



# Effect van CO<sub>2</sub> op groei en bloei van chrysanthe, *Dendranthema grandiflorum*.

Literatuurstudie

Auteur M.H. Esmeijer

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

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

Dit project is gefinancierd door:

Productschap Tuinbouw  
Louis Pasteurlaan 6  
Postbus 280  
2700 AG Zoetermeer



Projectnummer: 41616008  
PT-nummer: 11649

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk  
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk  
Tel. : 0174 - 63 67 00  
Fax : 0174 - 63 68 35  
E-mail : [infoglastuinbouw.ppo@wur.nl](mailto:infoglastuinbouw.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

1	INLEIDING .....	4
2	DE GROEI VAN CHRYSANT .....	5
3	POSITIEVE EFFECTEN VAN CO <sub>2</sub> DOSERING.....	7
3.1	Effecten op de groei .....	7
3.2	Effecten op de houdbaarheid .....	8
3.3	Optimale dosering. ....	9
4	NEGATIEVE ASPECTEN VAN CO <sub>2</sub> DOSERING.....	10
4.1	Te hoge dosering .....	10
4.1.1	Adaptatieverschijnselen aan hoog CO <sub>2</sub> .....	11
4.2	Schadelijke effecten van andere componenten.....	11
4.2.1	NO <sub>x</sub> en Ozon .....	11
4.2.2	SO <sub>2</sub> .....	11
4.2.3	Ethyleen.....	12
5	ACHTERGRONDEN.....	13
5.1	Interactie met licht .....	13
5.2	Effect op fotosynthese .....	13
5.3	CO <sub>2</sub> effect op de verdamping en de huidmondjes .....	14
5.4	Effecten op voedingselementen .....	15
6	TEELTMAATREGELEN .....	17
6.1	Doseerstrategie.....	17
6.2	Techniek doseren .....	18
6.2.1	Verdeling over de ruimte .....	18
6.2.2	Doseergas .....	18
7	SAMENVATTING.....	20
8	LITERATUUR.....	21
	BIJLAGE 1. EFFECT VAN KASKLIMAATFACTOREN OP DE GROEI VAN CHRYSANT.....	27
	BIJLAGE 2. GEBRUIKTE AFKORTINGEN.....	29

# 1 Inleiding

Al een aantal jaren was het effect van het toepassen van CO<sub>2</sub> op chrysant een terugkerende onderzoeksvraag. De groeibevorderende werking werd onderschreven, maar er kwamen signalen dat CO<sub>2</sub> dosering zou kunnen leiden tot bladmisvormingen en bloeivertragingen. De signalen waren echter niet eenduidig en onder deze vraag bleek een vraag te liggen naar wat CO<sub>2</sub> nu precies bij chrysant doet. Het toedienen van CO<sub>2</sub> staat al jaren in wisselende belangstelling bij veel teelten. Over de hoofdlijnen is veel bekend, deze zijn gepubliceerd in ondermeer de PPO-brochures 'CO<sub>2</sub> in de glastuinbouw' (1) en 'Invloed van CO<sub>2</sub> op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen' (2). De CO<sub>2</sub> brochure is echter niet specifiek op chrysant gericht. Momenteel zijn nieuwe ontwikkelingen gaande rond alternatieve CO<sub>2</sub> bronnen, en staat het nut hiervan ter discussie. Dit waren de redenen om uitgebreid in de literatuur te zoeken naar wat er in de loop van bijna 50 jaar is onderzocht op het gebied van CO<sub>2</sub> bij chrysant.

In de zestiger jaren van de vorige eeuw is begonnen met het onderzoek naar het effect van CO<sub>2</sub> toediening op de groei en ontwikkeling van chrysant, met een piek begin van de jaren tachtig, toen met name in Noorwegen door Mortensen en consorten veel onderzoek werd uitgevoerd. Onderzoek is uitgevoerd op zowel gewone chrysanten, als potchrysanten en zelfs op eetbare chrysanten. Oude onderzoeken hebben betrekking op een ander type plant dan de hedendaagse perskluit teelten. Daar is nog sprake van het aanhouden van meerdere bloemtakken op één plant. De invloed van CO<sub>2</sub> op dit aspect is voor de teelten van vandaag niet van belang.

In het nu voor u liggende verslag zijn de gegevens overzichtelijk ingedeeld. In hoofdstuk 2 wordt, als basis, ingegaan op de groei van chrysant. In hoofdstuk 3 worden de positieve aspecten van CO<sub>2</sub> op chrysant beschreven, in hoofdstuk 4 de negatieve. Hoofdstuk 5 is gewijd aan achtergrond informatie en verdere verdieping van de bevindingen in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 6 gaat tenslotte in op de vertaling naar de teelt.

## 2 De groei van chrysant

De teelt van bloeiende chrysant wordt in twee perioden opgedeeld, waarin de plant ook anders reageert op klimaatomstandigheden. Dit zijn de periode van vegetatieve groei en van generatieve groei. Daarnaast is er de teelt van stek en moederplanten met een zo lang mogelijke vegetatieve groei.

De plant groeit vegetatief onder invloed van lange dag (LD). Korte dag (KD) induceert de aanleg van bloemknoppen. Bloemknoppen kunnen ook aangelegd worden onder lange dag, maar pas nadat een bepaald aantal bladeren is aangelegd, het Long-Day-Leaf-Number (LDLN). De plant stopt met 'groeien' als de eindknop generatief wordt.

Voor de totale groei is het van belang hoeveel internodiën de plant heeft, want dit is bepalend voor de uiteindelijke lengte, en verder hoeveel bladeren, zijscheuten en bloemen de plant kan vormen. Nieuwe internodiën worden gevormd totdat de knopaanleg start, dus vooral in LD fase. De bladaanleg stopt zodra de bloemknop geïnduceerd is. In tabel 1 is een overzicht opgenomen van de voor de groei belangrijke aspecten van de plant met de periode waarin dit gebeurt.

Tabel 1 Overzicht van de verschillende groei aspecten en de periode waarin dit plaats heeft.

Wat	LD	KD	Tussenlicht/ nachtonderbreking na bloei- inductie hoofdknop
Internodium vorming	Ja	Nee, stopt bij bloei-inductie op hoofdsteel	Op zijscheuten
Internodium lengte groei = strekkingsgroei	Ja	Ja, maar groei is minder dan onder LD	lengte zijscheuten neemt toe.
Bladaanleg. (Hangt samen met internodium aanleg)	Ja	Nee, stopt bij bloei-inductie op hoofdsteel.	bladeren worden aangelegd op zijscheuten.
Bladgroei	Ja		
Bloei inductie	Nee tenzij LDLN is bereikt. (=Long Day Leaf Number)	Ja, lengte KD cultivar afhankelijk. Bloei-inductie bij langere KD dan bloemontwikkeling	
Bloemontwikkeling	Nee	Ja	
Zijnscheutvorming	Nee	Ja, Treedt pas op na aanleg eindknop.	

Een groot aantal factoren is van belang voor de groei en de kwaliteit van de plant. In tabel 2 zijn deze opgenomen. De tabel is gebaseerd op Carvalho en Heuvelink (3) en Carvalho (4).

In de tabel 2 worden verschillende manieren van reactie genoemd. Een positieve reactie betekent dat bij stijging van de factor ook de groei van het genoemde plantendeel toeneemt en omgekeerd. Bijvoorbeeld bij toenemende temperatuur neemt ook het aantal gevormde internodiën toe, en bij temperatuurdaling neemt het aantal gevormde internodiën af. Een negatieve reactie betekent dat bij stijging van de factor de plantengroei juist afneemt en omgekeerd met daling van de factor neemt de groei van het genoemde plantendeel toe. Met toenemende plantdichtheid worden bijvoorbeeld minder bladeren gevormd. Een vraagteken betekent dat onvoldoende bekend is van de invloed op de groei of dat de bevindingen tegenstrijdig zijn.

In de bijlage staat deze tabel gesorteerd op kasklimaatfactor.

Tabel 2 De invloed van de verschillende teelfactoren op de groei en ontwikkeling van chrysanth.

Groei aspect	Factor	Reactie
Internodium vorming	Temperatuur	Positief vooral dagtemperatuur
	Licht	?
	RV	?
Internodiumlengte groei	Temperatuur	Positief vooral dagtemperatuur Effect sterker bij KD
	Negatieve DIF of DROP	Hoe groter het verschil des te sterker de remming Remming sterker tijdens KD
	Licht	Positief
	Lichtkwaliteit	Verrood en blauw licht negatief Effect sterker bij minder licht
	RV	Positief, maar pas na 4 weken en drooggewicht neemt niet toe. De plant wordt 'slapper'
Bladaanleg	Temperatuur	Positief, maar hangt samen met tijd tot bloei-inductie
	Licht	Positief bij alleen LD. Negatief bij KD
	Lichtkwaliteit	Kleine afname onder blauw licht
	RV	Heel gering positief
	Plantdichtheid	Negatief
Bladkwaliteit	Licht	Veel licht dikker blad
	lichtkwaliteit	Afname bladoppervlak als veel blauw licht bij weinig licht. Relatief meer droge stof naar bladeren.
	RV	Hogere RV geeft toename bladoppervlak. drooggewicht verandert niet, droge stof percentage neemt af.
	plantdichtheid	Negatief op oppervlakte en bladdikte
Bloei inductie	Temperatuur, mn gemiddelde dag temperatuur	Optimum cultivar afhankelijk Te koud: te vroege inductie Te warm: uitstel inductie
	licht	Positief
Bloeisnelheid (van inductie tot bloei)	Temperatuur, mn gemiddelde dag temperatuur	Optimum cultivar afhankelijk; ca 18 °C Daarbuiten duurt het langer.
	Nachttemperatuur (NT)	Lage NT tijdens KD vertraagt, vaak alleen in begin KD of tijdens laatste uren nacht reactie cultivar afhankelijk
	Licht	Positief; veel licht kan negatief effect suboptimale temperatuur deels compenseren. Wel lichtcompensatie (aanvullend licht alleen zinvol bij weinig licht)
	RV	?
Bloemkwaliteit (gewicht, grootte, aantal)	Temperatuur	Optimum cultivar afhankelijk, hoger dan voor inductie Daarbuiten afname.
	nachttemp	Cultivar afhankelijk; als vertraging vaak betere kwaliteit (zwaarder, groter, meer)
	licht	Positief zeker op aantal
	lichtkwaliteit	Negatief; kan tegen de bloei ook een betere bloemkleur geven
	RV	Positief; meer scheuten en bloemknoppen

Gebaseerd op Carvalho en Heuvelink (2001) .

## 3 Positieve effecten van CO<sub>2</sub> dosering

Van CO<sub>2</sub> is bekend dat het vrijwel altijd en overal groeibevorderend werkt. Dit kan op verschillende manieren. De toename kan zitten in dikker worden, groter worden (van zowel lengte als bladoppervlak) en het vormen van meer groeipunten. Uit tabel 1 blijkt dat de aanleg van internodiën en blad stopt na bloei – inductie. Dit betekent dat CO<sub>2</sub> in de KD hier geen effect meer op kan hebben, behalve op de tijdens het onderbreken aangelegde zijscheuten. Het toedienen van CO<sub>2</sub> bij chrysanth bevordert de groei in de meeste onderzoeken. In het onderstaande is de informatie van een groot aantal onderzoeken verwerkt.

### 3.1 Effecten op de groei

Een van de bekendste effecten van een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie is de toename van de totale hoeveelheid droge stof. Dit komt omdat de plant meer assimilaten aan kan maken. De hoeveelheid droge stof neemt ook bij chrysanth sterk toe. De toename varieert van 15 tot 75 %. De toename is meestal groter tijdens de KD dan tijdens de LD. Naast het drooggewicht neemt ook het versgewicht toe. De relatieve toename in versgewicht is altijd kleiner dan van het drooggewicht, waardoor het droge stof percentage ook stijgt. De toename van het droge stof percentage bedraagt tenminste 4 %. Dit betekent dat de planten niet alleen zwaarder maar ook steviger worden dankzij CO<sub>2</sub> dosering.

De extra groei uit zich op verschillende manieren.

1. De stengellengte neemt met 7-15 % toe in de herfst en de winter. Tijdens de LD in voorjaars- en zomerplantingen neemt de lengte niet toe, maar wel in de KD.
2. Het aantal en de kwaliteit van de zijscheuten nemen toe. Ook in de teelt van moederplanten is dit effect gevonden. Bij doseringen tot 1200 ppm neemt het aantal stek zowel als het versgewicht van het stek toe. Bij potchrysanthen verschilt de reactie tussen de verschillende cultivars. De sneller groeiende soorten reageren sterker op het toedienen van CO<sub>2</sub>. De cultivars reageren eveneens verschillend op licht en temperatuur. Meer stek houdt in dat het aantal en de kwaliteit van de zijscheuten is toegenomen, wat overeenkomt met de bevindingen in de teelt van snij- en potchrysanthen.
3. Het aantal bladeren neemt licht toe met 0-11 %. Het totale bladoppervlak neemt toe. In een enkel geval worden de bladeren dikker en zwaarder. De effecten op aantal bladeren en bladoppervlak komen vooral doordat meer zijstengels gevormd worden en niet door toename van het aantal internodiën op de hoofdstengel.
4. Het aantal bloemen neemt meestal toe, tot zelfs 40 % meer, waardoor ook het totale bloemgewicht stijgt. Niet iedere cultivar reageert op dezelfde manier. Bij sommige cultivars, zoals 'Dark Flamenco', blijft het aantal bloemen gelijk. Ook de kwaliteit en soms de kleur van de bloemen verbetert. De bloemen worden niet groter. Chrysanth blijkt ook in onderzoek naar andere teeltfactoren eerder het aantal aangelegde bloemen aan te passen aan veranderde groeiomstandigheden dan de bloemgrootte. Oud onderzoek meldt ook een toename in het aantal veilbare takken.
5. Tijdens de LD verandert de droge stofverdeling niet. In een volledige teelt wel. Tijdens de KD gaan relatief meer assimilaten naar de stengel. Dit komt overeen met de bevindingen dat de lengte in voorjaars- en zomerteelten alleen tijdens de KD toeneemt.
6. In de LD wordt de groei versneld.

7. De effecten op bloeisnelheid van chrysanten zijn divers. Bij gebruik van zuiver CO<sub>2</sub> wordt meestal geen effect gevonden. In de winter wordt de bloei in onbelichte teelten met 1 á 2 dagen versneld als CO<sub>2</sub> gedoseerd wordt tot 1000 ppm, in de rest van het jaar is er geen effect op bloeisnelheid. Eenmaal wordt in een herfstteelt nog melding gemaakt van een snellere bloei bij één van de drie geteste cultivars. Cultivar 'Cassa' bloeide 1,5 dag eerder en had veel meer bloemen en knoppen bij continu 900 ppm dan bij continu 335 ppm. Tijdens de periode december-februari werd in onbelichte teelten van potchrysanten een bloeiversnelling tot 7 dagen eerder gevonden. In de overige maanden werd geen effect op bloeisnelheid van potchrysant gevonden. Een onderzoek uit 1975 meldt dat slechts met aanvullend licht het bloeitijdstip en de kwaliteit te sturen is en dat alleen CO<sub>2</sub> daar geen invloed op heeft. Zuurstofarme omstandigheden geven wel bloeivertraging.
8. Het worteldrooggewicht neemt toe bij hoog CO<sub>2</sub> evenals de wortel/spruit verhouding. De CO<sub>2</sub> concentratie blijkt geen tot slechts een heel gering positief effect te hebben op de bewortelingsnelheid of groeisnelheid van stek.

### *Conclusie*

Zowel vegetatieve als generatieve groei worden bevorderd door CO<sub>2</sub>. Seizoenseffecten spelen een duidelijke rol. Over het algemeen zijn de effecten sterker in herfst en winterteelten dan in voorjaars- en zomer teelten. Dit komt door een interactie tussen CO<sub>2</sub> en licht, zie hiertoe ook 5.1. In perioden met weinig licht lijkt CO<sub>2</sub> het gebrek aan licht deels te kunnen compenseren. Daarnaast treden raseffecten op. Er is altijd wel sprake van een positief effect maar de mate waarin lijkt ook bepaald te worden door het gebruikte ras.

Gebaseerd op:

2, 4, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 31, 33, 35, 37, 38, 42, 49, 58, 63, 64, 70, 82

Geteste cultivars:

Chrysanthemum morifolium cv 'Bright Golden Anne'; cv 'Cassa'; cv 'Dark Flamenco'; cv 'Dramatic'; cv 'Elegance'; cv 'Fiesta'; cv 'Goldy'; cv 'Horim'; cv 'Indianapolis'; cv 'Lupo' (een santini type); cv 'Reagan improved'; cv 'Refour'; cv 'Shasta'; cv 'Sulfur Westland'; cv 'White Indianapolis'; cv 'White Honim'; cv 'White Pot'; cv 'White Spider'; cv 'Yellow Delaware'; cv 'Yellow Shasta'

Chrysanthemum indicum cv 'Triumph'

Dendranthema grandiflorum cv 'Coral Charm'; cv 'Shuhonochikara'

## 3.2 Effecten op de houdbaarheid

De houdbaarheid van zowel pot als snijchrysant wordt beter als de planten opgroeien met meer CO<sub>2</sub>. Het vaasleven wordt met 3 tot vier dagen verlengd. Een groot praktijkonderzoek op 15 bedrijven in 2004 met potchrysant toonde aan dat de houdbaarheid verbetert als de planten bij een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie geteeld worden. De betere houdbaarheid wordt in dit onderzoek toegeschreven aan de afname van de (N+K)/Ca verhouding en aan de toename zetmeel en suiker in blad, zie ook hoofdstuk 5.

Gebaseerd op: 15, 21, 22, 24

Geteste cultivars:

Chrysanthemum morifolium cv onbekend.

Dendranthema grandiflorum cv 'Shuhonochikara'



### 3.3 Optimale dosering

Ten opzichte van de buitenwaarde neemt de groei in de vegetatieve fase toe met toenemende CO<sub>2</sub> – concentratie tot circa 1000 ppm. Hogere doseringen, tot 1600 à 2000 ppm geven geen extra groei tijdens de vegetatieve fase. De grens voor dosering ligt tijdens de lange dag op circa 1000 ppm.

Tijdens de korte dag verbetert de groei tot doseringen van circa 1500 ppm. Dosereren tot 2000 of 3000 ppm gedurende de teelt geeft het zelfde resultaat als doseren van 1000 ppm. Het lijkt erop dat 1500 ppm het optimum is bij de korte dag, en dat daarboven de groei weer afneemt.

Bij potchrysanten neemt het effect van CO<sub>2</sub> boven de 1500 ppm niet meer toe.

Bij de teelt van moerplanten neemt bij doseringen tot 1200 ppm het aantal stek zowel als het versgewicht van het stek toe. Een nog hogere dosering geeft minder stek dan 1200 ppm maar met een hoger versgewicht en nog altijd meer stek dan bij 800 ppm. Bij potchrysantenmoerplanten verschilt de reactie tussen de verschillende cultivars. De sneller groeiende soorten reageren sterker op het toedienen van CO<sub>2</sub>. Bij sommige cultivars stopt het effect bij 1000 ppm, bij andere neemt de stekproductie toe tot 2000 ppm. De gebruikte cultivars reageren eveneens verschillend op licht en temperatuur.

Voor stekproductie ligt het optimum globaal tussen 1200 en 1400 ppm. Bij deze concentratie wordt meer stek geoogst.

Gebaseerd op: 6, 7, 14, 15, 30, 33, 34, 35, 37, 70

Geteste cultivars:

*Chrysanthemum morifolium* cv 'Bright Golden Anne'; cv 'Dramatic'; cv 'Golden Princess Anne' ; cv 'Horim'

*Chrysanthemum indicum* 'Trumpf'.

*Dendranthema grandiflorum* cv 'Shuhonochikara'

## 4 Negatieve aspecten van CO<sub>2</sub> dosering

Bij gebruik van kachels kon in het verleden in praktijkkassen de CO<sub>2</sub> concentratie regelmatig oplopen tot 3 à 4000 ppm CO<sub>2</sub>. Soms werd hierbij schade gemeld. CO<sub>2</sub> dosering kan op verschillende manieren negatief uitwerken. Een te hoge dosering van CO<sub>2</sub> kan zelf schadelijk zijn of tot ongewenste aanpassingen van de plant leiden. Bij gebruik van onzuivere CO<sub>2</sub>, bijvoorbeeld verkregen uit rookgas, kunnen verontreinigingen voor problemen zorgen.

### 4.1 Te hoge dosering

In Engeland zijn in de zestiger jaren van de vorige eeuw experimenten tot 3000 ppm zuivere CO<sub>2</sub> uitgevoerd. De planten ondervonden hier geen schade van. Begin jaren zeventig werd in Noorwegen in potchrysanthen wel een negatief effect gevonden bij doseringen tot 4500 ppm. Vier CO<sub>2</sub> concentraties werden in combinatie met diverse lichtniveaus en teelttemperaturen getest op drie verschillende potplantencultivars. Opmerkelijk was dat de plantgrootte bij een enkele cultivar af nam bij oplopende CO<sub>2</sub> -concentraties van 300 – 1500 -3000 -4500. Dit effect was niet bij alle cultivars gelijk. Bij alle cultivars ontstonden bladverkleuringen. Grote delen van het blad werden geel, later chlorotisch. Uiteindelijk ontstonden zelfs bruine afgestorven plekken op het blad. In een enkel geval was ook de bladrand afwijkend. De bladschade kwam niet voor bij de laagste lichtintensiteit van 3500 lux/m<sup>2</sup>, zelfs niet bij de hoogste CO<sub>2</sub> -dosering. Pas bij de hogere lichtintensiteiten van 7000, 10500 en 14000 lux ontstond schade bij de CO<sub>2</sub> doseringen van 3000 en 4500 ppm. Bij de teelttemperatuur van 21 °C tegenover 18 °C ontstond meer schade aan de bladeren. Er was een duidelijke tendens dat naarmate temperatuur, licht, en CO<sub>2</sub> concentratie toenamen de schade erger werd. Deze bladschade werd dus niet alleen door CO<sub>2</sub> dosering veroorzaakt; hoge lichtintensiteiten en vooral een hogere teelttemperatuur speelden een belangrijke rol. In geen enkel ander onderzoek met zuiver CO<sub>2</sub> worden verder negatieve effecten op de groei genoemd. In Duitsland werden begin jaren zeventig planten op strobalen en een CO<sub>2</sub>-concentratie ver boven de 3000 ppm vergeleken met planten in de grond en een normale CO<sub>2</sub> concentratie. De laatsten bleken over het algemeen robuster, met name wanneer de plantdichtheid toenam.

De in Noorwegen gevonden bladschade vertoonde veel overeenkomsten met de bladschade gevonden door Woltz (40, 41). Woltz heeft het effect van verschillende hoeveelheden licht op chrysanth getest. Woltz vond bij 19 verschillende cultivars, zowel tros als geplozen chrysanth, op het blad gele vlekken, bronsverkleuringen, necrose, gekrulde bladranden en het dikker worden van het blad. De bladmisvormingen bleken gerelateerd aan hoge gehalten van fotosynthese producten; suikers, glucose en zetmeel. Een overmaat aan carbohydraten, met name zetmeel, veroorzaakte de schade. Het lijkt dus waarschijnlijk dat de bladmisvormingen het gevolg waren van een teveel aan assimilaten, wat verklaart waarom ze alleen bij groeibevorderende omstandigheden optraden (veel licht, veel CO<sub>2</sub> en een hoge temperatuur). Dergelijke effecten zijn ook bij andere gewassen gevonden. Bij tomaat kan in de zomer kort blad optreden. De bladeren worden dan korter en dikker. Een hoge CO<sub>2</sub> -concentratie bevordert het optreden van kort blad, vooral als de vruchtzetting achter blijft. Een overmaat aan assimilaten lijkt dit te veroorzaken, maar ook gebrek aan bepaalde elementen, met name Calcium zouden een rol kunnen spelen. Oudere tomatenbladeren kunnen omkrullen als er teveel zetmeel in de bladeren zit. Dit komt ondermeer voor bij hoge CO<sub>2</sub>-concentraties, maar ook onder invloed van veel licht. Hoge CO<sub>2</sub>-concentraties kunnen ook bladverwelking veroorzaken. De kans hierop is het sterkst in de winter bij hoge temperaturen en hoge luchtvochtigheid in de kas. De verwelking wordt waarschijnlijk veroorzaakt door problemen met de verdamping, zie ook 5.3.

De in Noorwegen gevonden afname in lengtegroei bij één cultivar was opmerkelijk. Bij doseringen tot 3000 ppm is dit effect verder door niemand waargenomen. Dezelfde onderzoekers vonden in een ander onderzoek bij 1000 ppm nog een toename van de groei. Mogelijk speelt hier het effect van teveel assimilaten mee.

### *Conclusie*

Hoge CO<sub>2</sub> concentraties tot 3000 ppm hebben geen direct negatief effect op chrysanth. Er zijn geen aanwijzingen dat hierdoor bloeivertraging ontstaat, noch dat hoog CO<sub>2</sub> bladmisvormingen geeft. Doordat CO<sub>2</sub> de aanmaak van fotosynthese producten bevordert, kan een hoge CO<sub>2</sub>-concentratie bij veel licht en relatief hoge temperaturen net te veel zijn. Een overmaat aan assimilaten kan leiden tot bladverkleuringen en misvormingen.

Gebaseerd op: 16, 30, 36, 40, 41, 44, 45, 49, 65, 70

Geteste cultivars:

Chrysanthemum morifolium cv 'Albatross'; cv 'Beauregard'; cv 'Belair'; cv 'Bluechip'; cv 'Dolly'; cv 'Explorer'; cv 'Flamenco'; cv 'Iceberg'; cv 'Iceland'; cv 'Indianapolis Yellow'; cv 'Mantee Iceberg'; cv 'Mrs. Roy'; cv 'Mermaid'; cv 'Pink Marble'; cv 'Show Off'; cv 'Southren Comfort'; cv 'Strabust'; cv 'Tuneful'; cv 'White Pot'; cv 'Yellow Delaware'; cv 'Yellow Hurricane'; cv 'Yellow Iceberg'; cv 'Yellow Knight'; cv 'Yellow Shasta'

#### 4.1.1 Adaptatieverschijnselen aan hoog CO<sub>2</sub>

Planten kunnen zich aanpassen aan langdurig hoge CO<sub>2</sub>-concentraties. De aanpassingen kunnen variëren van morfologische aanpassingen tot aanpassingen aan de fotosynthese. Bij veel gewassen wordt een dergelijke aanpassing gevonden. Ook chrysanth blijkt zich aan te passen. Chrysanth past de fotosynthese aan en verandert het aantal huidmondjes in het blad. Zie hiertoe 5.2 en 5.3. Deze aanpassingen hadden geen negatieve gevolgen voor de groei en of ontwikkeling.

## 4.2 Schadelijke effecten van andere componenten

Bij doseren van rookgas CO<sub>2</sub> of andere niet volledig zuivere CO<sub>2</sub> komen andere stoffen mee de kas in. De bekendste zijn NO<sub>x</sub> en ethyleen. Experimenten met directe verbranding van gassen in kassen met chrysanth gaf bloeivertraging en slechtere bloemkwaliteit.

### 4.2.1 NO<sub>x</sub> en Ozon

Chrysanth is betrekkelijk ongevoelig voor NO<sub>x</sub>. In proeven bleek de groei bij 850 ppb NO<sub>x</sub> even goed als zonder NO<sub>x</sub>. NO<sub>x</sub> staat voor NO en NO<sub>2</sub>. NO<sub>x</sub> ontstaat altijd bij verbranding van gassen. Dit komt door de hoge concentratie van N<sub>2</sub> in de atmosfeer. Het gebruik van low-NO<sub>x</sub> branders zorgt voor minder NO<sub>x</sub>. Chrysanth blijkt net zo goed te groeien met CO<sub>2</sub> van Low/NO<sub>x</sub> branders als met zuivere CO<sub>2</sub>. Schade door NO<sub>x</sub> ontstaat eerder als gelijktijdig lage concentraties van zwaveldioxide, SO<sub>2</sub>, en ozon, O<sub>3</sub>, aanwezig zijn. De laatste twee verontreinigingen komen meestal van buiten, onder andere van grote industrie en verstedelijkte gebieden. Chrysanth neemt onder invloed van veel licht vrij veel ozon op in de bovenste gewaslaag. Naarmate de plant meer bladoppervlak heeft neemt de opname van Ozon toe. Ozonschade uit zich als stippelnecrose in de bovenste bladeren. Ozon heeft geen effect op de bloei. Zolang de ramen dichtliggen is weinig gevaar voor het binnen dringen van schadelijke gassen van buiten. Pas zodra gelucht wordt, neemt de concentratie van buitenverontreinigingen in de kas toe, maar meestal neemt de concentratie van NO<sub>x</sub> dan af. Dit komt omdat NO omgezet wordt in NO<sub>2</sub>. Bij smog alarm is het goed extra alert te zijn op de aanwezigheid van NO<sub>x</sub> in het rookgas.

### 4.2.2 SO<sub>2</sub>

Chrysanth is betrekkelijk gevoelig voor zwaveldioxide, SO<sub>2</sub>. Acht uur blootstellen aan 2 ppm of 30 minuten aan 10 ppm geeft schade. Het schadebeeld is bruinoranje necrose aan de bladranden. SO<sub>2</sub> heeft geen effect op de bloemen. Het verbranden van aardgas met de ketel levert nauwelijks gevaar voor SO<sub>2</sub> op. Bij gebruik van oliestook kan wel SO<sub>2</sub> ontstaan. Het is daarom aan te raden om geen rookgas te doseren als in noodgevallen de ketel op olie gestookt moet worden.

### 4.2.3 Ethyleen

Het effect van ethyleen ( $C_2H_4$ ) is veel sterker en erger. Ethyleen ontstaat als de verbranding onvolledig is. Dit is altijd tijdens het opstarten van de brander, maar ook door problemen tijdens het branden. Bij het gebruik van kanonnen kan ethyleen ook ontstaan als de hoofdvlam uit is en de waakvlam sterk afkoelt. Uit onderzoek bleek dat ethyleen concentraties van 0,05 ppm (= 50 ppb) al heel sterke schade gaven. Dit geeft aanleiding te veronderstellen dat nog lagere concentraties al schadelijk zijn. In de praktijk is inderdaad schade gevonden bij concentraties van 30 ppb.

Als gevolg van ethyleen worden de planten gedrongen (=korter en dikker). Omdat de eindknop niet meer dominant is ontstaan veel meer zij scheuten met veel kleine bladeren. In vegetatieve gewassen kan zelfs rozetvorming ontstaan. Ethyleen verkleint het bladoppervlak, de bladranden krullen om en het blad wordt donkerder van kleur. Doordat de knopaanleg uitgesteld wordt, vormt de plant meer bladeren. Bladeren van oudere gewassen kunnen uiteindelijk vergelen.

Ethyleen vertraagt de bloei. De vertraging wordt nog versterkt door lage temperaturen. Op koude plekken in de kas is het effect daarom nog sterker. Bloeivertragingen als gevolg van  $CO_2$  dosering konden eigenlijk altijd terug gevoerd worden op de aanwezigheid van ethyleen en of propyleen ( $C_3H_6$ ). Dit laatste gas ontstaat bij het gebruik van propaanbranders, die in het buitenland veel werden gebruikt.

De plant produceert zelf ook ethyleen in heel geringe concentraties. De interne productie van ethyleen wijzigt niet als gevolg van  $CO_2$  dosering.

Gebaseerd op: 11, 15, 20, 21, 22, 27, 32, 34, 39, 43, 46, 47, 48, 52, 62, 65

Geteste cultivars:

*Chrysanthemum morifolium* cv 'Horim'; cv 'Hostes'; cv 'Refour', onbekende cultivars

## 5 Achtergronden

### 5.1 Interactie met licht

Bij diverse cultivars werd gevonden dat aanvullend CO<sub>2</sub> doseren in onbelichte herfst en winterteelten meer effect had dan het toepassen van dezelfde dosering in voorjaarsteelten. Deze experimenten werden in Engeland en Noorwegen uitgevoerd. Ook in kortdurende proeven elders ter wereld werd gevonden dat hoge CO<sub>2</sub> doseringen de groei bij lage lichtniveaus sterker verbeteren dan bij hoge lichtniveaus. Dit wijst er op dat een hoge CO<sub>2</sub> concentratie het lage lichtniveau deels compenseert. Dit betekent dat het terdege zin heeft om in lichtarme perioden CO<sub>2</sub> op de dag te doseren.

Toch blijkt dat het toedienen van CO<sub>2</sub> in de nacht bij 24 uur aanvullend belichten met 60 tot 140  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  geen zin heeft. De lichthoeveelheid is te gering om effect te hebben. Het heeft geen zin om CO<sub>2</sub> te doseren als de 's nachts de lampen branden. Dit betekent dat de CO<sub>2</sub> dosering tot de dag beperkt kan worden.

Diverse onderzoeken toonden aan dat het toedienen van extra licht meer effect heeft dan alleen CO<sub>2</sub> toedienen. Met extra licht neemt de hoeveelheid droge stof sterker toe ten opzichte van de standaard (onbelicht en buitenwaarde CO<sub>2</sub>) dan door alleen aanvullend CO<sub>2</sub> te doseren tot 1375 ppm. CO<sub>2</sub> én licht toedienen geeft de beste groei en ontwikkeling. Analyse van praktijkbedrijven eind jaren 90 toonde aan dat de productie per m<sup>2</sup> steeg dankzij toename van belichting en CO<sub>2</sub>-dosering.

Onder invloed van veel licht reageert de plant sterker op CO<sub>2</sub> dosering. Zo neemt de fotosynthese snelheid toe met stijgende lichthoeveelheid, stijgende temperatuur en toenemende CO<sub>2</sub> concentraties.

Toedienen van licht en CO<sub>2</sub> in de winterperiode tijdens de eerste 7 weken geeft meer bloemen. Licht alleen tijdens vegetatieve fase niet, licht en CO<sub>2</sub> alleen tijdens vegetatieve fase wel. De combinatie licht en CO<sub>2</sub> tijdens vegetatieve fase geeft zwaardere bloemen.

De interactie met licht is voor een deel verklaarbaar uit de reactie op de fotosynthese (zie aldaar).

Gebaseerd op: 6, 7, 29, 33, 35, 37, 38, 42, 76

Geteste cultivars:

Chrysanthemum morifolium cv 'Dramatic'; 'Horim'

### 5.2 Effect op fotosynthese

Voor de toename van assimilaten is de netto fotosynthese van belang. Dit is de bruto fotosynthese min de ademhaling. De fotosynthese wordt beïnvloed door licht, temperatuur en CO<sub>2</sub>-concentratie. Daarnaast blijkt bij chrysant de fotosynthese ook te veranderen bij de overgang van de vegetatieve fase naar de generatieve fase. De fotosynthese neemt dan af.

Met stijging van de CO<sub>2</sub> concentratie neemt de fotosynthese activiteit toe, maar de toename wordt kleiner bij stijgende CO<sub>2</sub>. In LD stijgt de activiteit tot circa 900 ppm. Nog hogere CO<sub>2</sub> concentraties geven geen betere fotosynthese. In de KD gaat de stijging verder door tot 1500 ppm. Direct na het toedienen van de hoge CO<sub>2</sub> concentratie kan de fotosynthese activiteit wel 50 % hoger liggen dan daarvoor.

Na langere tijd hoge CO<sub>2</sub> concentraties past de plant zich aan en neemt de fotosynthese activiteit weer af. Meestal is dit effect na twee weken zichtbaar. Als de CO<sub>2</sub> concentratie dan daalt, is de fotosynthese activiteit zelfs lager dan van planten die steeds bij lage concentraties zijn gegroeid. De uiteindelijke groei van planten bij hoog CO<sub>2</sub> is wel beter dan van planten bij laag CO<sub>2</sub>. Het heeft geen zin om na twee weken hoog CO<sub>2</sub> de dosering te stoppen met het idee dat het effect nu toch minder is.

De afname van de efficiëntie van de fotosynthese komt niet door de fotorespiratie, want die neemt juist af. De fotorespiratie daalt ook in zuurstofarme milieus waardoor de netto-fotosynthese toeneemt. Mortensen (31,35,37) veronderstelde dat de toename van de huidmondjes- en grenslaagweerstand dan een rol zouden spelen. Later bleek deze theorie alleen voor lichtarme omstandigheden op te gaan. Peet et al. (18) vonden dat bij lage lichtintensiteiten ( $< 400 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ) de efficiëntie van de fotosynthese beter is en bij hogere lichtintensiteit de  $\text{CO}_2$  geleidbaarheid toeneemt waardoor de fotosynthese toeneemt. Het blijkt dat de voorgeschiedenis van de planten ook een rol speelt bij de fotosynthesereactie. Planten gegroeid onder lichtarme omstandigheden passen de fotosynthese minder snel aan op veranderingen in licht dan planten opgegroeid onder hoog licht.

Daling van de fotosynthese activiteit is ook bij andere gewassen waargenomen. Diverse auteurs schrijven deze daling toe aan het ophopen van zetmeel in de bladeren. Mortensen (33) onderzocht of deze adaptatie te voorkomen is door de planten bij wisselende  $\text{CO}_2$  concentraties op te laten groeien. Hij vergeleek planten bij continu buitenwaarde, planten met in de ochtend en avond hoog  $\text{CO}_2$  en tussen 10.00 en 17.00 uur buitenwaarde, planten met om het uur buitenwaarde of hoog  $\text{CO}_2$  en planten met continu 1000 ppm. Ondanks de aanpassingen in de fotosynthese activiteit was de groei van planten bij continu hoog  $\text{CO}_2$  het beste, daarna om het uur, gevolgd door in de morgen en avond en het minst bij continu laag  $\text{CO}_2$ . Ook bij andere gewassen is continu doseren te verkiezen boven wisselend doseren, ondanks aanpassingen aan het fotosynthese apparaat.

Mortensen vond begin jaren tachtig van de vorige eeuw dat in lichtarme omstandigheden het lichtcompensatie punt daalt met toenemende  $\text{CO}_2$ -concentratie. Dit komt omdat de fotorespiratie daalt. Het lichtcompensatie punt is het lichtniveau waarbij de netto fotosynthese nul is bij de heersende  $\text{CO}_2$ -concentratie. Dit verklaart waarom  $\text{CO}_2$  doseren in de winter toch nog een positief effect heeft. Ook andere auteurs melden een afname van de  $\text{CO}_2$  productie in blad. Mortensen dacht hiermee het verschil in reactie tussen planten in de LD en KD te kunnen verklaren. De fotorespiratie is namelijk normaal hoger in ouder blad, en een daling van de fotorespiratie zou in de KD, met meer oud blad aan de planten zwaarder aantikken.

Gebaseerd op: 6, 7, 14, 15, 17, 18, 28, 30, 31, 33, 35, 37, 50, 53, 54, 55, 58, 61, 78, 79, 83.

Geteste cultivars:

*Chrysanthemum morifolium* cv 'Fiesta', cv 'Horim', cv 'Reflour', cv 'Sulfur Westland'

*Dendranthema grandiflorum* cv 'Coral Charm'; cv 'Puma'; cv 'Tzvelev'

### 5.3 $\text{CO}_2$ effect op de verdamping en de huidmondjes

Hogere  $\text{CO}_2$  concentraties zorgen er in het algemeen voor dat de huidmondjes wat gaan sluiten waardoor de verdamping afneemt. De afname van de verdamping is minder dan de sluiting van de huidmondjes. Dit effect is onder meer bij komkommer, tomaat en aubergine gevonden. Gislerød en Nelson (58) hebben dit bij chrysant onderzocht. Na zes weken groeien bij 940 ppm  $\text{CO}_2$  bleek dat de huidmondjesopening was afgenomen. Tegelijkertijd bleek het aantal huidmondjes te zijn toegenomen. De stijging bedroeg 30 % aan de bovenzijde en 25 % aan de onderzijde van het blad. Hierdoor was de totale huidmondjes opening per bladoppervlak alsnog groter dan bij planten gegroeid bij 340 ppm. Desalniettemin was het totale waterverbruik lager bij de planten met hoog  $\text{CO}_2$ . De groei was juist beter. Dit duidt op een lagere verdamping. De plant lijkt onder invloed van hoog  $\text{CO}_2$  efficiënter met het beschikbare water om te gaan. Een dergelijk effect is ondermeer ook bij paprika waargenomen.

Een verminderde verdamping betekent echter ook dat het blad minder goed kan koelen en dat de mineralen toevoer naar het blad afneemt. Vooral voor calcium kan dit problematisch worden. Een blad dat minder goed kan koelen is gevoeliger voor schade door hoge instraling en hoge temperaturen. Mogelijk ligt hier een link met het ontstaan van stress bij chrysant.

Bij andere gewassen kunnen hierdoor problemen ontstaan. Het blad van paprika verkleurt na plotselinge overgangen in licht bij concentraties boven de 2000 ppm. Bij radijs treedt bladvergeling op bij weinig licht en langdurig 5000 tot 10.000 ppm CO<sub>2</sub>. De oorzaken zijn niet diepgaand onderzocht maar een relatie met de verdamping en dientengevolge mineralenopname en bladkoeling leek voor de hand liggend. Bij komkommer ontstaat bij CO<sub>2</sub> concentraties boven de 1500 ppm necrose. De bladschade is identiek aan de schade die ontstaat bij plotselinge weersovergangen zonder CO<sub>2</sub> dosering. Deze schade ontstaat door een achterblijvende verdamping.

Goto et al. (84) vonden een relatie tussen watergift en fotosynthese en verdamping. Frequent water geven op de dag bleek de verdamping en fotosynthese beter op peil te houden dan dezelfde hoeveelheid water in één keer. De planten groeiden hierdoor beter.

Gebaseerd op: 30, 56, 57, 58, 71, 72, 73, 74, 84

Geteste cultivars:

Chrysanthemum morifolium cv 'Fiësta', onbekende cultivars

Dendranthema grandiflorum cv 'Pinky'

## 5.4 Effecten op voedingselementen

Diverse auteurs vonden een verandering in de concentratie van voedingselementen in bladeren en stengels bij planten geteeld onder hoog CO<sub>2</sub> in vergelijking met een lagere CO<sub>2</sub> concentratie. De meeste onderzoeken zijn uitgevoerd bij potchrysanthe. In sommige onderzoeken zijn alleen tijdens de LD testen uitgevoerd, de meeste onderzoeken liepen tot en met de bloei. Niet altijd zijn alle elementen getest.

Het gehalte aan Stikstof (N) en Borium (B) neemt altijd af bij het toedienen van CO<sub>2</sub>. Van een aantal elementen wordt een afnemende tot gelijkblijvende concentratie gerapporteerd. Dit zijn magnesium (Mg), zwavel (S), zink (Zn), Kalium (K), Mangaan (Mn) en Natrium (Na). Voor fosfaat (P), calcium (Ca) en ijzer (Fe) zijn de resultaten tegenstrijdig en wordt zowel een toe- als een afname gevonden, soms in het zelfde onderzoek. Een verklaring is hiervoor niet direct te vinden; maar mogelijk spelen overige teeltomstandigheden een rol. De CO<sub>2</sub> concentratie had geen effect op de gehalten van koper (Cu).

De afname van elementen was het sterkst in het oudste blad. Het gehalte aan N, P, B, Ca en Mn nam sterker af in winterteelten.

Onder aanvullend belichten neemt de concentratie van deels dezelfde en deels andere elementen af. Kalium, zink, magnesium, zwavel en koper worden minder onder belichting. Aanvullend belichten met CO<sub>2</sub> dosering versterkt de afname van N, K, Mg, Mn en Fe. De effecten van licht en CO<sub>2</sub> op mineralenafname zijn vrijwel onafhankelijk van elkaar.

Over de oorzaak van de afname wordt wisselend gedacht. Eng et al (38) schrijven de afname aan elementen toe aan een toegenomen voedingsbehoefte als gevolg van de betere groei. Latere auteurs keken naar de samenhang met andere stoffen in het blad. De hogere droge stofproductie vertaalt zich in een toename van zetmeel en suikers en daarmee tot een mogelijke verdunning van nutriënten. Onderzoek van Kuehny et al (50) toonde aan dat dit voor een aantal elementen het geval is. Voor N, P, S en B gold dat de concentraties verdund werden doordat er meer zetmeel werd opgeslagen. Als zetmeel van het drooggewicht werd afgetrokken bleken de concentraties van bovenstaande elementen bij alle CO<sub>2</sub> concentraties gelijk. Mn en Zn bleven minder en Fe meer.

Een derde oorzaak is een veranderd mineralentransport omdat de verdamping afneemt, zie ook de vorige paragraaf. Dit heeft vooral invloed op typisch watertransportafhankelijke elementen als Calcium.

De groeisnelheid blijkt ook voor een deel de opname te bepalen. Van de meeste elementen wordt meer opgenomen als de plant beter groeit. In de loop van de teelt verandert zowel de mineralenopname als het effect van de omstandigheden hierop. Depa (68) ontdekte dat het effect in winterteelten het sterkst was. Het lijkt er op dat de plant in staat is om de mineralenopname aan te passen aan de behoefte. De behoefte verandert als gevolg van de ontwikkeling van de plant. Vooral nadat de knopaanleg begonnen is en de bladaanleg gestopt is de opname anders. Voor fosfaat geldt bijvoorbeeld dat tijdens de vegetatieve fase de bladeren de grootste sinks zijn, en in de generatieve fase de bloemen. Behalve bij fosfaat gebrek in het wortelmilieu, dan gaat het meeste

fosfaat naar de wortels. Een overmaat aan fosfaat leidt juist tot een afname in de activiteit van wortels.

Afname van voedingselementen komt ook bij andere gewassen voor. Zo wordt bij andere gewassen vaak een afname van het Boriumgehalte gevonden. Bij sommige gewassen ontstaan zelfs gebrekverschijnselen, zoals geel blad bij aubergine. Het blad van aubergine kleurt al geel bij relatief lage concentraties van 750 ppm, hoewel dit geen nadelige gevolgen voor de productie heeft. Een verandering in mineralengehalte lijkt hierbij een rol te spelen. Dit kan komen door een lagere verdamping.

### *Conclusie*

De gevonden afname aan elementen in het blad was in geen enkel geval beperkend. Bij potchrysantheek bleek zelfs dat veranderingen in de voedingsoplossing veel minder effect op de groei hadden dan het toedienen van CO<sub>2</sub> of verschillende teelttemperaturen. Voor chrysantheek is er geen reden om aan te nemen dat gebrekverschijnselen ontstaan als de voedingstoestand van de grond voldoende is. De planten kunnen de opname goed zelf reguleren.

Gebaseerd op: 5, 15, 19, 24, 35, 38, 50, 60, 67, 68, 69, 71, 72, 78, 79, 82

Geteste cultivars:

*Chrysanthemum morifolium* cv 'Dramatic', 'Fiesta', 'Horim'

*Dendranthema grandiflorum* cv 'Coral Charm', 'Fiesta', 'Shuhonochikara'



## 6 Teeltmaatregelen

### 6.1 Doseerstrategie

De gevonden optima van 1000 ppm tijdens de LD, 1500 ppm tijdens de KD en 1200-1400 ppm voor de teelt van moerplanten betreffen een optimum aan groei. Omdat zowel LD als KD vaak in één kasruimte voorkomen is het uit praktische overwegingen het beste de dosering te beperken tot 1000 ppm bij gesloten luchtramen. Dosering tot 1500 ppm kunnen echter ook probleemloos toegepast worden. Eén studie meldt een toename van de droge stofproductie bij hogere plantdichtheid als de CO<sub>2</sub>-concentratie stijgt. Dit zou betekenen dat plantdichtheid hoger kan worden als voldoende CO<sub>2</sub> gedoseerd kan worden. De studie is bij *Chrysanthemum coronarium* uitgevoerd en de vraag is wat de waarde hiervan voor sierchrysant is.

Zodra de ramen open gaan, wijzigt de doseerstrategie afhankelijk van de beschikbaarheid van CO<sub>2</sub>. Als er voldoende goedkope CO<sub>2</sub> beschikbaar is, kan 1000 ppm als streefwaarde aangehouden worden met een afbouw van de CO<sub>2</sub>-concentratie op ventilatievoud. Indien er minder CO<sub>2</sub> beschikbaar is kan gekozen worden voor een vaste lagere waarde of doseren op branderstand.

Bij gebruik van een buffer in perioden zonder warmtevraag is de buffervulstrategie bepalend voor de concentratie op de dag. De gemakkelijkste optie is het gelijkmatig verdelen van de gedoseerde hoeveelheid CO<sub>2</sub> over de dag. Als vocht gespaard wordt is het beter om een groter deel van de buffer te vullen tijdens de periode dat de ramen geknepen worden. Op deze manier wordt het effect extra groot. Dit vereist een aanpassing van de vullijn van de buffer. Soms wordt aangeraden pas bij 20 -21 °C te gaan luchten om langer de CO<sub>2</sub>-concentratie op peil te houden.

Speciaal stoken om concentraties van 1000 ppm te realiseren in perioden dat er ook geventileerd wordt kost zoveel aan gas dat het niet terugbetaald kan worden door de meerproductie. Voor zuiver CO<sub>2</sub> geldt dat doseren boven de buitenwaarde niet meer rendabel is.

Het verlagen van de concentratie op donkere dagen in de winter in onbelichte teelten kost groei. Als de keus is tussen belichten of CO<sub>2</sub> doseren is belichten beter, maar de beste groei wordt verkregen bij belichten en doseren.

In situaties waarin de overige kasomstandigheden ongunstig zijn, zoals teveel licht of een te hoge temperatuur is het zinvol om de CO<sub>2</sub> dosering te beperken. Dit voorkomt problemen als een overschot aan assimilaten of een te beperkte verdamping waardoor de plant onvoldoende kan koelen.

Welke CO<sub>2</sub>-concentratie dan aan te bevelen is, is niet bekend. Het zou ook kunnen dat het sluiten van een zonnescherm beter is dan het stoppen van de CO<sub>2</sub> dosering. Met een goed zonnescherm wordt de instraling beperkt en voorkomen dat de temperatuur in de kas te hoog oploopt. Naar beide zaken is nog geen onderzoek verricht.

In 1998 werd het effect van een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie op een bladmineerder getest. *Chromatomyia syngenesiae* ontwikkelde minder snel in kassen met een CO<sub>2</sub> concentratie boven de buitenwaarde. Het oppervlak aan mijngangen op de bladeren nam af. Praktisch heeft het weinig waarde, want het blad wordt alsnog aangetast.

Gebaseerd op: voorgaande hoofdstukken, aangevuld met 1, 59, 70, 75, 80

## 6.2 Techniek doseren

### 6.2.1 Verdeling over de ruimte

De beste manier om CO<sub>2</sub> bij de planten te krijgen is door het gas via CO<sub>2</sub>-darmen of slangen in de bedden te doseren. Een centrale leiding midden in de kas met uitblaasopeningen is niet voldoende. Hoog boven in de kas doseren betekent dat de meeste CO<sub>2</sub> naar buiten waait en nooit de planten bereikt. In tegenstelling tot wat helaas nog vaak beweerd wordt, zakt CO<sub>2</sub> in dit geval niet allemaal naar de grond. CO<sub>2</sub> is weliswaar zwaarder dan lucht, maar bij metingen blijkt steeds opnieuw dat de CO<sub>2</sub> zowel naar boven als naar beneden verdeeld wordt bij gebruik van hangende darmen. De CO<sub>2</sub>-gradiënt boven en onder de darmen is vrijwel gelijk. Dit is waarschijnlijk een gevolg van luchtstroming in de kas en het streven van gassen om zich vrij over de ruimte te verdelen,

Darmen op de grond, onderin het gewas, veroorzaken ook een ongewenste verticale gradiënt. Wanneer het aanzuigpunt boven het gewas hangt kan bij een volgroeid gewas wel een verschil van wel 400 ppm ontstaan tussen de concentratie vlakbij de darmen onderin het gewas en bij de kop van het gewas. Dat betekent dat op dagen dat er voldoende CO<sub>2</sub> voorhanden is de concentratie onder in hoog op kan lopen. De beste plaats voor de darmen is boven in het gewas of er net boven. In dit geval is er nauwelijks sprake van een ongewenste verticale gradiënt, en komt de CO<sub>2</sub> daar waar hij het hardste nodig is, bij de jonge bladeren. Het meest praktisch is de darmen aan het steungaas te koppelen.

Het heeft weinig zin om tijdelijk darmen in een vak af te koppelen, bijvoorbeeld in de laatste weken van de teelt. De verdeling van CO<sub>2</sub> op de rest van de tuin wordt hierdoor verstoord, en dit kan leiden tot een ongewenste horizontale doseergradiënt over de tuin, waarbij sommige bedden juist teveel CO<sub>2</sub> krijgen. Uiteindelijk zal de CO<sub>2</sub> mengen over de ruimte. Dit betekent dat bij dosering in het ene bed, het ernaast gelegen bed toch CO<sub>2</sub> meekrijgt, ondanks dat hier niet gedoseerd wordt.

In onderzoek is een verschil tussen naastgelegen bedden van circa 10 tot 30 ppm gevonden op momenten dat er niet gedoseerd werd. De verschillen werden veroorzaakt door verschillen in fotosynthese.

Het toevoegen van CO<sub>2</sub> aan de voedingsoplossing heeft nauwelijks tot geen effect en is daarom niet zinvol.

De beste plek om CO<sub>2</sub> te meten is vlak bij de kop van het gewas. Het aanzuigpunt mag niet vlakbij een CO<sub>2</sub> – darm liggen. De meter moet regelmatig worden geijkt, bij voorkeur twee maal per jaar. Eén maal in de winter op 1000 ppm en eenmaal in de zomer op 400 ppm. In principe is één aanzuigpunt per regelgroep voldoende. Maximaal vier aanzuigpunten kunnen met behulp van een multiplexer op één meter worden aangesloten. Bij meer aanzuigpunten wordt de tijd tussen de metingen te lang waardoor het vrijwel onmogelijk wordt om de concentratie goed te regelen. Er wordt dan al gauw meer dan gewenst gedoseerd, wat economisch niet zinvol is.

Gebaseerd op: 1, 10, 25, 26, 51, 66, 77, 81

### 6.2.2 Doseergas

Het doseren van 100 % zuivere CO<sub>2</sub> geeft geen problemen, maar is kostbaar. Voor de dosering is een opslagvat nodig en een aparte doseerinstallatie. Groot voordeel is dat de CO<sub>2</sub> dosering hierdoor los van warmteproductie toegepast kan worden.

Bij gebruik van rookgassen kunnen andere, schadelijke stoffen mee de kas in komen. Schade door NO<sub>x</sub> is te voorkomen door te kiezen voor een goede brander, een Low-Nox. Ethyleen schade is te voorkomen door de brander jaarlijks te laten controleren en afstellen. Daarnaast moeten de koppelingen en rookgasleidingen in het ketelhuis regelmatig gecontroleerd worden op kleine lekjes om te voorkomen dat er gas de kas in lekt wanneer de klep dicht is. Bij onvolledige verbranding komt ook CO vrij. De verhouding CO/ethyleen is bij een gewone ketel min of meer constant, zodat met een CO detector al is vast te stellen of de verbranding goed verlopen is. Afhankelijk van de plaats van de detector moet deze op 30 ppm (voor de verdunning) of 15 ppm (na verdunning van het rookgas) worden afgesteld.

Bij het gebruik van rookgassen van de W/K moet altijd een rookgasreiniger gebruikt worden om schadelijke doseringen te voorkomen. De CO-meter werkt minder goed als ethyleen indicator bij de rookgasreiniger.

Het is daarom aan te raden bij het gebruik van CO<sub>2</sub> uit de rookgasreiniger een ethyleenmeter te laten alarmeren.

Gassen van oliegestookte ketels kunnen beter niet gedoseerd worden.

Gebaseerd op paragraaf 4.2 aangevuld met 1, 11

## 7 Samenvatting

De resultaten van de onderzoeken zijn wel eens tegenstrijdig. Voor een deel is dit te verklaren uit de manier van testen. Soms is alleen gekeken naar de periode van lange dag (LD) en blijkt de reactie in korte dag (KD) anders te zijn. Een ander deel komt voort uit verschillen tussen cultivars. Ook zijn andere waarnemingen gedaan, waardoor effecten niet overeen lijken te komen. Seizoensinvloeden spelen eveneens een rol. Al met al is het doseren van CO<sub>2</sub> meestal positief.

De planten worden zwaarder en steviger dankzij CO<sub>2</sub> dosering.

De stengellengte neemt met 7-15 % toe in de herfst en de winter. Tijdens de LD in voorjaars- en zomerplantingen neemt de lengte niet toe, maar wel in de KD.

Het aantal bladeren neemt licht toe met 0-11 %.

Het totale bladoppervlak neemt toe.

In een enkel geval worden de bladeren dikker en zwaarder.

Het aantal en de kwaliteit van de zij scheuten neemt toe.

Het aantal bloemen neemt toe tot 40 % meer, waardoor het totale bloemgewicht stijgt.

De kwaliteit van de bloemen kan toenemen.

De bloeisnelheid kan in de wintermaanden versneld worden.

Negatieve gevolgen van CO<sub>2</sub> dosering zijn meestal het gevolg van verontreinigingen in de aangeboden CO<sub>2</sub>. Bloeivertraging ontstaat bijvoorbeeld doordat ook ethyleen gedoseerd wordt. Zowel bij rookgas CO<sub>2</sub> van de ketel als van de WK kan ethyleen mee de kas in komen. Monitoren op ethyleen, een alarmering en vervolgens automatisch uitschakelen van de dosering is de beste tegenmaatregel, en vaak voor de verzekering verplicht.

Er is geen bewijs gevonden dat hoge CO<sub>2</sub> concentraties op zich schade veroorzaken. Doordat CO<sub>2</sub> de aanmaak van fotosynthese producten bevordert, kan een hoge concentratie bij veel licht en relatief hoge temperaturen net te veel zijn. Een overmaat aan assimilaten kan leiden tot bladverkleuringen, bladmisvormingen en afname van het mineralengehalte. Daarnaast remt een hoge CO<sub>2</sub>-concentratie de verdamping en dat kan in perioden met veel instraling en hoge temperaturen ongewenst zijn. Mogelijk ligt hier een relatie met stress, maar dat vraagt aanvullend onderzoek. Dit betekent dat de CO<sub>2</sub>-concentratie in de zomer beter niet te hoog mag oplopen.

Voor de teelt kunnen de darmen het beste aan het steungaas gekoppeld worden. Als er voldoende CO<sub>2</sub> voorhanden is doseren tot 1000 ppm aan te raden. Daarbuiten mag de concentratie zakken, maar zeker niet onder de buitenwaarde.

Tabel 3 Invloed van CO<sub>2</sub> op de diverse groeiaspecten tijdens lange dag (LD) en korte dag (KD)

Groei aspect	Periode	Reactie bij toename CO <sub>2</sub> concentratie
Internodiumlengte groei	LD	Toename in herfst en winter teelten. in lichtrijke omstandigheden geen extra lengte groei
	KD	Ook in lichtrijke omstandigheden toename lengte groei.
Internodium dikte		Diameter en gewicht nemen toe tot 1000 ppm
Bladaanleg		Meer bladeren gevormd
Bladkwaliteit	LD/KD	Dikker en groter blad
Zijscheuten	KD	Meer zij scheuten
Bloei inductie	KD	Rasafhankelijk meer bloemen.
Bloemkwaliteit (gewicht, grootte)	KD	Hoger bloemgewicht
Bloeitijdstip	KD	In onbelichte winterteelten vervroeging Vertraging alleen bij te grote verontreiniging van de gedoseerde CO <sub>2</sub> .

## 8 Literatuur

Nr.	Auteur	Jaar	Titel en vindplaats
1	Esmeijer, M.H. et al.	1999	CO <sub>2</sub> in de glastuinbouw PBG-brochure
2	Blacquièrè, T; Stapel-Cuijpers L.H.M.	1996	Invloed van CO <sub>2</sub> op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen PBG-rapport 47
3	Carvalho, S.M.P. de; Heuvelink, E.	2001	Influence of greenhouse climate and plant density on external quality of chrysanthemum ( <i>Dendranthema grandiflorum</i> (Ramat.) Kitamura): first steps towards a quality model. <i>Journal-of-Horticultural-Science-and-Biotechnology</i> 76: (3) 249-258
4	Carvalho, S.M.P. de	2003	Effects of growing conditions on external quality of cut Chrysanthemum. Analysis and simulation. 171 pp. Wageningen Universiteit, Wageningen Nederland
5	Skoye, D.A.; Toop, E.W.	1973	Relationship of temperature and mineral nutrition to carbon dioxide enrichment in the forcing of pot chrysanthemums. <i>Canadian-Journal-of-Plant-Science</i> 53: (3) 609-614
6	Mortensen, L.M.; Moe, R.	1983	Growth responses of some greenhouse plants to environment. V. Effect of CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> and light on net photosynthetic rate in <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. <i>Scientia-Horticulturae</i> 19: (1-2) 133-140
7	Mortensen, L.M.; Moe, R.	1983	Growth responses of some greenhouse plants to environment. VI. Effect of CO <sub>2</sub> and artificial light on growth of <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. <i>Scientia-Horticulturae</i> 19: (1-2) 141-147
8	Butters, R.E.	1973	Low-pressure sodium lamps proved as good as fluorescent tubes for pot mums - but half the cost. <i>Grower</i> 80: (10) 442, 444.
9	Butters, R.E.	1974	Efford trials show that it is safest to lower day temperatures when cutting down on fuel for AYR chrysanthemum production. <i>Grower</i> 81: (3) 118, 123-124.
10	Berkel, N.van	1974	CO <sub>2</sub> -verdeling bij het centrale systeem. <i>Vakblad-voor-de-Bloemisterij</i> 29: (10) 10-11.
11	Harnett, R.F.	1974	Direct fired gas promising for CO <sub>2</sub> enrichment. <i>Grower</i> 81: (19) 912.
12	Konjoian, P.S.; Staby, G.L.; Tayama, H.K.	1983	The growth and development of <i>Chrysanthemum X morifolium</i> 'Bright Golden Anne' in low-oxygen environments. <i>Journal-of-the-American-Society-for-Horticultural-Science</i> 108: (4) 582-585
13	Ottosen, C.O. ; Mentz, J.	2000	Biomass Accumulation and photosynthesis of ornamentals in elevated CO <sub>2</sub> conditions <i>Gartenbauwissenschaft</i> 65: (1) 35-39
14	Hughes, A.P.; Cockshull, K.E.	1972	Further effects of light intensity, carbon dioxide concentration, and day temperature on the growth of <i>Chrysanthemum morifolium</i> cv. Bright Golden Anne in controlled environments. <i>Annals-of-Botany</i> 36: (146) 533-550
15	Tanigawa, T.; Kobayashi, Y.; Matsui, H.; Sakai, Y.	1995	Effects of CO <sub>2</sub> enrichment on growth and vase life of cut flowers of <i>Dendranthema grandiflorum</i> (Ramat.) Kitamura. <i>Journal-of-the-Japanese-Society-for-Horticultural-Science</i> 64: (2) 417-424

16	Gugenhan; Deiser	1972	Chrysanthenen-Standweiten und -Kulturversuch. Erwerbsgartner 26: (12) 528-530, 532-533
17	Hughes, A.P.	1973	A comparison of the effects of light intensity and duration on Chrysanthemum morifolium cv. Bright Golden Anne in controlled environments. II. Ontogenetic changes in respiration. Annals-of-Botany 37: (150) 275-285
17	Lee, B.J.; Won, M.K.; Lee, D.H.; Shin, D.G.; Lee, B.J.; Won, M.K.; Lee, D.H.; Shin, D.G.	2002	Photosynthesis and respiration of chrysanthemum (Dendranthema grandiflora Tzvelev) as influenced by light intensity and CO <sub>2</sub> levels. Journal-of-the-Korean-Society-for-Horticultural-Science 43: (3) 275-279
18	Peet, M.M.; Willits, D.H.; Tripp, K.E.; Kroen, W.K.; Pharr, D.M.; Depa, M.A.; Nelson, P.V.; Abrol, Y.P. (ed.); Govindjee (ed.); Wattal, P.N. (ed.); Ort, D.R. (ed.); Gnanam, A. (ed.); Teramura, A.H.	1991	CO <sub>2</sub> enrichment responses of chrysanthemum, cucumber and tomato: photosynthesis, growth, nutrient concentrations and yield. Impact of global climatic changes on photosynthesis and plant productivity. Proceedings of the Indo-US workshop held on 8-12 January 1991 at New Delhi, India. 1991, 193-212; 17 ref. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.; New Delhi; India
19	Willits, D.H.; Nelson, P.V.; Peet, M.M.; Depa, M.A.; Kuehny, J.S.	1992	Modeling nutrient uptake in chrysanthemum as a function of growth rate. Journal-of-the-American-Society-for-Horticultural-Science 117: (5) 769-774
20	Breugem, A.J.	1991	Effecten van luchtverontreiniging op de chryasant. Doctoraalverslag LUW-tuinbouwplantenteelt.
21	Hand, D.W.	1984	Crop responses to winter and summer CO <sub>2</sub> enrichment Acta Horticulturae 162 45-64
22	Hand, W.	1982	CO <sub>2</sub> enrichment, the benefits and problems Scientific Horticulture (33) 14-43
23	Nelson, P. V.; Larson, R.A.	1969	The effects of increased CO <sub>2</sub> concentrations on Chrysanthemum (C. morifolium) and snapdragon (Antirrhinum majus) Tech. bul 194 North carolina Agricultural Exp. Stat.
24	Bulle, A.A.E.	2004	Chryasant beter houdbaar met juiste teeltmaatregelen Vakblad voor de Bloemisterij 59: (47) 50-51
25	Molitor, H.D.; Hentig, W.U. von; Fischer, M.	1986	CO <sub>2</sub> -Düngung über das Giesswasser oder die Nährlösung. Gb-+Gw. 86: (2) 35-39
26	Rober, R; Haas, H.P.	1986	Wachstum nach CO <sub>2</sub> -Zufuhr über das Giesswasser. Gb-+Gw 86: (2) 40-42
27	Furukawa, A.; Sasaki, M.; Morita, S.	1985	Uptake of ozone by plant communities. Research-Report, National-Institute-for-Environmental-Studies 82, 123-136
28	Mortensen, L.M.	1986	Effect of intermittent as compared to continuous CO <sub>2</sub> enrichment on growth and flowering of Chrysanthemum X morifolium Ramat. and Saintpaulia ionantha H. Wendl. Scientia-Horticulturae 29: (3) 283-289
29	Heins, R.D.; Karlsson, M.G.; Erwin, J.E.; Hausbeck, M.K.; Miller, S.H.	1984	Interaction of CO <sub>2</sub> and environmental factors on crop responses. Acta-Horticulturae 162, 21-28

30	Berkel, N. van	1984	Injurious effects of high CO <sub>2</sub> concentrations on cucumber, tomato, chrysanthemum and gerbera. Acta-Horticulturae 162, 101-112
31	Mortensen, L.M.	1984	Photosynthetic adaptation in CO <sub>2</sub> enriched air and the effect of intermittent CO <sub>2</sub> application on greenhouse plants. Acta-Horticulturae 162, 153-158
32	Mortensen, L.M.	1984	The effect of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) during CO <sub>2</sub> enrichment on some greenhouse plants Acta-Horticulturae 162, 285-287
33	Mortensen, L.M.	1983	Growth responses of some greenhouse plants to environment. XI. Effect of intermittent CO <sub>2</sub> application on growth of Chrysanthemum morifolium Ramat. Meldinger-fra-Norges-Landbrukshogskole 62: (13) 5 pp.
34	Kommer, J.; Corsten, R.; Werken J. van de	1995	Invloed van CO <sub>2</sub> op roos, chrysant zomerbloemen en kamerplanten Vakblad voor de bloemisterij 50: (33) 24-27
35	Mortensen, L.M.	1983	Growth responses of some greenhouse plants to environment. X. Long-term effect of CO <sub>2</sub> enrichment on photosynthesis, photorespiration, carbohydrate content and growth of Chrysanthemum morifolium Ramat. Meldinger-fra-Norges-Landbrukshogskole 62: (12) 11 pp.
36	Klapwijk, D.	1984	Schade door CO <sub>2</sub> en hoge temperaturen. Tuinderij 12 (4) 32-33
37	Mortensen, L.M.	1983	Growth responses of some greenhouse plants to environment. IX. Effect of CO <sub>2</sub> on photosynthesis of Chrysanthemum morifolium Ramat at different light, temperature and O <sub>2</sub> levels. Meldinger-fra-Norges-Landbrukshogskole 62: (11) 12 pp.
38	Eng, R.Y.N.; Tsujita, M.J.; Grodzinski, B.	1985	The effects of supplementary HPS lighting and carbon dioxide enrichment on the vegetative growth, nutritional status and flowering characteristics of Chrysanthemum morifolium Ramat. Journal-of-Horticultural-Science 60: (3) 389-395
39	Mortensen, L.M.	1985	Nitrogen oxides produced during CO <sub>2</sub> enrichment. I. Effects on different greenhouse plants. New-Phytologist 101: (1) 103-108
40	Woltz, S.S.	1969	Effects of accumulation of excess photosynthate in chrysanthemum leaves Proceedings Florida State Horticultural Society 82: 350-352
41	Woltz, S.S.; Engelhard A.A.	1971	Physiological disorders of leaves of chrysanthemum cultivars relative to accumulation of excess carbohydrate Proceedings Florida State Horticultural Society 84: 370-374
42	Eng, R.Y.N.; Tsujita, M.J.; Grodzinski, B.; Dutton, R.G.	1983	Production of chrysanthemum cuttings under supplementary lighting and CO <sub>2</sub> enrichment. HortScience 18: (6) 878-879
43	Hoeven, A.P. van der; Berkel, N. van; Mol, C.P.	1984	Ethyleenschade bij chrysanten. Vakblad-voor-de-Bloemisterij 39: (12) 42, 43, 45
44	Nederhoff, E.M.; Koning, A.N.M. de; Rijdsdijk, A.A.	1992	Leaf deformation and fruit production of glasshouse grown tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) as affected by CO <sub>2</sub> , plant density and pruning Journal-of-Horticultural-Science 67: (3) 411-420
45	Tripp, K.E.; Peet, M.M.; Willits, D.H.; Pharr, D.M.	1991	CO <sub>2</sub> -enhanced foliar deformation of tomato: relationship to foliar starch concentration. Journal-of-the-American-Society-for-Horticultural-Science 116: (5) 876-880

46	Mortensen, L.M.	1992	Effekt av CO <sub>2</sub> -tilskudd fra lav-NO <sub>x</sub> brenner pa veksten hos noen veksthusplanter. Norsk-Landbruksforskning 6: (3) 155-160
47	Berkel, N. van	1987	Chrysant is zeer gevoelig voor ethyleen vakblad voor de bloemisterij 42: (17) 66-67
48	Berkel, N.van; Wolting, H.G; Remortel, E.A.M.	1985	Schadelijke bijwerking van NO <sub>x</sub> bij CO <sub>2</sub> doseren? Tuinderij 1985 1 aug 22-24
49	Walla, I.; Kristoffersen, T.	1974	Virkning av CO <sub>2</sub> -tilførsel under ulike lys- og temperaturforhold pa vekst og utvikling hos noen blomsterkulturer. Meldinger-fra-Norges-Landbrukshoegskole 53: (27) 46 pp.
50	Kuehny, J.S.; Peet, M.M.; Nelson, P.V.; Willits, D.H.	1991	Nutrient dilution by starch in CO <sub>2</sub> -enriched chrysanthemum. Journal-of-Experimental-Botany 42: (239) 711-716
51	Berkel, N. van	1975	CO <sub>2</sub> from gas-fired heating boilers - its distribution and exchange rate. Netherlands-Journal-of-Agricultural-Science 23: (3) 202-210
52	Harnett, R.F.; Rice, B.J.	1975	Glasshouse heating and CO <sub>2</sub> enrichment by direct burning of gas. Experimental-Horticulture. (27), 28-33
53	Mortensen, L.M.	1982	Growth responses of some greenhouse plants to environment. I. Experimental techniques. Scientia-Horticulturae 16: (1) 39-46
54	Mortensen, L.M.	1982	Growth responses of some greenhouse plants to environment. III. Design and function of a growth chamber prototype. Scientia-Horticulturae 16: (1) 57-63
55	Grub, A; Mächler, F	1990	Photosynthesis and light activation of Ribulose 1,5-biphoshate carboxylase in the presence of starch Journal of Experimental Botany 41: (231) 1293-1301
56	Roelofs, T.; Termeulen, M	1992	Produktieverhoging door hogere CO <sub>2</sub> concentratie. Chrysant heeft baat bij vochtsparen Vakblad voor de bloemisterij 47 (14) 30-31
57	Meer, M. van der	1992	Vochtsparen voor velerlei uitleg vatbaar Vakblad voor de Bloemisterij 47 (26) 26-29
58	Gislerød, H.R.; Nelson, P.V.	1989	The interaction of relative air humidity and carbon dioxide enrichment in the growth of Chrysanthemum X morifolium Ramat. Scientia-Horticulturae 38: (3-4) 305-313
59	Tamura, J.	1988	The influence of carbon dioxide concentration on the effect of density on the production of dry matter by crop plants. Bulletin-of-the-University-of-Osaka-Prefecture,-B-Agriculture-and-Biology-Osaka-Furitsu-Daigaku,-Nogaku,-Seibutsugaku. 40: 119-149
60	Willits, D.H.; Peet, M.M.; Depa, M.A.; Kuehny, J.S.; Nelson, P.V.	1990	Modulation of nutrient uptake in chrysanthemum by irradiance, CO <sub>2</sub> , season and developmental stage. Monograph -British-Society-for-Plant-Growth-Regulation. (20), 59-65; Proceedings of a symposium on 'Mechanisms of plant perception and response to environmental stimuli', held on 6-10 Aug. 1989 at Arlington, Virginia, USA
61	Shimada, N.; Tanaka, F.; Kozai, T.	1988	Effects of low O <sub>2</sub> concentration on net photosynthesis of C <sub>3</sub> plantlets in vitro. Acta-Horticulturae. 230, 171-175
62	Berkel, N. van	1987	Injurious effects of low ethylene concentrations on Chrysanthemum morifolium Ramat. Acta-Horticulturae 197, 43-52



63	Heij, G. ; Lint, P.	1987	CO <sub>2</sub> and night temperature on growth and development of chrysanthemum Acta-Horticulturae 197, 125-131
64	Molitor, H.D.; Hentig, W.U. von	1987	Effect of carbon dioxide enrichment during stock plant cultivation. HortScience 22: (5) 741-746
65	Uffelen, J.A.M. van;	1987	CO <sub>2</sub> in de kas. Samenstelling kaslucht. Groenten-en-Fruit 43: (4), 36-37
66	Proefstation voor Tuinbouw onder Glas.	1987	CO <sub>2</sub> in de kas. Het meten van de CO <sub>2</sub> -concentratie. Groenten-en-Fruit. 43: (12), 36-37, 39
67	Tanigawa, T.; Kobayashi, Y.; Matsui, H.	1997	Effect of CO <sub>2</sub> enrichment and day temperature on growth, flowering and cut flower quality in <i>Dendranthema grandiflorum</i> (Ramat.) Kitamura. Environment-Control-in-Biology 35: (2) 107-115
68	Depa, M.A.	1987	Predicting nutrient accumulation in <i>Chrysanthemum</i> as influenced by levels of carbondioxide and irradiance. M.S. thesis, North Carolina State University Raleigh NC USA
69	Nederhoff, E.M.; Buitelaar, K.	1992	Effects of CO <sub>2</sub> on greenhouse grown eggplant ( <i>Solanum melongena</i> L.) II Leaf tip chlorosis and fruit production Journal of Horticultural Science 67: (6) 805-812
70	Potter, R.F.	1980	AYR chrysanthemums. Economies for the 1980s. Grower 93: (4) 15-16, 18.
71	Heij, G.	1997	Bladverbranding bij radijs in onderzoek Groenten + Fruit/glasgroenten 39 18-19
72	Heij,G.; Rijsdijk, T	1995	Te veel CO <sub>2</sub> kost productie Groenten+Fruit/glasgroenten 29 15
73	Graaf, Rein de	1991	Hoog CO <sub>2</sub> -gehalte remt verdamping Groenten+Fruit 4 70-71
74	Nederhoff, E.M.; Graaf, R. de	1993	Effects of CO <sub>2</sub> on leaf conductance and canopy transpiration of greenhouse grown cucumber and tomato. Journal of Horticultural Science 68 925-937
75	Smith, P.H.D.; Jones, T.H.	1998	Effects of elevated CO <sub>2</sub> on the chrysanthemum leafminer, <i>Chromatomyia syngenesiae</i> : a greenhouse study. Global-Change-Biology. 4: (3) 287-291
76	Vernooij, C.J.M. (ed.); Ploeger, C.	1999	Energie en gewasbescherming op chrysantenbedrijven. Evaluatie en analyse van DART-gegevens 1994 tot en met 1997. Rapport -Landbouw-Economisch-Instituut-LEI. 2.99.10, 67 pp Den Haag; Netherlands
77	Heij, G.	1982	De CO <sub>2</sub> -concentratie in de kasruimte. Tuinderij 62 nr 18 42-43
78	Hansen, C.W.; Lynch, J.; Ottosen, C.O.	1998	Response to phosphorus availability during vegetative and reproductive growth of chrysanthemum: I. Whole-plant carbon dioxide exchange. Journal-of-the-American-Society-for-Horticultural-Science 123: (2) 215-222
79	Hansen, C.W.; Lynch, J.	1998	Response to phosphorus availability during vegetative and reproductive growth of chrysanthemum: II. Biomass and phosphorus dynamics. Journal-of-the-American-Society-for-Horticultural-Science 123: (2) 223-229
80	Domke, O.	1983	CO <sub>2</sub> aus Abgasen gewinnen. Richtige technische Auslegung vermeidet Schaden. Gb+-Gw. 83: (8) 196-197
81	Timman, T.	1973	CO <sub>2</sub> -Konzentrationen in Gewächshausbeständen und Möglichkeiten einer besseren CO <sub>2</sub> -Versorgung der Assimilationsorgane. Diss. Univ. Hamburg
82	Hansen, C.W.	1997	Response to phosphorus availability during vegetative and reproductive growth of <i>Dendranthema grandiflorum</i> -hybrid 'Coral Charm'.

			SP-Rapport -Statens-Planteavlfsforsog 13, 127 pp.
83	Stoop, J.M.H.; Willits, D.H.; Peet, M.M.; Nelson, P.V.	1991	Carbon gain and photosynthetic response of chrysanthemum to photosynthetic photon flux density cycles. Plant-Physiology 96: (2), 529-536
84	Goto, T.; Matsuno, T.; Yoshida, Y.; Kageyama, Y.	2002	Photosynthetic, evapotranspiratory and leaf morphological properties of chrysanthemum grown under root restriction as affected by fertigation frequency. Journal-of-the-Japanese-Society-for-Horticultural-Science 71: (2) 277-283

## Bijlage 1 Effect van kasklimaatfactoren op de groei van chrysaant

Tabel 4 De invloed van de verschillende klimaatfactoren op de groei en ontwikkeling van chrysaant.

Factor	Groei aspect	Reactie	
Temperatuur	Internodium vorming	Positief vooral dagtemperatuur	
	Internodiumlengte groei	Positief vooral dagtemperatuur Effect sterker bij KD	
	Bladaanleg	Positief, maar hangt samen met tijd tot bloei-inductie	
	Bloei inductie	mn gemiddelde dag temperatuur Optimum cultivar afhankelijk Te koud: te vroege inductie Te warm: uitstel inductie	
	Bloeisnelheid (van inductie tot bloei)	mn gemiddelde dag temperatuur Optimum cultivar afhankelijk; ca 18 °C Daarbuiten duurt het langer.	
	Bloemkwaliteit (gewicht, grootte, aantal)	Optimum cultivar afhankelijk, hoger dan voor inductie Daarbuiten afname.	
Nachttemperatuur (NT)	Bloeisnelheid (van inductie tot bloei)	Lage nachttemperatuur tijdens KD vertraagt, vaak alleen in begin KD of tijdens laatste uren nacht reactie cultivar afhankelijk	
	Bloemkwaliteit (gewicht, grootte, aantal)	Cultivar afhankelijk; als vertraging vaak betere kwaliteit (zwaarder, groter, meer)	
Negatieve DIF of DROP	Internodiumlengte groei	Hoe groter het verschil des te sterker de remming Remming sterker tijdens KD	
Licht	Internodium vorming	?	
	Internodiumlengte groei	Positief	
	Bladaanleg	Positief bij alleen LD. Negatief bij KD	
	Bladkwaliteit	Veel licht dikker blad	
	Bloei inductie	Positief	
	Bloeisnelheid (van inductie tot bloei)	Positief; veel licht kan negatief effect suboptimale temperatuur deels compenseren. Wel lichtcompensatie (aanvullend licht alleen zinvol bij weinig licht)	
	Bloemkwaliteit (gewicht, grootte, aantal)	Positief zeker op aantal	
	Lichtkwaliteit	Internodiumlengte groei	Verrood en blauw licht negatief Effect sterker bij minder licht
		Bladaanleg	Kleine afname onder blauw licht
Bladkwaliteit		Afname bladoppervlak als veel blauw licht bij weinig licht. Relatief meer droge stof naar bladeren.	
Bloemkwaliteit (gewicht, grootte, aantal)		Negatief; kan tegen de bloei ook een betere bloemkleur geven, dan positief	
RV	Internodium vorming	?	
	Internodiumlengte groei	Positief, maar pas na 4 weken en drooggewicht neemt niet toe. De plant wordt 'slapper'	
	Bladaanleg	Heel gering positief	
	Bladkwaliteit	Hogere RV geeft toename bladoppervlak.	

		drooggewicht verandert niet, droge stof percentage neemt af.
	Bloeisnelheid (van inductie tot bloei)	?
	Bloemkwaliteit (gewicht, grootte, aantal)	Positief; meer scheuten en bloemknoppen
CO <sub>2</sub>	Internodiumlengte groei	Tijdens LD alleen toename in herfst en winter teelten in lichtrijke omstandigheden geen extra lengte groei. Tijdens KD ook in lichtrijke omstandigheden toename lengte groei.
	Internodium dikte	Diameter en gewicht nemen toe tot 1000 ppm
	Bladaanleg	Meer bladeren gevormd
	Bladkwaliteit	Dikker en groter blad
	Zijscheuten	Meer zijscheuten in KD
	Bloei inductie	Rasafhankelijk meer bloemen.
	Bloemkwaliteit (gewicht, grootte)	Hoger bloemgewicht
	Bloeitijdstip	In onbelichte winterteelten vervroeging Vertraging alleen bij te grote verontreiniging van de gedoseerde CO <sub>2</sub> .

## Bijlage 2 Gebruikte afkortingen

cv = cultivar

KD = korte dag of generatieve periode

LD = lange dag of vegetatieve periode

LDLN = het Long-Day-Leaf-Number. Het aantal bladeren aan de plant waarna de plant bloemknoppen aan gaat leggen.

Ppm = parts per million. Hetzelfde als delen per miljoen, dpm. Dit is een maat voor de concentratie van deeltjes. 1 ppm betekent dat één deeltje van de miljoen deeltjes in de kaslucht deze stof is.

Ppb = parts per billion. Dit betekent delen per miljard. 1 ppb betekent dat één deeltje van de miljard deeltjes in de kaslucht deze stof is.

RV = Relatieve luchtvochtigheid, een maat voor de verzadiging van de lucht met vocht. Een RV van 100 % betekent met vocht verzadigde kaslucht.