen dosering) en 500 ppm kassen (geen betrouwbare metingen verkregen voor de 800 ppm kassen). Bij deze laatste cultivar verschilt de fotosynthese sterk tussen planten, vandaar het iets meer wisselende patroon.



Figuur 19. Fotosynthese bij Midori geteeld onder verschillende CO_2 niveaus. De 380 en 500 kromme's geven het gemiddelde van zes metingen (twee planten, drie meetmomenten) weer; de 800 ppm kromme is op één meting gebaseerd.



Figuur 20. Fotosynthese bij Tropical geteeld onder verschillende CO_2 niveaus. De 380 en 500 kromme's geven het gemiddelde van vier tot 6 metingen (twee tot drie planten, twee meetmomenten) weer.

3.6 Houdbaarheid, blauwverkleuring en glazigheid

In de periode tot april 2010 (de eerste vier maanden van de proef) is geen blauwverkleuring noch glazigheid geconstateerd.

In het najaar echter vertoonde een behoorlijk percentage van de totaal geoogste bloemen binnen de observatieperiode van 12 dagen blauwverkleuring (Tropical, Figuur 21.) en glazigheid (Midori, Figuur 22.). De glazigheid doet zich voor in hetzelfde delen van het schutblad als de blauwverkleuring (de "oortjes", de punt en/of de randen). Het begint als een verkleuring (blauw of erg licht groen) van het weefsel, wat na enkele dagen necrotisch (donker paars / bruin) wordt.

Het probleem deed zich bij Tropical in mindere mate voor dan in Midori. Voor deze cultivar waren de oogstdata 28 september (55%), 7 oktober (60%) en 20 oktober (30%) de momenten waarop het probleem zich in alle hevigheid voordeed. Bij Tropical was 17 november het ergst met 18% blauwverkleuring (Figuur 23.).

Bekeken over de behandelingen(Figuur 24.), verdubbelt het % blauw/glazige bloemen in de kassen met 800 ppm CO_2 dosering ten opzichte van de controle en de 500 ppm CO_2 dosering.

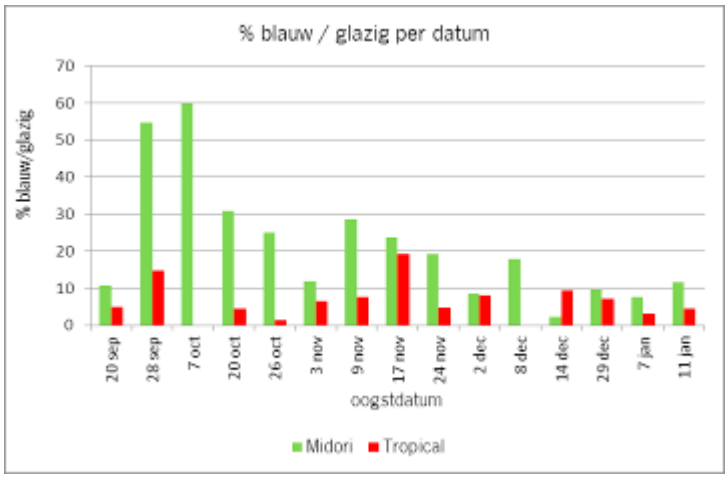


Figuur 20. Blauwverkleuring bij Tropical, links in het beginstadium, rechts bij het necrotisch worden.

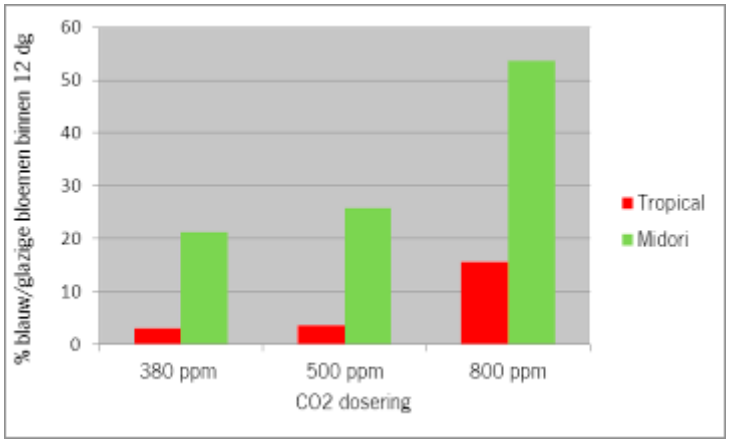


Figuur 21. Glazigheid bij Midori, links in het beginstadium, rechts bij het necrotisch worden.

Van een deel van de oogstdata is tevens de houdbaarheid bepaald; na de observatieperiode van 12 dagen bleven de bloemen staan, en ze werden afgeschreven als de spadix (kolf) helemaal uitgebloeid was (bruin werd) en / of het schutblad slap werd of verkleurde. De houdbaarheid van Tropical varieerde tussen de 20,4 in december en meer dan 30 dagen (verder werd het niet beoordeeld) in januari. De houdbaarheid van Midori is in alle gevallen boven de 33 dagen geweest. Hoewel dit niet als reden voor afschreven gebruikt werd, vertoonden na 28 dagen alle Midori bloemen van alle behandelingen necrotische plekken op het schutblad, ongeacht de behandeling, waardoor ze geen sierwaarde meer bezatten.
Er waren geen verschillen in houdbaarheid tussen de behandelingen.



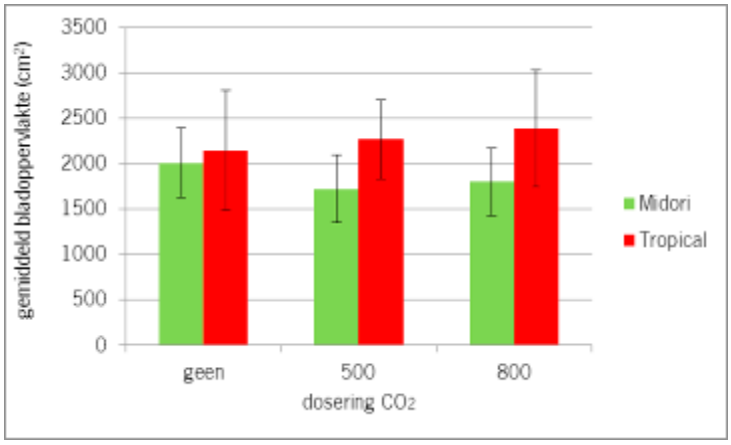
Figuur 23.: glazigheid en blauwverkleuring per oogstdatum per cultivar.



Figuur 24.: glazigheid en blauwverkleuring per behandeling per cultivar.

3.7 Bladoppervlakte

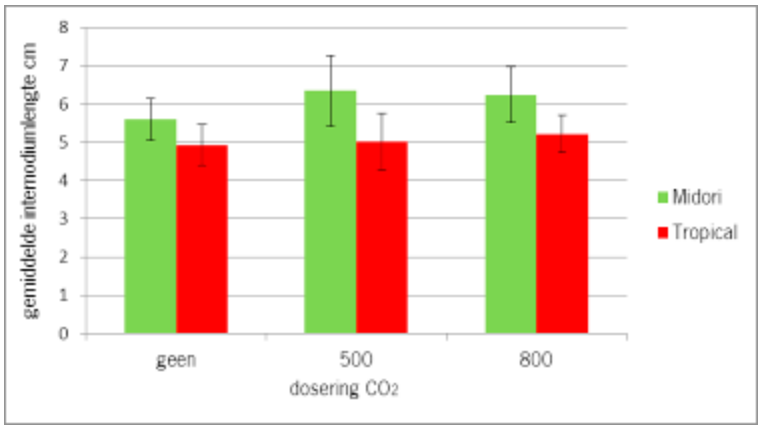
De oppervlakte aan blad per plant is aan het einde van de proef destructief bepaald. Hiertoe zijn per CO_2 niveau en per ras 9 planten gebruikt. Het gemiddelde bladoppervlakte per plant varieert behoorlijk (Figuur 25.). Daardoor zijn de verschillen niet significant. Er is een trend waarneembaar waarbij het bladoppervlakte bij Tropical toeneemt met de CO_2 dosering. Bij Midori is deze trend er niet.



Figuur 25. Gemiddeld bladoppervlakte aan het einde van de proef per cultivar en per CO_2 niveau.

3.8 Lengte internodia

Ook de lengte van de internodia is aan het einde van de proef bepaald (Figuur 26.). Ook hier zien we een verschil in reactie tussen beide cultivars, waarbij Tropical gemiddeld iets kortere internodia maakt, en een trend naar iets langere internodia door meer CO_2 in de kas. Echter, ook hier is de spreiding groot en de verschillen niet significant.



Figuur 26.: invloed CO_2 dosering op de lengte van de internodia.

4 Economische evaluatie CO2 dosering

Aan de hand van de resultaten vermeld in hoofdstuk 3 is een analyse gemaakt van de kosten-baten verbonden aan het doseren van CO_2 voor zowel Tropical als Midori.

4.1 Kosten van verschillende CO_2-bronnen

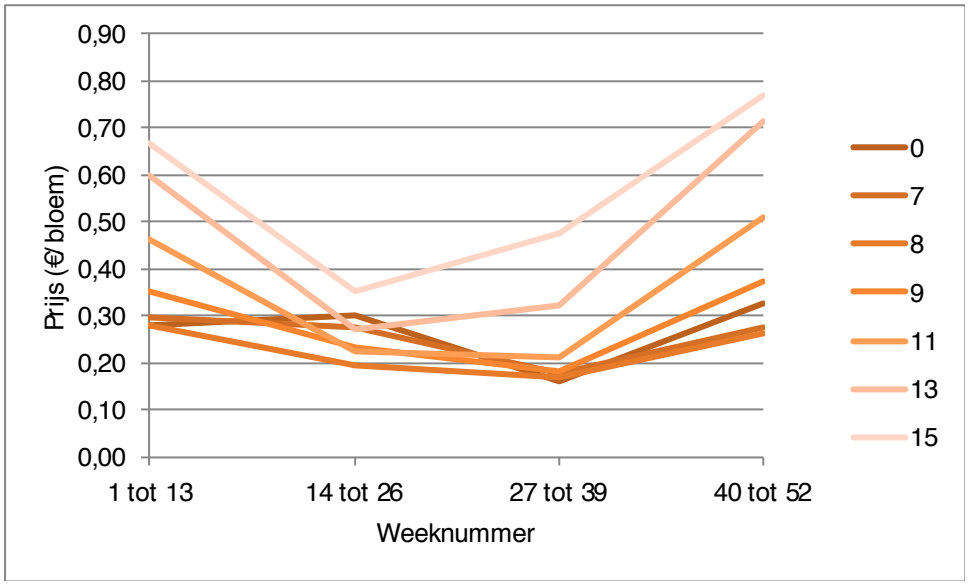
De kosten van het inkopen en doseren van CO_2 bestaan uit kosten per kg en kosten voor de aansluiting. Bovendien moet in de kas ook een verdeelsysteem worden aangelegd om de CO_2 te doseren. De kosten per kg CO_2 zijn vaak afhankelijk van de hoeveelheid die jaarlijks wordt ingekocht. CO_2 kan worden ingekocht via tanks of via OCAP. Ook kan uit iedere m^3 aardgas 1,8 kg CO_2 worden geproduceerd in de eigen verwarmingsketel. Bij 0,25 €/m^3 kost CO_2 dan 0,14 €/kg, terwijl voor de CO_2-doseerunit en ventilator minder dan 1 cent per kg CO_2 moet worden gerekend. Voorwaarde is dan wel dat de warmte uit de ketel kan worden afgevoerd (minimum buis of noodkoeler).
De huurkosten van een CO_2-tank (± 2000 kg) zijn ongeveer 300 €/maand, terwijl voor iedere vulling ongeveer 150 € moet worden betaald. Per kg CO_2 komt dit neer op 6-10 €cent per kg. Daar moeten de commoditykosten voor CO_2 (12 €cent per kg) bij worden opgeteld.
De aansluitkosten van OCAP zijn eenmalig € 15000,-. Hier komt nog € 125,- bij voor iedere meter waarvoor een extra leiding moet worden gegraven. Bij 100 meter leiding en 10 jaar afschrijving komen de aansluitkosten neer op ongeveer 3000 €/jaar. Bij een bedrijf van 2 hectare is voor 500 en 800 ppm respectievelijk 112 en 334 ton/jaar nodig. Dan komen de kosten voor de aansluiting neer op 1 tot 3 €cent per kg. Daar moeten de commoditykosten voor CO_2 (9-10 €cent per kg) bij worden opgeteld.

4.2 Opbrengsten

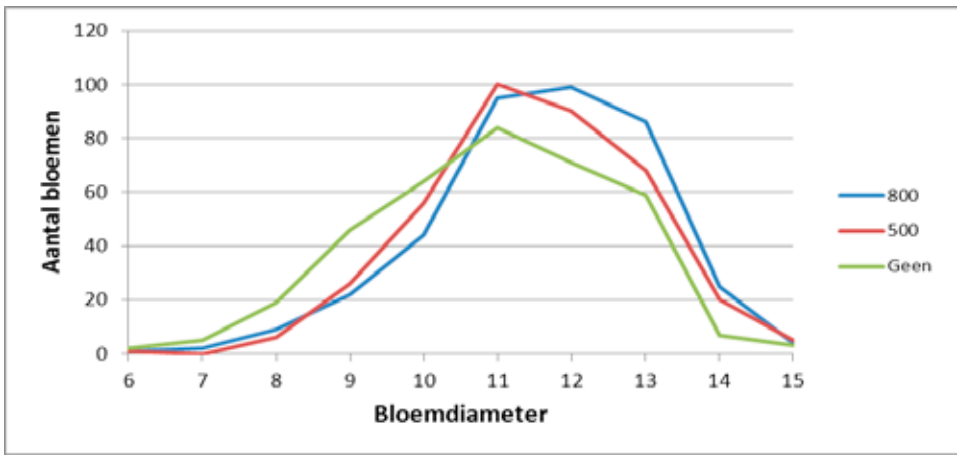
Het economische voordeel van CO_2-dosering bij Anthurium is voor een groot deel afhankelijk van de prijsvorming gedurende de zomer. Dit verschilt per cultivar.

4.2.1 Tropical

In Figuur 27. is de prijs per tak Tropical van verschillende bloemdiameters tijdens 4 seizoenen weergegeven. Hieruit blijkt dat ook tijdens de zomer voor bloemen met een diameter van 13 of 15 cm 50-100% meer wordt betaald dan voor kleinere bloemen.



Figuur 27. Gemiddelde prijsverloop van verschillende bloemdiameters van Tropical gedurende vier kwartalen van het jaar (2010).Bron: FloraHolland.

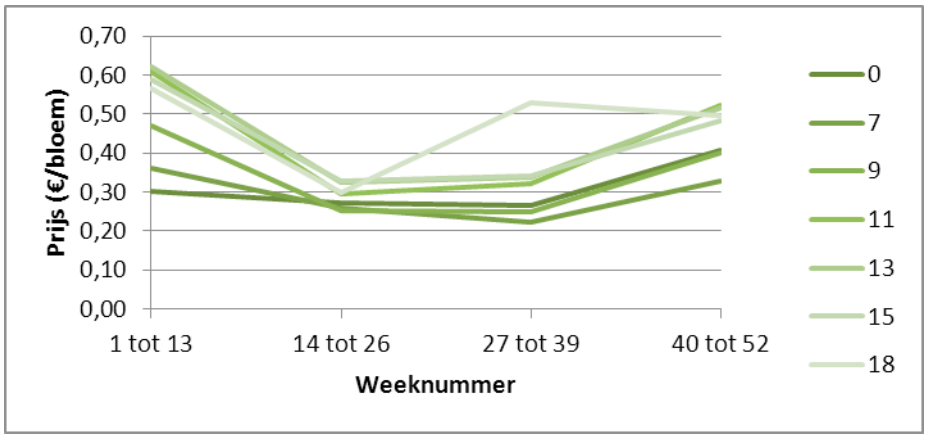


Figuur 28. Aantal bloemen Tropical in het derde kwartaal per sortering bloemdiameter.

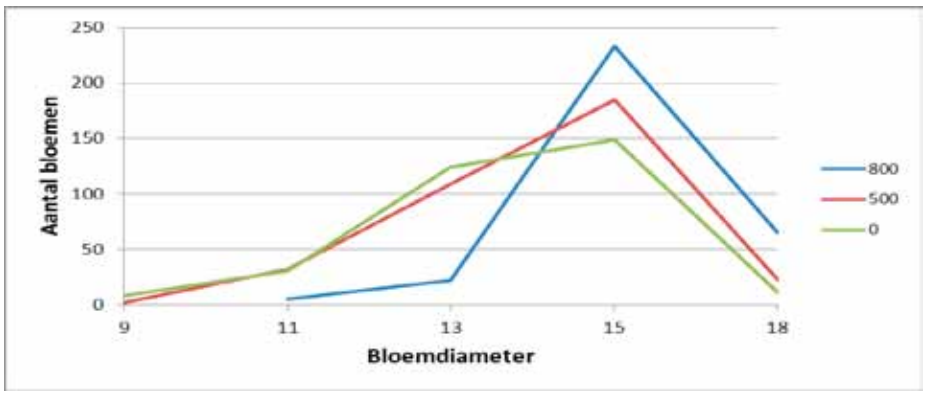
Uitgaande van deze prijsvorming per seizoen en bloemdiameter is een schatting gemaakt van de opbrengst van Tropical voor de 3 behandelingen. In de periode waarin de oogst geteld is (2-2-2010 tot 12-1-2011) komt deze opbrengst bij de behandelingen met laag CO_2, 500 ppm en 800 ppm neer op respectievelijk 442, 475 en 489 €/behandeling. Het netto teeltoppervlak per behandeling was 2,5 m^2 *3 tafels * 2 afdelingen = 15 m^2. Hiervan zijn de buitenrijen niet geteld, waardoor het netto getelde oppervlak neerkomt op 14/18*15= 11,7 m^2. De bruto opbrengst per m^2 van de verschillende behandelingen is daarmee respectievelijk € 37.78, € 40.60 en € 41.51 (zie Tabel 6.), terwijl het geoogste aantal bloemen van Tropical nauwelijks verschilde tussen de verschillende behandelingen. De meeropbrengst is te danken aan een groot aantal bloemen die in een hogere diameterklasse vielen bij de behandelingen waar CO_2 werd gedoseerd (Figuur 28.). Bij een vrijwel vergelijkbare arbeidsinzet leidt het doseren van CO_2 bij Tropical tot 500 of 800 ppm tot een meeropbrengst van € 2,82 respectievelijk 3,73

4.2.2 Midori

Voor Midori is dezelfde berekening uitgevoerd. De prijsvorming per bloemdiameter wordt weergeven in Figuur 29. Hier blijkt met name in het 1e en 4e kwartaal het belang van grotere diameters. De afwijkende prijs in periode 3 voor 18 cmm bloemdiameter is minder betrouwbaar in verband met een laag aanvoervolume.



Figuur 29. Prijsverloop van verschillende bloemdiameters van Midori gedurende vier kwartalen van het jaar 2010. Bron: FloraHolland.



Figuur 30. Aantal bloemen van Midori in het derde kwartaal per sortering bloemdiameter.

Bij de in Figuur 29. genoemde prijzen per kwartaal per bloemdiameter voor Midori wordt de opbrengst per behandeling berekend op € 430,-, € 444,- en € 492,- voor respectievelijk de behandelingen zonder CO_2, tot 500 ppm en tot 800 ppm. Per m^2 netto teeltoppervlak komt dit neer op 36,72; 37,94 en 42,03 €/m^2, deels door de grotere diameters (Figuur 30.) en deels door de extra productie, zie Tabel 6.

Tabel 6.: Productie en opbrengst per netto m^2 teeltoppervlak van 2-2-2010 tot 12-1-2011.

	Tropical		Midori	
	Productie	Opbrengst	Productie	Opbrengst
	Bloemen/m^2	€/m^2	Bloemen/m^2	€/m^2
Laag CO_2	106,7	37,78	95,3	36,72
500 ppm	107,7	40,60	99,2	37,94
800 ppm	108,4	41,51	105,4	42,03

4.2.3 Kosten-baten analyse

Tabel 7. geeft de kosten en opbrengsten per dosering per cultivar weer.
De meerproductie verhoogt de afzetkosten (gerekend met 5% van de meeromzet voor veilingprovisie, verpakking en transport) en de kosten van arbeid (gerekend met 0,15 cent per extra bloem). Deze kosten zijn in Tabel 7. verwerkt.
Hieruit blijkt dat, behalve bij de 500 ppm behandeling voor Midori, het netto resultaat positief is. Factoren die het resultaat beïnvloeden zijn:

hoe meer CO_2 wordt ingekocht, hoe voordeliger de kosten per kg CO_2;
een meerprijs voor grote bloemdiameters maakt CO_2-dosering interessant;
meer bloemen geven meer arbeidskosten, waardoor dit minder winst geeft dan een grotere bloemdiameter

Tabel 7.: Opbrengsten en kosten door CO_2-dosering voor een bedrijf van 2 hectare.

CO_2-concentratie	ppm	500			800		
Doseringscapaciteit	kg/ha.uur	75			150		
Doseringshoeveelheid	kg/m^2.jaar	5,6			16,7		
Meeropbrengst Tropical	€/m^2.jaar	2,82			3,73		
Meer bloemen Tropical	bl/m^2.jaar	1,0			1,7		
Extra kosten Tropical	€/m^2.jaar	0,29			0,44		
Meeropbrengst Midori	€/m^2.jaar	1,22			5,31		
Meer bloemen Midori	bl/m^2.jaar	3,8			9,8		
Extra kosten Midori	€/m^2.jaar	0,64			1,74		
CO_2-bron		Tankhuur	OCAP	Ketel	Tankhuur	OCAP	Ketel
Verdeelleiding kas	€/m^2.jaar	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Prijs CO_2	€/kg	0,12	0,10	0,14	0,12	0,09	0,14
Distributie/Transport	€/kg	0,10	0,03	0,01	0,06	0,01	0,00
CO_2-kosten	€/m^2.jaar	1,38	0,88	0,98	3,16	1,82	2,53
Netto resultaat Tropical	€/m^2.jaar	1,14	1,65	1,55	0,13	1,47	0,75
Netto resultaat Midori	€/m^2.jaar	-0,80	-0,30	-0,40	0,41	1,75	1,04

In alle gevallen is OCAP de meest voordelige CO_2-bron. Hierbij is geen rekening gehouden met de dagen dat OCAP geen CO_2-kan leveren vanwege onderhoudswerkzaamheden. CO_2 vanuit de verwarmingsketel is een iets duurder alternatief, maar hiervoor moet wel worden gezorgd voor de afvoer van warmte. Bovendien wordt het verbranden van aardgas in combinatie met warmtevernietiging maatschappelijk gezien als milieubelastend. Indien de warmte wel nuttig kan worden gebruikt is het doseren vanuit de verwarmingsketel interessanter dan OCAP. Het gebruik van CO_2-tanks is altijd duurder dan de andere alternatieven.

De berekende economische haalbaarheid is sterk afhankelijk van de prijsvorming per kwaliteitsklasse (bloemdiameter) en met name tijdens het derde kwartaal (week 27-39). Indien voor grotere bloemdiameters geen meerprijs wordt betaald, wordt het veel moeilijker om CO_2-dosering uit alleen meerproductie te bekostigen.

5 Discussie

Aan de hand van de vraagstelling bij de start van de proef en op basis van de in hoofdstuk 3 vertoonde resultaten, zijn een aantal discussiepunten te benoemen: het verschil in reactie van beide cultivars op de dosering van CO_2, de mate waarop he gewas in de verschillende seizoenen reageert op het aangeboden CO_2, de relatie in het najaar tussen CO_2 en glazigheid en blauwverkleuring, doseren gekoppeld aan de warmtevraag, en de rentabiliteit van het doseren. Deze discussiepunten worden met een stelling ingeleid.

Midori en Tropical reageren verschillend op het aangeboden CO_2.
Op basis van de totale analyse van de resultaten lijkt het duidelijk dat de twee onderzochte soorten, Midori en Tropical iets anders omgaan met het aangeboden CO_2.
Bij Midori zijn de effecten van het doseren tot 800 ppm op de productie positief: het aantal takken neemt met de dosering toe, evenals de bloemdiameter, steeldiameter, gemiddelde takgewicht en het drooggewicht. De effecten van doseren tot 500 ppm zijn zeer beperkt, en in veel gevallen niet significant; het verschil wordt pas gemaakt bij 800 ppm.
Tropical profiteert beperkter van het gedoseerd CO_2 . Zo leidt het doseren niet tot een significante toename in het aantal te oogsten takken. Doseren tot 500 ppm heeft een positief effect op bloemdiameter en op steellengte, maar verder opvoeren van de dosering naar 800 ppm voegt bij Tropical weinig significant meer diameter of lengte toe. Significant is bij Tropical het positief effect van 800 ppm CO_2 op het gemiddeld takgewicht, deze neemt met de dosering toe (waardoor totale oogstgewicht ook toeneemt).

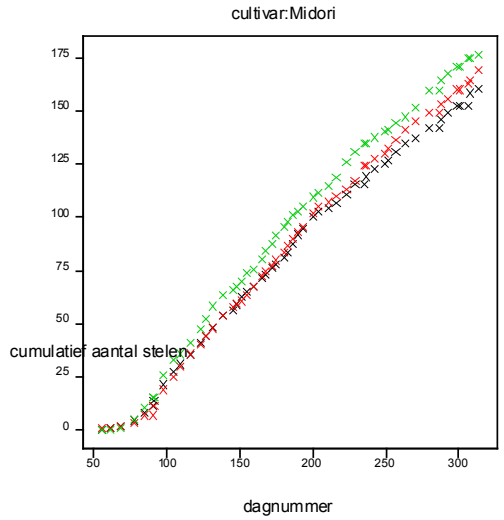
Samengevat (zie ook Tabel 8.): bij Midori heeft het zin om te doseren tot 800 ppm, bij Tropical is het zinvol gebleken om te doseren tot 500 ppm, maar voor een aantal parameters heeft het geen zin om de dosering tot 800 ppm op te voeren.

Tabel 8.: samenvatting productieresultaten beide CO_2 niveaus ten opzichte van niet doseren. (ns= niet significant)

CO_2 niveau	Productie parameter	Midori	Tropical
500 ppm	Aantal bloemen	+ 4%	+ 0,9% (ns)
	bloemgewicht	+ 2,6 %	+ 6 %
	bloemdiameter	+ 0,3 cm	+ 0,6 cm
	taklengte	+ 1,5 cm	+ 3,4 cm
800 ppm	Aantal bloemen	+ 10 %	+ 1,6 % (ns)
	bloemgewicht	+ 22,5 %	+ 11 %
	bloemdiameter	+ 1,5 cm	+ 0,9 cm
	taklengte	+ 4,1 cm	+ 4,7 cm

Waardoor deze verschillen in respons dan wel veroorzaakt worden is niet met de verrichte metingen te herleiden. Verrassend is de overeenkomst met de huidmondjes dichtheid, waarbij bij Midori een gestaagde toename in aantal huidmondjes te zien is naarmate de CO_2 niveau waarin het blad is ontwikkeld toeneemt, terwijl bij Tropical het maximaal aantal huidmondjes gevormd wordt bij de 500 ppm dosering, om vervolgens bij de 800 ppm af te nemen.

De CO_2 verzadiging voor fotosynthese lijkt op te treden rond de 900-1000 ppm, bij Midori, zie Figuur 19.). Mogelijk kan het gewas dus nor meer groei realiseren bij een CO_2 concentratie hoger dan 800 ppm.
Maar hieruit is niet te verklaren waarom bij Tropical de groeitoename bij 500 ppm praktisch gezien stopt, daar de CO_2 verzadiging bij Tropical niet eerder (bij een lager CO_2 niveau) lijkt op te treden als bij Midori. Wellicht is een deel van de verklaring,dat we er niet in geslaagd zijn een goede fotosynthese curve van Tropical uit de 800 ppm kas te produceren. De oorzaak was de bijzonder lage geleidbaarheid van de huidmondjes bij alle ondernomen pogingen, die duidde op deels gesloten huidmondjes.



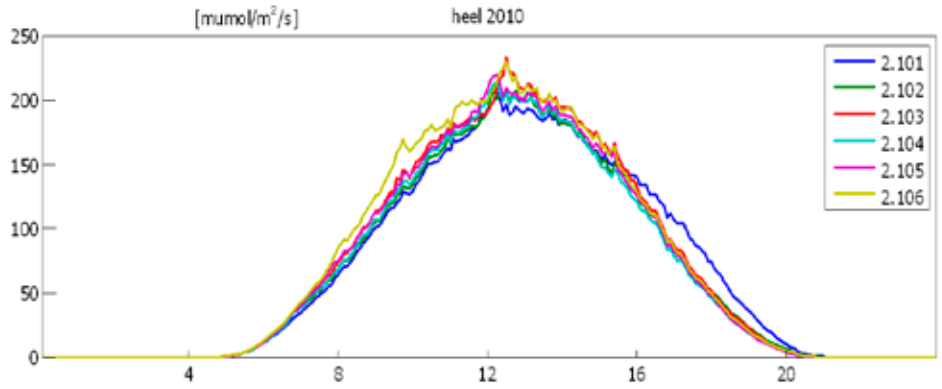
Figuur 31.: cumulatief aantal stelen Midori, zwart geen dosering, rood 500 ppm, groen 800 ppm.

Weinig voordeel van CO_2 dosering in het najaar.

De cumulatieve productie (Figuur 31.) laat zien dat de eerste productieverschillen al kort na de start van de proef zijn ontstaan, om een maximaal verschil in September te bereiken, waarna ze gestabiliseerd zijn. Het maximaal verschil tussen niet doseren en doseren tot 800 ppm bij Midori ten aanzien van het aantal geoogste stelen was 12% meer stelen bij 800 ppm. Dit verschil is vervolgens afgevlakt tot iets minder dan 10% meer stelen bij 800 ppm bij het einde van de proef. Dit duidt op momenten in het jaar waar de productiecapaciteit niet voldoende benut wordt. Uit de periode-analyse (welke periodes de verschillen wel en niet significant zijn) blijkt dit ook het geval te zijn: er zijn verschillende periodes in het jaar geweest waar weinig verschillen zijn ontstaan in productie en kwaliteit tussen doseerniveaus.

Een mogelijke verklaring is dat een andere essentiële factor dan CO_2 limiterend is voor de groei, bij voorbeeld water, temperatuur of licht, waardoor de volledige groeicapaciteit van het gewas onvoldoende benut wordt.

Met het lichtresponse curve (Figuur 18.) van Midori in gedachten, waaruit het blijkt dat het verschil in fotosynthese tussen 800 ppm CO_2 en buitenwaarde een sterkere rol speelt vanaf een licht niveau boven 200 µmol, is het aannemelijk dat in bepaalde maanden van het jaar het licht limiterend is voor de fotosynthese. Figuur 32. toont het cyclische gemiddelde aan PAR licht voor de verschillende proefkassen over het jaar 2011. Hierin is te zien dat gemiddeld over het jaar heen slechts ongeveer een uur per dag het licht boven de 200 µmol /m^2.s komt. Bijlage III laat deze cyclische gemiddelde waardes zien voor iedere kalendermaand. In Januari, Februari, November en December komt het licht NIET boven de 200 µmol; in Oktober en Maart is dat slechts een kleine 1,5 per dag geweest. Alléén in April, Mei, Juni en Juli kwam het licht gemiddeld langer dan 6 uur per dag boven de 200 µmol. Anthurium wordt sterk gekrijt en geschermd om lichtschade te voorkomen. Mogelijk is deze afscherming van licht groter in de proef geweest dan wenselijk voor een goede benutting van het aangeboden CO_2.



Figuur 32. Cyclisch gemiddeld PAR licht in de proefkassen over het jaar heen. Op de x-as de tijd op de dag.

De periodes waarop weinig verschil in oogst gemeten is komen niet direct overeen met de periodes waarop het licht te laag was. Dit is logisch gezien de groeicurve van Anthurium en de lange generatietijd (Slootweg en Ten Hoope, 2007). Uit eerder onderzoek (Slootweg *et al.* 2008) weten we dat er bij Anthurium een sterke na-ijl effect van behandelingen in een bepaalde periode kan ontstaan.
Geconcludeerd kan worden dat het licht limiterend was een groot gedeelte van het jaar voor het benutten van het potentiele rendement van het doseren van CO_2en met name direct na de zomer.
Deze gedachte lijkt te worden ondersteund door verschillende onderzoeken waarbij Anthurium geteeld zijn onder lichtrijke omstandigheden. Voorbeelden zijn het onderzoek "Stuurfactoren groei en ontwikkeling bij snij-Anthurium" uit 2008 (Slootweg *et al.*), waarbij Anthurium geteeld zijn bij daglichtsommen van 4, 7 en 12 Mol/dag (het gemiddelde daglichtsom in deze proef is tevens in Bijlage III weergegeven), het onderzoek "Fasesturing potanthurium" uit 2009 (García en Driever), en het onderzoek uit 2010 (van Noort) waarbij verschillende schaduwplanten (ook potanthurium) geteeld zijn onder hogere lichtniveaus dan gebruikelijk is in de praktijk. Ook in scherm onderzoek uit 1993 en 1994 (Durieux en Nijssen) is in de behandeling met de minste lichtafscherming de hoogste productie behaald.
Desondanks wordt in de praktijk zodanig afgeschermd en gekrijt dat het licht in de kas niet veel hoger dan 300-350 µmol PAR licht/m^2s op gewasniveau komt. In de praktijk wordt snel bladschade als gevolg van hogere lichtintensiteiten waargenomen. Mogelijk komt dit door de momentaan veel hogere pieken die kunnen worden geregistreerd vanaf het moment dat de afcherminsdrempelwaarde wordt overschreden tot het moment dat het scherm dicht is. Daarom wordt ervoor gekozen een lagere drempelwaarde in te stellen, waardoor de fotosynthese, zo blijkt, niet maximaal is.

Productieverhoging bij Midori te danken aan snellere bloemontwikkeling
Een andere vraag wat uit deze resultaten rijst is waar de productie verhoging in aantal stelen bij Midori aan te danken is. Bij de snij-Anthurium praktijk is er geen sprake van nieuwe vertakkingen omdat nieuw ontwikkelende stek met de potentie uit te groeien tot producerende planten handmatig wordt verwijderd. De meerproductie moet daarom te verklaren zijn uit twee factoren:
1- het uitblijven van bloemoverslag en bloemabortie
2- een versnelling van de bloemafsplitsing (de tijd in dagen tussen twee opeenvolgende bloemen) en/ of de bladafsplitsing (idem tussen twee opeenvolgende bladeren)

De bloemproductie kan in de winter worden beperkt door een tekort aan licht. Bloemabortie is in deze proef in de winter niet waargenomen; er is wel wat bloemuitval gezien in juni en juli bij Tropical, zie 3.2.1, maar die leek niet te worden veroorzaakt door lichtgebrek (de kas met de meeste uitval was niet de donkerste).
Bloemoverslag hebben we in dit onderzoek ook niet waargenomen. Overslag, dat wil zeggen, dat een plant twee bladeren achter elkaar maakt zonder een bloem ertussen, kan voorkomen bij gevoelige cultivars bij daglichtsommen onder de 3 Mol PAR per dag (pers. comm. IMAC).

De meerproductie in dit onderzoek moet dus veroorzaakt zijn door een versnelling van de bloemafsplitsingsnelheid. Als we het over het jaar bekijken, is de bloemafsplitsing snelheid niet significant beïnvloed door de CO_2 behandeling (Tabel 3.). Dit is in overeenkomst met de waarnemingen uit het onderzoek van Durieux en Nijssen (1997) met de rassen Tropical, Sonata en Fantasia (die ook geen verschil vonden in de snelheid van afsplitsing van het blad). Echter, een tussenstand begin september liet zien dat de gemiddelde bloemafsplitsing een aantal dagen sneller verliep bij de hoogste CO_2 dosering voor zowel Tropical als Midori, waarbij het verschil voor Tropical niet significant was.
In Mexicaans onderzoek (Valdez Aguilar, 1995) met Tropical is er niet gekeken naar de tijd tussen twee opeenvolgende bloemen of bladeren maar wel naar de groeisnelheid van bloemsteel, bladsteel en het schutblad. Ze vonden dat de stelen (bloem en bladsteel) groeiend aan planten onder 600 ppm CO_2 tot 22,5% sneller groeiden (in mm/dag) dan zonder CO_2 toevoeging, waardoor ze niet alleen enkele dagen eerder het punt van maximale groei bereikten, maar waardoor ze ook langer werden. Volgens Valdez Aguilar verklaarde deze groeiversnelling de meerproductie, want in dezelfde periode van tijd zouden meer bladeren, en derhalve meer bloemen (uit iedere bladoksel ontwikkelt zich een bloem) worden ontwikkeld. Interessant uit het Mexicaans onderzoek is de waarneming dat ook de groeisnelheid van het schutblad versneld werd door het doseren van CO_2, wat verklaart waarom de bloemen in gelijk aantal dagen gemiddeld breder worden.

De bladafsplitsingsnelheid is in ons onderzoek niet gemeten, omdat conform de huidige snijanthurium praktijk, wordt het jonge blad verwijderd op het moment dat het zichtbaar wordt (naar onderzoek van Dai en Paull, 1991). Deze praktijk leidt tot een algehele versnelling van de bloemafsplitsing van ca. 5 dagen, sterk variërend over het jaar en tussen cultivars (Slootweg *et al.*, 2008).

In ons onderzoek is de versnelling als gevolg van CO_2 dosering na september afgevlakt. Het is bekend dat bij afnemend licht de bloemafsplitsingsduur heel veel kan toenemen (Durieux en Nijssen, 1996; Van Telgen *et al.*, 2004, Slootweg *et al.* 2008). Deze toename wordt door een afname van de temperatuur versterkt, aangezien er ook een goede relatie is aangetoond (Durieux en Nijssen, 1996) tussen de ontwikkelduur en de teelttemperatuur. In ons onderzoek hebben we bovendien gezien dat niet alléén de generatieduur naar de winter toe toeneemt, maar ook wordt de spreiding tussen waarnemingen (planten) groter.

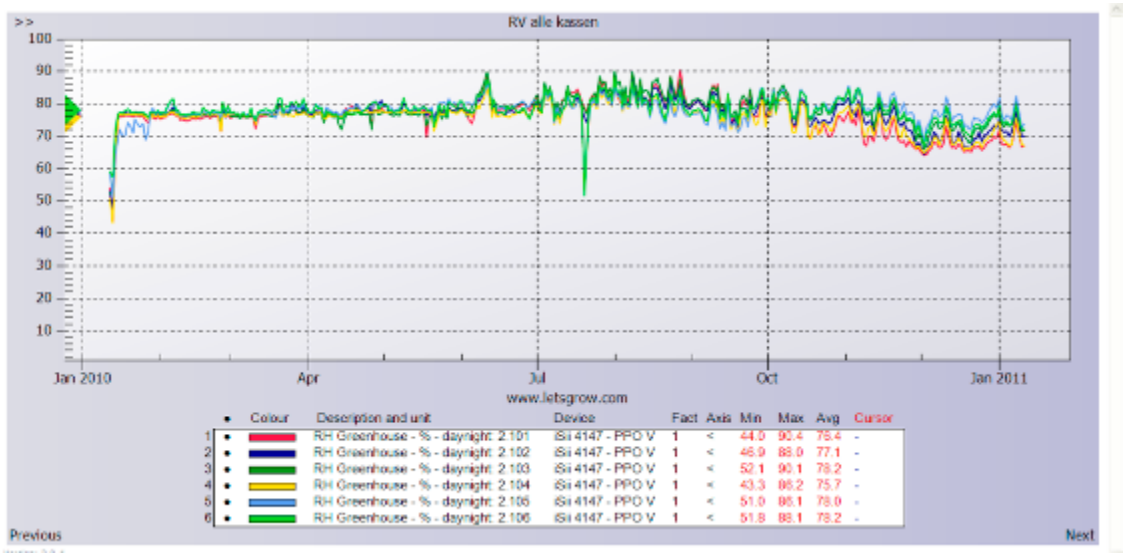
CO_2 dosering tot 800 ppm vergroot in het najaar de kans op blauwverkleuring en glazigheid
Een bedrijfsvergelijkingsonderzoek in de winter 2008/2009 (Warmenhoven en García) tussen 10 praktijkbedrijven toonde een goede relatie aan tussen vaak voorkomend hoge RV's (>80%) en het optreden van blauwverkleuring. Een zwakke relatie tussen veelvoorkomende hoge CO_2 waardes en blauwverkleuring, en de waarneming dat hoog CO_2 de effecten van hoge RV leek te versterken, was aanleiding om in dit onderzoek nogmaals aandacht hieraan te besteden.
Het resultaat is duidelijk en zorgelijk: het doseren van 800 ppm CO_2 vergroot de kans op glazigheid en blauwverkleuring. Bekeken over de behandelingen (Figuur 24.), verdubbelde in dit onderzoek het % blauw/glazige bloemen in de kassen met 800 ppm CO_2 dosering ten opzichte van de controle en de 500 ppm CO_2 dosering.

Het probleem deed zich niet voor in het eerste voorjaar, en het ergst voor in de tweede helft van september en oktober, samenvallend opnieuw met de sterke afname in lichtniveau in alle kassen.
Een belangrijke factor die het verschil tussen voorjaar en najaar kan verklaren is het breken van jong blad. Uit het genoemde blauwverkleuringsonderzoek is gebleken dat het breken van jong blad de kans op blauwverklering vergroot. Omdat dit onderzoek gestart is met een jong gewas, zijn we begonnen met jong blad breken in juli voor Tropical en in September voor Midori. Bij het beoordelen van de voorjaarsoogsten was van jong bladbreken nog geen sprake geweest

Een andere verklarende factor is de inmiddels bekende relatie met hoge RV. Figuur 33. toont het gemiddelde weekverloop van de RV voor alle betrokken afdelingen. In de figuur is te zien dat de RV tot en met juli grotendeels onder de 80% bleef, en zeer gelijk tussen de kassen. In juli en augustus zijn de wisselingen, nog wel voor alle kassen gelijk, tussen de 80 en 90%. Deze RV's half juli en augustus, boven 80% kunnen voor blauwverkleuring en vooral glazigheid hebben gezorgd in de oogsten van half en eind september (hoge RV in de 6 weken voor de oogstdatum). Vanaf september tot half november groeit het RV verschil tussen kassen maar zet een dalende trend in, met variaties tussen 72 en de 85%. Vanaf half oktober zijn de verschillen tussen kassen vrij groot (10%), maar de gemiddelde RV komt nauwelijks nog boven de 80%.

Deze ontstane verschillen tussen kassen, waarbij de kassen waar de meeste CO_2 werd gedoseerd consequent de hoogste RV's vertonen, zouden door een hogere gewasverdamping verklaard kunnen worden; een hogere verdamping kan het gevolg zijn van verschil in verdampend oppervlakte (blad): als het schutblad groter wordt als gevolg van het doseren van CO_2, is het aannemelijk dat ook het blad groter wordt in de hogere CO_2 doseringskassen. Maar de gemeten verschillen in bladoppervlak tussen planten uit de verschillende niveaus (Figuur 25.) zijn te klein om verschillen in verdamping te doen verwachten. Zoals we gezien hebben, hadden de Midori planten, aanwezig in alle kassen, meer huidmondjes in de kassen waar 800 ppm CO_2 heerste. Het aantal huidmondjes is een afweging tussen verdamping en CO_2 gehalte in het blad. Als de (veel) huidmondjes open staan, kan er veel CO_2 naar binnen, maar ook veel water naar buiten. Dit kan de in het najaar ontstane RV verschillen tussen kassen verklaren.

Helaas is er geen verdamping gemeten in deze proef. Valdez Aguilar heeft in zijn onderzoek in Mexico wel verdamping op 5 verschillende momenten gemeten. Met maar een uitzondering, op 4 van de 5 meetmomenten werd een significant hogere verdamping gemeten in de afdelingen met verhoogd CO_2 dan in de controle afdelingen (zonder CO_2), ondanks een gemeten vermindering in de huidmondjes geleidbaarheid (opening). Dit is tegenstrijdig met waarnemingen in vele andere gewassen, waar de huidmondjes opening en daardoor de verdamping geremd worden door hoog CO_2. Overigens werd in het Mexicaans onderzoek ook een hogere RV gemeten in de kassen waar CO_2 werd gedoseerd.



Figuur 33. Weekverloop RV in alle proefkassen gedurende de proefperiode.

Wat de verklaring van de hogere RV in de hoge CO_2 kassen ook is, is het versterkend effect van CO_2, op de effecten van hoge RV op blauwverkleuring en glazigheid nogmaals bevestigd in het najaar, als ook het licht afneemt. Fotosynthese metingen in de blauwverkleuringsproef tussen planten waar jong blad wordt gebroken en planten waar oud blad geoogst wordt suggereren een mogelijke ophoping van assimilaten in het schutblad door het wegnemen van "sinks". De met de lichtafname gepaarde groeivertraging kan ook voor een assimilaten overschot, die niet in groei kunnen worden omgezet en via het einige sink op dat moment, het schutblad worden afgevoerd. Deze opgeloste suikers doen de osmotische druk toenemen, en zorgen voor celbarsting. Wellicht is het daarom verstandig om vlak voordat het najaar begint, zeker in de periodes dat het als gevolg van hoge vochtgehaltes in de buitenlucht, het vocht minder beheersbaar blijkt, het doseren van CO_2 te onderbreken.
Een andere mogelijkheid om met dit eventuele assimilatenoverschot om te gaan is het niet verwijderen van het jongste blad eenmalig vlak na de zomer (b.v. augustus), Dit jonge blad kan een eventuele overschot aan assimilaten "verbruiken" voor de groei. In het geval van deze proef is juist in september gestart met het verwijderen van jong blad, de sink dus, waardoor mogelijk veel meer assimilaten naar het schutblad zijn gegaan.

De toepassing van nieuwe, technische ontwikkelingen die onderdeel maken van Het Nieuwe Telen bieden ook energiezuinige oplossingen voor beheersen van de RV tussen het gewas, en daarmee kunnen bijdragen aan het voorkomen van blauwkleuring en glazigheid. Bijvoorbeeld het gecontroleerd inlaten van tot kasluchttemperatuur opgewarmde buitenlucht. De investeringen die hiertoe nodig zijn kunnen grotendeels betaald worden uit energiebesparing (García Victoria, Labrie en De Zwart, 2010).

CO_2 dosering gekoppeld aan warmtevraag

Omdat in de proef continu CO_2 is gedoseerd, is op basis van dit onderzoek niet met zekerheid vast te stellen op welke momenten het doseren van CO_2 wel of geen zin heeft; het effect van afwisselend of onderbroken doseren is niet getoetst.

De variabele effecten op de productie per periode (mogelijk in relatie met limiterende lichtniveaus) en het waargenomen nadelig effect van hoog CO_2 in combinatie met hoge RV in het najaar suggereren dat optimalisatie van de doseerperiodes mogelijk is.

En in die zin lijkt het erop dat de huidige praktijk van CO_2 doseren gekoppeld aan de warmtevraag niet altijd naadloos aansluit op de momenten waarop het op een nuttige manier door het gewas lijkt gebruikt te kunnen worden voor het realiseren van meer groei. Warmtevraag is er minimaal van oktober tot april. Als we ervan uitgaan dat de productie en kwaliteit het resultaat zijn van acties 6 weken eerder, dan zou er nuttig gedoseerd kunnen worden van half november tot half juli, de dosering onderbreken (of verlagen) tussen augustus en half november in verband met een verhoogde kans op blauwverkleuring en glazigheid, mogelijk met een RV-invloed (indien RV >80%).
Doseren in het voorjaar, ook in warme dagen, heeft ook zin; wel zal er opgelet moeten worden dat het licht niet al te vaak limiterend is, waardoor het maximale rendement wat erin zit niet gehaald wordt, en dat het ingebrachte CO_2 niet direct de luchtramen uitgaat door overvloedige ventilatie: Tussen half juni en eind augustus is er per etmaal aanzienlijk meer CO_2 nodig om dezelfde kasluchtconcentratie te houden dan in de periode ervoor en erna (Figuur 6.).
Desondanks loont het, zoals het uit de economische evaluatie blijkt, om buiten de periode dat er ook warmtevraag is, te doseren, mits er een hogere prijs betaald wordt voor de bloemen met grotere diameters

In het vierde kwartaal, als er weer warmtevraag is, dus voldoende CO_2 beschikbaar, is het effect van CO_2 op de groei minimaal, waarschijnlijk kan het gewas weinig met het aangeboden CO_2 doen door de lage lichtniveaus.

6 Conclusies

Doseercapaciteit
De gewenste concentraties CO_2 in de kas (500 en 800 ppm) zijn bereikt met doseercapaciteiten van respectievelijk 75 en 150 kg/ha uur.
Gedurende het onderzoeksperiode van één jaar van januari tot januari zijn de gewenste CO_2 concentraties (< 400 ppm, 500 ppm en 800 ppm) goed gerealiseerd. Voor het bereiken van de 800 ppm concentratie in de kas was 16,7 kg CO_2 per m^2 nodig; voor het bereiken van de 500 ppm in de kaslucht waren er 5,6 kg OCAP CO_2 per m^2 voldoende. Dit was de helft van de als uitgangspunt genomen maximale doseercapaciteiten.

Effecten CO_2 op productie en kwaliteit
Er is een kwaliteitsverbetering bij beide cultivars gerealiseerd door het doseren van CO_2.
Het doseren van CO_2 tot heeft een positieve invloed op de kwaliteit van beide soorten. Dit uit zich in meer taklengte, meer versgewicht, meer drooggewicht, en een grotere gemiddelde bloemdiameter.

Bij Tropical is er een positief effect van het CO_2 op het gemiddeld takgewicht; deze neemt met de dosering toe, waardoor totale oogstgewicht ook toeneemt, met 4% bij de 500 ppm en met 13% bij de 800 ppm.
De effecten van doseren tot 500 ppm op bloemlengte en bloemdiameter zijn positief maar aanvullen tot 800 ppm leidt bij Tropical niet toe tot significant meer diameter of lengte.

Bij Midori is het effect van 500 ppm beperkt op de meeste kwaliteitseigenschappen. Het grote verschil wordt bij dit ras bij 800 ppm gemaakt.

Bij Midori zijn 10% meer bloemen geoogst in de behandelingen met 800 ppm CO_2 dan in de controle.
Deze productietoename is gerealiseerd in de periode tot september. In het vierde kwartal was het verschil in productie tussen behandelingen niet significant. De toegenome productie is te danken aan een snellere ontwikkeling van de bloemen (een kortere tijd tussen twee opeenvolgende bloemen) in de periode tot september.

De productie in aantal stelen is bij Tropical niet significant beinvloedt door het doseren van CO_2.
Dit komt overeen met eerdere in Nederlands onderzoek bereikte resultaten.
Bij beide soorten is het gerealiseerde effect van CO_2 op de productie lager dan op grond van fotosynthese metingen te verwachten. Mogelijk is door overmatige afscherming een groot deel van het jaar het lichtniveau limiterend voor maximale productie

Het CO_2 niveau in de kas heeft geen significante invloed op de lengte van de internodia.

CO_2 en blauwverkleuring/glazigheid
Hoog CO_2 in het najaar verhoogt de kans op blauwverkleuring en glazigheid
In het najaar was het percentage bloemen met blauwverkleuring en glazigheid in de kassen met 800 ppm bijna twee keer zo hoog als in de controle en de 500 ppm kassen.
Mogelijk houdt dit enerzijds verband met de iets hogere RV's geregistreerd in deze kassen, en anderzijds met een assimilatenoverschot als gevolg van afgenomen sinks (jong blad breken).
Onder gelijke omstandigheden is Tropical minder gevoelig voor blauwverkleuring gebleken dan Midori voor glazigheid.

CO_2 en warmtevraag

De resultaten suggereren dat optimalisatie (een betere afstemming tussen vraag en aanbod) in de CO_2 doseermomenten mogelijk is, maar dat het doseren gekoppeld aan de warmtevraag slechts aan een deel van de behoefte voldoet; vooral in de periode april tot juli zal onvoldoende CO_2 tot een afname in de productie en de kwaliteit leiden. In het vierde kwartaal is er wel warmtevraag, maar het gewas kan door de lage lichtniveaus er weinig doen met het aangeboden CO_2.

Rentabiliteit van het doseren

Met name door een betere prijsvorming van de grotere bloemdiameters is het doseren van CO_2 economisch interessant voor Tropical. Bij Midori heeft de bloemdiameter minder invloed op de prijs en is het netto resultaat zelfs negatief bij de behandeling met 500 ppm. Bij de 800 ppm behandeling geeft ook Midori een economisch positief resultaat.

7 Aanbevelingen

Op basis van de in hoofdstuk 6 opgesomde conclusies en de discussie is voor de onderzochte Anthuriumrassen het volgende aan te bevelen:

Bij Midori CO_2 doseren tot 800 ppm. Hiermee is zowel meer productie als een betere kwaliteit te bereiken, en bij een betere prijsvorming voor de grotere diameters is ook economisch voordeel te behalen.

Bij Tropical lijkt het voldoende om het CO_2 in de kaslucht aan te vullen tot 500 ppm. Door meer te doseren is het mogelijk om zwaardere bloemen te produceren, maar het aantal en de bloemdiameters (de waardebepalende factoren), nemen niet verder toe. Een uitzondering is het derde kwartaal, waar doseren tot 800 ppm wel tot grotere bloemdiameters leidt.

Bij gemengde teelt doseren tot 800 ppm. Economisch gezien is er bij Tropical zowel 500 als 800 ppm voordeel te behalen, terwijl bij Midori 500 ppm niet interessant is. Voorwaarde is wel een betere prijsvorming voor de grotere bloemdiameters

Bij beide soorten is het positief effect van CO_2 mogelijk te vergroten door meer licht toe te laten dan nu gebruikelijk is. Bij Midori, een soort die van warmte houdt, zou iets meer temperatuur dan in de proef (etmaal gekozen die ook voor Tropical geschikt was), mogelijk het positief effect verder vergroot hebben.

CO_2 doseren ook nuttig in de periode zonder warmtevraag, omdat dit een periode is met veel licht. Hiertoe is OCAP de meest voordelige CO_2-bron. Indien de warmte nuttig kan worden gebruikt is het doseren vanuit de verwarmingsketel interessanter dan OCAP.

Vanwege een verhoogde kans op glazigheid in het najaar kan het nuttig zijn, zeker wanneer het moeilijk is om het vocht te beheersen, om een lagere CO_2 dosering aan te houden eind juli en augustus.

Suggesties voor vervolg onderzoek
Vervolg onderzoek zou zich moeten richten op optimalisatie van de dosering op de gewasbehoefte.
Het beheersen van de RV tussen het gewas in het najaar met behulp van technieken uit Het Nieuwe Telen, zoals buitenluchtaanzuiging is ook een goed onderwerp voor vervolgonderzoek. Mogelijk zijn hiermee de problemen met glazigheid te beperken.

8 Referenties

Dai J. and R.E. Paull 1990

The role of leaf development on Anthurium flower growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(6): 901-905.

Durieux, A., Nijssen, H.M.C., Van Mourik, N.M., 1997

Invloed van klimaatfactoren op productie en fotosynthese bij snijanthurium. PBG rapport 82.

García Victoria, N., 2009

Effect CO_2 doseren bij Anthurium, een literatuurstudie. Wageningen UR Glastuinbouw. Nota 641

García Victoria, N., De Zwart, F., Labrie, C.

Het Nieuwe Telen Anthurium. Ontwerpen en doorrekenen van een energiezuinig teeltconcept .
Wageningen UR Glastuinbouw. Rapport GTB-1056

Klapwijk D. and H.J.H van der Spek, 1988

Development rate, flower growth and production of Anthurium. Neth. J. Agr. Sci. 36, 219-224.

Slootweg G., N. García en M. ten Hoope, 2006

Sorteren Anthurium t.b.v. mobiele teelt. Rapport PPO Glastuinbouw 3241303400.

Telgen H.J. van, J. van der Hulst, 2003

Bevordering winterbloei potanthurium. Intern verslag PPO Glastuinbouw

Warmenhoven, M. en García, N., 2009

Onderzoek naar de oorzaak van blauwverkleuring en glazigheid bij Anthurium.
Wageningen UR Glastuinbouw. Nota 639

Bijlage I Proefplattegrond

Proefplattegrond

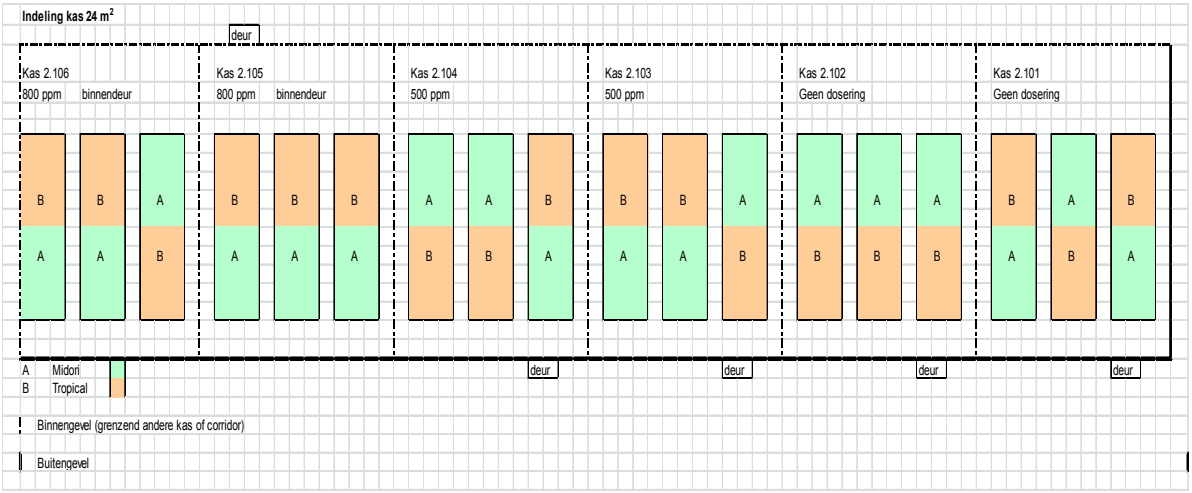


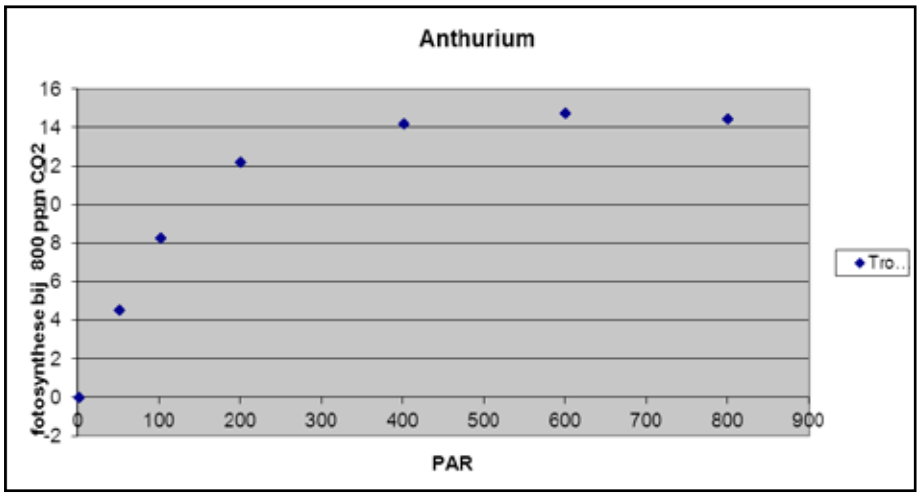
Foto I.1: Naast elkaar grenzende kassen aan het begin van de proef.



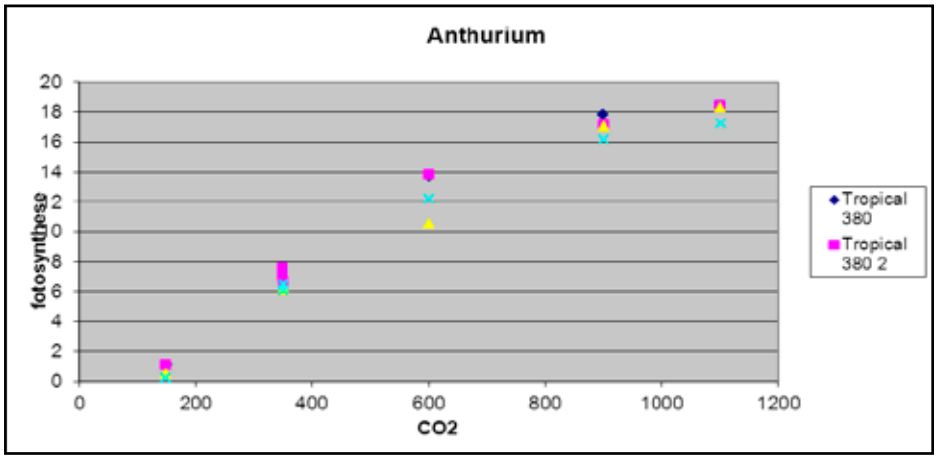
Foto I.2: Gewas verdeling binnen een kas op de drie tafels.



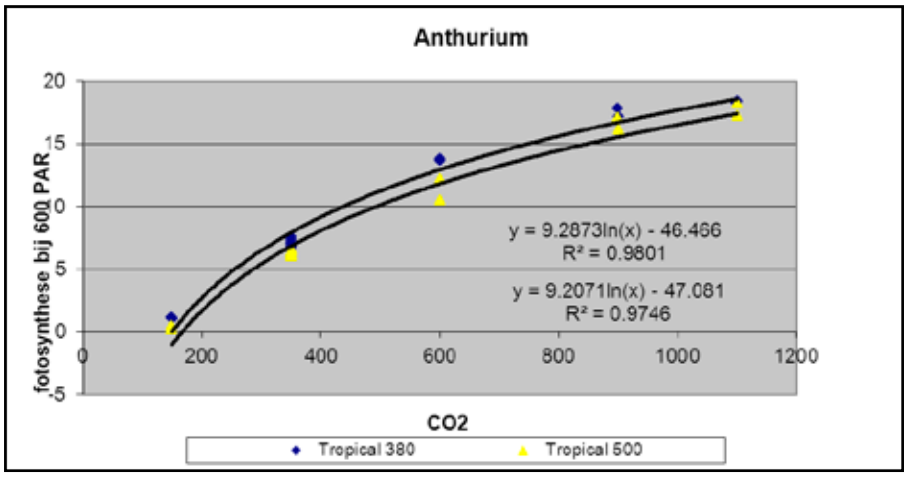
Bijlage II Fotosynthese metingen Tropical



Licht respons curve 'Tropical augustus.

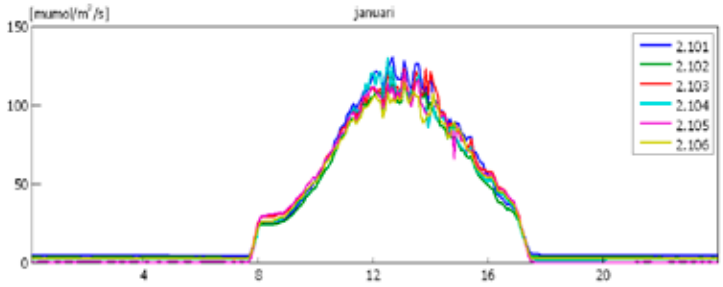


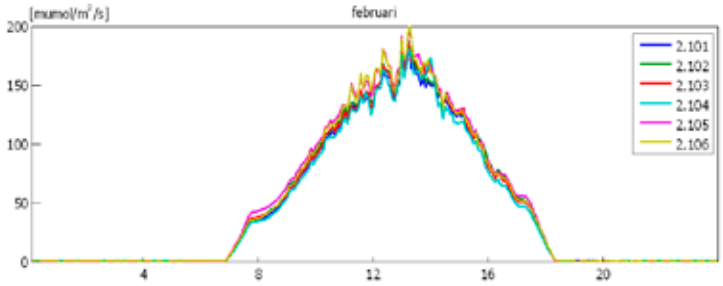
CO_2 respons curve 2 planten 'Tropical' uit een kas augustus.

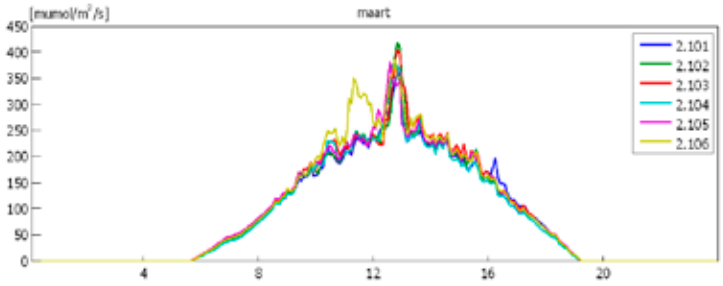


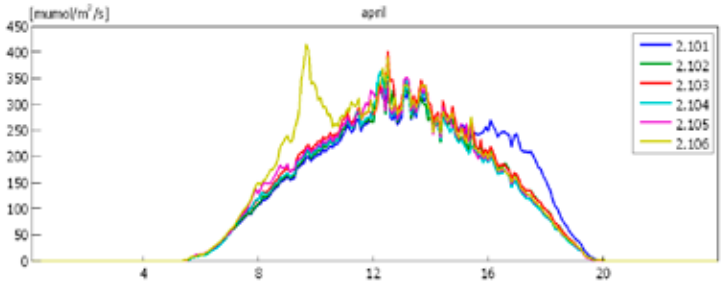
CO_2 respons curve 2 planten uit 380 ppm kas en 2 planten uit 500 ppm kas augustus.

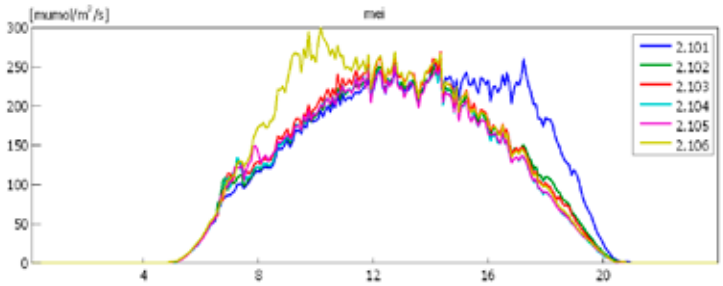
Bijlage III Cyclische gemiddeldes PAR licht in de kas per kalendermaand.

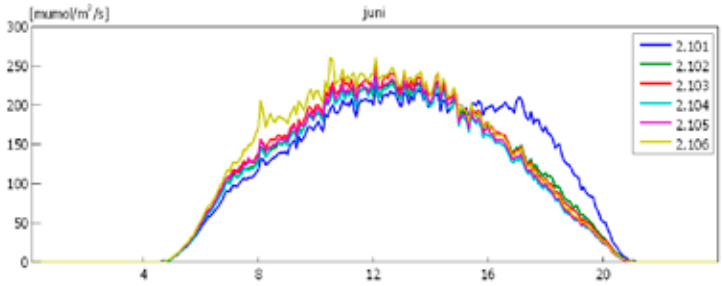


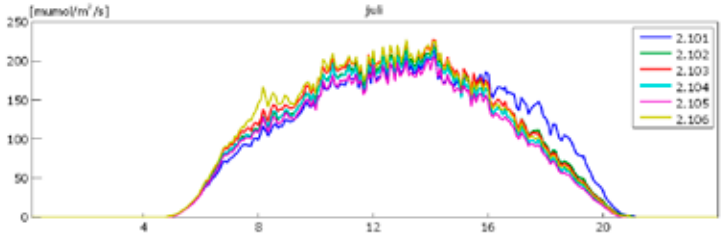


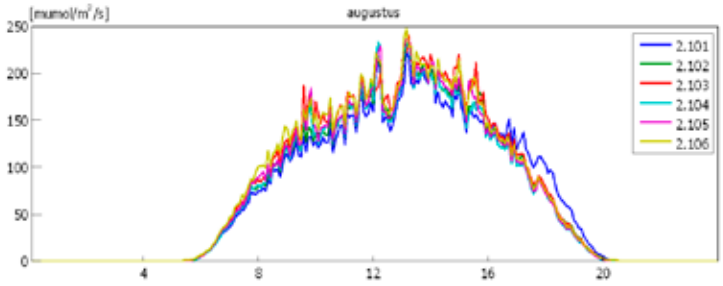


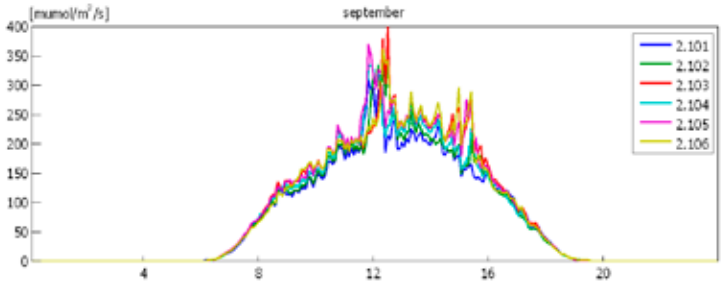


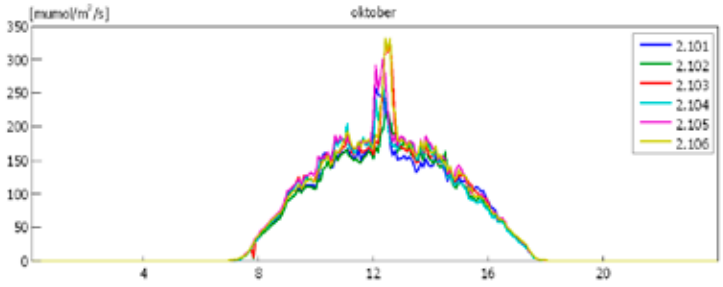


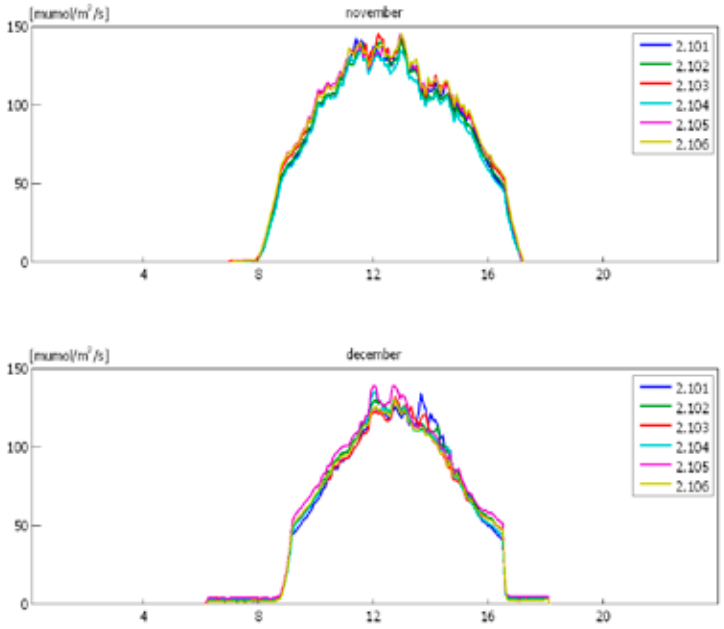

[mumol/m²/s]
juni
2.101
2.102
2.103
2.104
2.105
2.106


[mumol/m²/s]
juli
2.101
2.102
2.103
2.104
2.105
2.106


[mumol/m²/s]
augustus
2.101
2.102
2.103
2.104
2.105
2.106


[mumol/m²/s]
september
2.101
2.102
2.103
2.104
2.105
2.106


[mumol/m²/s]
oktober
2.101
2.102
2.103
2.104
2.105
2.106



PAR licht som gedurende het jaar heen in de verschillende proefkassen.

