

157 9199 74

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente  
Vestiging Aalsmeer  
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer  
Tel. 0297-352525, fax0297-352270

ISSN 1385 - 3015

## **INVLOED VAN CO<sub>2</sub> OP DE PRODUCTIE EN KWALITEIT VAN POTPLANTEN EN SNIJBLOEMEN**

*Literatuurstudie*

Proefnummer 2212-05

Tj. Blacquièr  
L.H.M. Stapel-Cuijpers

Aalsmeer, november 1996

Rapport 47  
Prijs f 20,00

Rapport 47 wordt u toegestuurd na storting van f 20,00 op gironummer 174855 ten name van PBG-Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 47, INVLOED VAN CO<sub>2</sub> OP DE PRODUCTIE EN KWALITEIT VAN POTPLANTEN EN SNIJBLOEMEN'.

# INHOUD

<b>SAMENVATTING</b>	5
<b>AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN</b>	7
<b>1. INLEIDING</b>	8
<b>2. HET NUT VAN CO<sub>2</sub> VOOR PLANTEN</b>	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Fotosynthese	9
2.2.1 Feedback-inhibitie	10
2.2.2 Fotoinhibitie	10
2.3 Kooldioxyde en water: het dilemma	10
2.3.1 De anatomie van huidmondjes	10
2.3.2 Sturing van huidmondjes	11
2.3.3 Fotorespiratie	12
2.4 C <sub>4</sub> en CAM-fotosynthese	13
2.5 Ademhaling en groei	14
2.6 Het nut van (extra) CO <sub>2</sub> voor planten	14
2.6.1 Wanneer CO <sub>2</sub> doseren?	16
2.6.2 CO <sub>2</sub> -dosering: de invloed van extra licht	18
<b>3. CO<sub>2</sub>-DOSERING IN DE SNIJBLOEMENTEELT</b>	19
3.1 Invloed van CO <sub>2</sub> op productie	19
3.1.1 Vers- en drooggewicht	19
3.1.2 Aantal bloemen	20
3.1.3 Bloemsteellengte	20
3.2 Invloed van CO <sub>2</sub> op kwaliteit en houdbaarheid	20
3.3 Invloed van CO <sub>2</sub> op teeltsnelheid	21
<b>4. CO<sub>2</sub>-DOSERING IN POT- EN PERKPLANTENTEELT</b>	26
4.1 Algemene effecten van CO <sub>2</sub> -dosering	26
4.2 Invloed van CO <sub>2</sub> op productie	26
4.2.1 Vers- en drooggewicht	26
4.2.2 Aantal bloemen en bladeren	27
4.2.3 Plantgrootte en bladoppervlakte	28
4.3 Invloed van CO <sub>2</sub> op kwaliteit	29
4.4 Invloed CO <sub>2</sub> op teeltsnelheid	29
<b>5. CO<sub>2</sub>-DOSERING EN VERMEERDERING</b>	39
<b>6. SCHADE DOOR OVERMAAT CO<sub>2</sub> EN DOOR ETHYLEEN EN ANDERE GASSEN</b>	40
6.1 Schade door overmaat CO <sub>2</sub>	40
6.2 Ethyleenschade bij siergewassen	41
6.3 Schade door NO <sub>x</sub>	42

<b>7. CONCLUSIES</b>	<b>43</b>
<b>7.1 Toepassing van CO<sub>2</sub></b>	<b>43</b>
<b>7.2 Aanbevelingen</b>	<b>43</b>
<b>7.3 Vragen voor onderzoek</b>	<b>44</b>
<b>LITERATUUR</b>	<b>45</b>

## **SAMENVATTING**

Dit rapport geeft een overzicht van verschenen artikelen (zowel wetenschappelijke als vakbladartikelen) van de laatste twintig jaar over de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering bij sierteeltgewassen.

Na de inleiding, het eerste hoofdstuk, wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op het nut van CO<sub>2</sub> voor planten. Om in leven te blijven en om te kunnen groeien heeft een plant kooldioxide nodig, want CO<sub>2</sub> is een bouwsteen voor suikers. Het maken van suikers heet assimilatie, ook wel fotosynthese genoemd, omdat er licht bij nodig is. Het fotosyntheseproces wordt beschreven. Om de CO<sub>2</sub> het blad in te laten stromen, staan de huidmondjes van het blad open. Dit betekent tevens waterverlies voor de plant. Er bestaat een soort tweestrijd tussen enerzijds de opname van CO<sub>2</sub> en anderzijds het voorkomen van waterverlies. Ook komen nog twee mechanismen (C<sub>4</sub> en CAM) aan bod, die bepaalde planten ontwikkeld hebben omdat gewone CO<sub>2</sub>-opname niet mogelijk is.

Uit suiker vormt de plant droge stof, waardoor de plant groeit. Een deel van de aangemaakte suikers wordt door de plant zelf ook weer omgezet bij een proces dat ademhaling (dissimilatie) heet. Hierbij komt energie vrij, die gebruikt wordt voor het in stand houden van bestaande plantedelen en de groei van nieuwe delen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering bij snijbloemen. CO<sub>2</sub>-dosering resulteert in een grotere/snellere toename van het vers- en/of drooggewicht, de bloemsteellengte, een snellere groei, een vroegere en rijkere bloei, en een betere stengel- en bloemkwaliteit. Bij snijbloemen kunnen niet alleen de te oogsten takken zwaarder en beter van kwaliteit worden, maar ook een toename van het aantal te oogsten takken is mogelijk. Effecten bij onderzochte gewassen zijn weergegeven in een aantal tabellen. Doordat het gewas 'harder' wordt met CO<sub>2</sub>-dosering, is er minder kans op Botrytis en meeldauw. Plantensoorten en cultivars kunnen verschillend reageren op CO<sub>2</sub>-dosering, en ook kunnen de gewassen een verschillend optimum hebben.

Bij pot- en perkplanten (hoofdstuk 4) resulteert CO<sub>2</sub>-dosering in een zwaardere plant en/of in een snellere teelt. De planten komen vaak eerder in bloei, waardoor de teeltduur (met één tot twee weken, afhankelijk van het gewas) verkort kan worden. Ook kunnen er er meer zijscheuten ontstaan. De planten worden kwalitatief beter, de bladkleur intenser. De ontwikkeling is gelijkmatiger en de gewassen zijn minder gevoelig voor schimmelziektes. Ook hier worden in een aantal tabellen de effecten van uit de literatuur afkomstige resultaten weergegeven.

In hoofdstuk 5 worden de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering bij de vermeerdering van gewassen beschreven. Bij de vermeerdering van gewassen resulteert CO<sub>2</sub> in een toename van het aantal stekken en van het vers- en drooggewicht. De beworteling van de stekken verloopt beter en sneller en er is minder uitval.

In hoofdstuk 6 wordt eerst ingegaan op de schadelijke effecten die een te hoge CO<sub>2</sub>-concentratie kan veroorzaken. Een overmaat aan CO<sub>2</sub> kan groeireductie en schade (chlorose, necrose en gedraaid blad) veroorzaken aan het gewas. Bij de verbranding van gas, onder andere ten behoeve van CO<sub>2</sub>-dosering, kunnen naast CO<sub>2</sub> ook schadelijke stoffen als ethyleen en NO<sub>x</sub> ontstaan. Ethyleen kan bij potplanten

bloemknop-, bloem- en bladval en/of stagnatie van de groei veroorzaken. Bij snijbloemen kan ethyleen bloemverkleuring, bloemknopverdroging, knopval en bladvergeling veroorzaken. Er wordt een lijst met planten gegeven die gevoelig zijn voor ethyleen. Te hoge concentraties  $\text{NO}_x$  doen vaak de positieve effecten van  $\text{CO}_2$ -dosering weer teniet.

Hoofdstuk 7 tenslotte geeft richtlijnen voor de aan te houden  $\text{CO}_2$ -concentraties bij een aantal belangrijke snijbloemen en potplanten. Verder wordt een aantal onderzoeksvragen geformuleerd.

## AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

ATP	Adenosinetriofosfaat (een energierijke fosfaatverbinding)
bruto-fotosynthese	de eigenlijke binding van lichtenergie in organische stoffen
CAM	Crassulacean Acid Metabolism (crassulaceeën-zurenmetabolisme: kenmerkend voor CAM-planten is de sterke dag-nacht-fluctuatie van het gehalte organische zuren (vooral malaat) in de fotosynthetiserende weefsels. Het resulteert in een uiterst zuinige waterhuishouding ten gevolge van een 'omgekeerd' openings-sluitingsritme van de huidmondjes
DIF	afkomstig van het Engelse difference: het verschil tussen de gemiddelde dag- en nachttemperatuur
dpb	delen per biljoen (is gelijk aan 0,001 dpm)
dpm	delen per miljoen - mg/l (bijvoorbeeld een vaste stof opgelost in water) - $\mu$ l/l - $\mu$ mol/mol (bij gassen is dit gelijk aan $\mu$ l/l gas)
fotorespiratie	lichtafhankelijke O <sub>2</sub> -opname en CO <sub>2</sub> -productie
LAI	leaf area index (bladoppervlakte-index = aantal m <sup>2</sup> blad per m <sup>2</sup> bodem)
netto-fotosynthese	bruto-fotosynthese minus de fotorespiratie
PAR	Photosynthetically Active Radiation (Watt/m <sup>2</sup> ), hoeveelheid voor fotosynthese bruikbare stralingsenergie uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm
RGR	Relative Growth Rate (relatieve groeisnelheid = de toename in gewicht per tijdseenheid en per gram aanwezig gewicht)
RV	relatieve luchtvochtigheid
'sinks'	de 'verbruikscentra' van de plant, bijvoorbeeld vruchten, bloemen
'source'	de 'productiecentra' van koolhydraten van de plant, bijvoorbeeld blad

## 1. INLEIDING

De laatste twintig jaar is zowel in het binnen- als buitenland bij een groot aantal groentegewassen, potplanten en snijbloemen onderzoek verricht naar het effect van CO<sub>2</sub> doseren op de kwaliteit en productie van deze gewassen. In de groenteteelt is veel onderzoek gedaan, vooral naar de invloed van CO<sub>2</sub> op de productie van onder andere tomaten en komkommers (Van Harten et al., 1988; Nederhoff, 1988). Het effect van CO<sub>2</sub> bij groentegewassen is eenvoudig meetbaar, als de meerproductie in kilogram vruchtgewicht ten opzichte van niet doseren.

De gegevens voor de sierteelt zijn daarentegen beperkt. De kennis die beschikbaar is, is afkomstig van onderzoek en ervaringen uit de jaren tachtig, vooral uit het buitenland. De effecten van CO<sub>2</sub> bij de sierteelt zijn ook minder gemakkelijk meetbaar. Het effect van CO<sub>2</sub>-dosering op bloemisterijgewassen resulteert niet alleen in een toename van het aantal stuks, maar geeft vaak ook een betere kwaliteit. Kwaliteit is moeilijker definieerbaar en afhankelijk van de soort en cultivar. Voor snijbloemen zijn bijvoorbeeld de stevigheid van de steel, de lengte en dikte van de steel, de grootte van de bloem en de houdbaarheid van de bloem van belang. Bij potplanten worden bloeiende en groene en bonte potplanten onderscheiden. Voor bloeiende potplanten zijn van belang: aantal bloemen, verdeling van de bloemen over de plant, kleur. Voor zowel bloeiende als groene en bonte potplanten zijn onder andere het aantal zij scheuten, de internodiumlengte en de rondheid (dit is de verhouding van de grootste breedte ten opzichte van de kleinste breedte) van belang.

Het blijkt dat bij teelt van groente en snijbloemen het doseren van CO<sub>2</sub> als vrij vanzelfsprekend toegepast wordt, door respectievelijk 86 en 77% van de bedrijven (Van der Velden et al., 1995). Bij de potplantenteelt wordt maar op 59% van de bedrijven CO<sub>2</sub> gedoseerd (Van der Velden et al., 1995). De reden hiervan is niet bekend. Volgens A. van de Weerdenburg van DLV-Aalsmeer (mond. med.) zijn de kwekers niet overtuigd van de meerwaarde van het CO<sub>2</sub>-doseren. Men wil eerst cijfers zien. Een uitzondering vormen Kalanchoe-kwekers, die wel CO<sub>2</sub>-dosering toepassen als algemene teeltmaatregel. Bij de teelt van potplanten is de winst van CO<sub>2</sub>-dosering moeilijker terug te vinden. De winst ligt hier in teeltversnelling en een betere kwaliteit. Het is echter de vraag of een betere kwaliteit altijd betaald wordt.

Zowel wetenschappelijke publicaties als artikelen uit vakbladen van de laatste twintig jaar zijn bestudeerd en verwerkt in dit verslag. In het eerste hoofdstuk wordt eerst ingegaan op het nut van CO<sub>2</sub> voor planten. Daarna worden de resultaten van publicaties en de artikelen beschreven. Uit de beschikbare kennis kunnen hiaten opgespoord worden en kunnen, samen met vragen uit de praktijk, onderzoeksvragen geformuleerd worden voor zowel potplanten als snijbloemen.

## 2. HET NUT VAN CO<sub>2</sub> VOOR PLANTEN

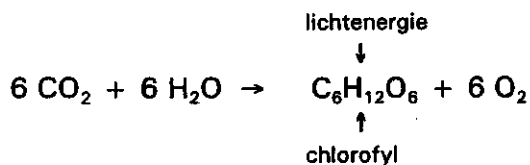
### 2.1 INLEIDING

Om in leven te blijven en om te kunnen groeien heeft een plant kooldioxide (CO<sub>2</sub>) nodig, want kooldioxide is een bouwsteen voor suikers (koolhydraten). Het maken van suikers heet assimilatie, ook wel fotosynthese genoemd, omdat er licht bij nodig is. In paragraaf 2.2 wordt het fotosynthese-proces beschreven. De huidmondjes van het blad staan open om de CO<sub>2</sub> het blad in te laten stromen. Tegelijkertijd betekent dit waterverlies. Er bestaat een soort tweestrijd tussen enerzijds de opname van CO<sub>2</sub> en anderzijds het voorkomen van waterverlies. Dit wordt behandeld in paragraaf 2.3. In paragraaf 2.4 komen twee mechanismen (C<sub>4</sub> en CAM) aan bod die bepaalde planten ontwikkeld hebben omdat gewone CO<sub>2</sub>-opname niet mogelijk is.

Uit suiker vormt de plant droge stof, waardoor de plant groeit. Een deel van de aangemaakte suikers wordt door de plant zelf ook weer omgezet bij een proces dat ademhaling (dissimilatie) heet. Hierbij komt energie vrij, die gebruikt wordt voor het in stand houden van bestaande plantedelen en de groei van nieuwe delen. Dit proces wordt in paragraaf 2.5 beschreven. In paragraaf 2.6 tenslotte worden een aantal algemene punten ten aanzien van CO<sub>2</sub>-dosering behandeld.

### 2.2 FOTOSYNTHESE

Fotosynthese (foto betekent licht) is het proces waarbij lichtenergie wordt vastgelegd in suikers. Alleen groene plantedelen (bladgroen = chlorofyl) kunnen CO<sub>2</sub> vastleggen, en ook alleen als er licht is. Overdag met natuurlijk licht of 's nachts met assimilatiebelichting. In het fotosynthese-proces worden fotonen (energiepakketjes) ingevangen, waarvan de energie elektronen in het chlorofyl aanslaat (in een hogere baan brengt). Bij het terugvallen naar de 'normale' baan komt de energie weer vrij en wordt vastgelegd in energierijke fosfaatbindingen (ATP), én in de binding van CO<sub>2</sub> uit de lucht aan water in suiker en zuurstof. De chemische vergelijking is hieronder (samengevat) weergegeven.



Het eerste stabiele product na binding van CO<sub>2</sub> door het enzym Rubisco (ribulose-1,5-bisfosfaat-carboxylase-oxidase) is 3-fosfoglyceraat (vanuit een instabiele 6C-verbinding). Dit molecuul bestaat uit drie C-atomen. Wegens de centrale plaats van dit product in een cyclisch verloop tot koolhydraten (de Calvin-cyclus) noemt men dit het C<sub>3</sub>-schema. De eerste stabiele verbinding bij het C<sub>4</sub>-type is malaat en/of aspartaat, molekulen met vier C-atomen.

Koolhydraten zijn de belangrijkste bouwstenen voor een plant. Een deel van de suikers wordt gebruikt als brandstof voor de ademhaling (respiratie), waarbij de vrijkomende energie weer in energierijke fosfaatbindingen wordt vastgelegd. Hoe meer



licht, hoe meer fotosynthese kan plaatsvinden. De meeste fotosynthese vindt in de plant plaats daar waar veel blad en veel licht te vinden is (Rijsdijk, 1994a). Een goede eenheid voor het uitdrukken van de fotosynthese-activiteit van een gewas is  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{blad} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### 2.2.1 Feedback-inhibitie

Als door de fotosynthese méér wordt geproduceerd dan op dat moment kan worden verwerkt of afgevoerd, kan remming van de fotosynthese door het eindproduct optreden. Dit zal eerder optreden als er onvoldoende vraag is, bijvoorbeeld als de groei beperkt is door andere factoren zoals minerale voeding of schimmelinfecties, als 'sinks' (bloemen of vruchten) weinig actief zijn (bijvoorbeeld door lage temperaturen), of als 'sinks' worden verwijderd.

### 2.2.2 Fotoinhibitie

Soms is de capaciteit van het fotosynthese-apparaat niet toereikend om (plotse-linge) hoge hoeveelheden lichtenergie te verwerken, en treedt schade aan het apparaat op: fotoinhibitie. Dit zal het meest gebeuren in het voorjaar, als 's winters ontwikkelde bladeren opeens veel hogere lichtniveaus moeten verwerken.

## 2.3 KOOLDIOXYDE EN WATER: HET DILEMMA

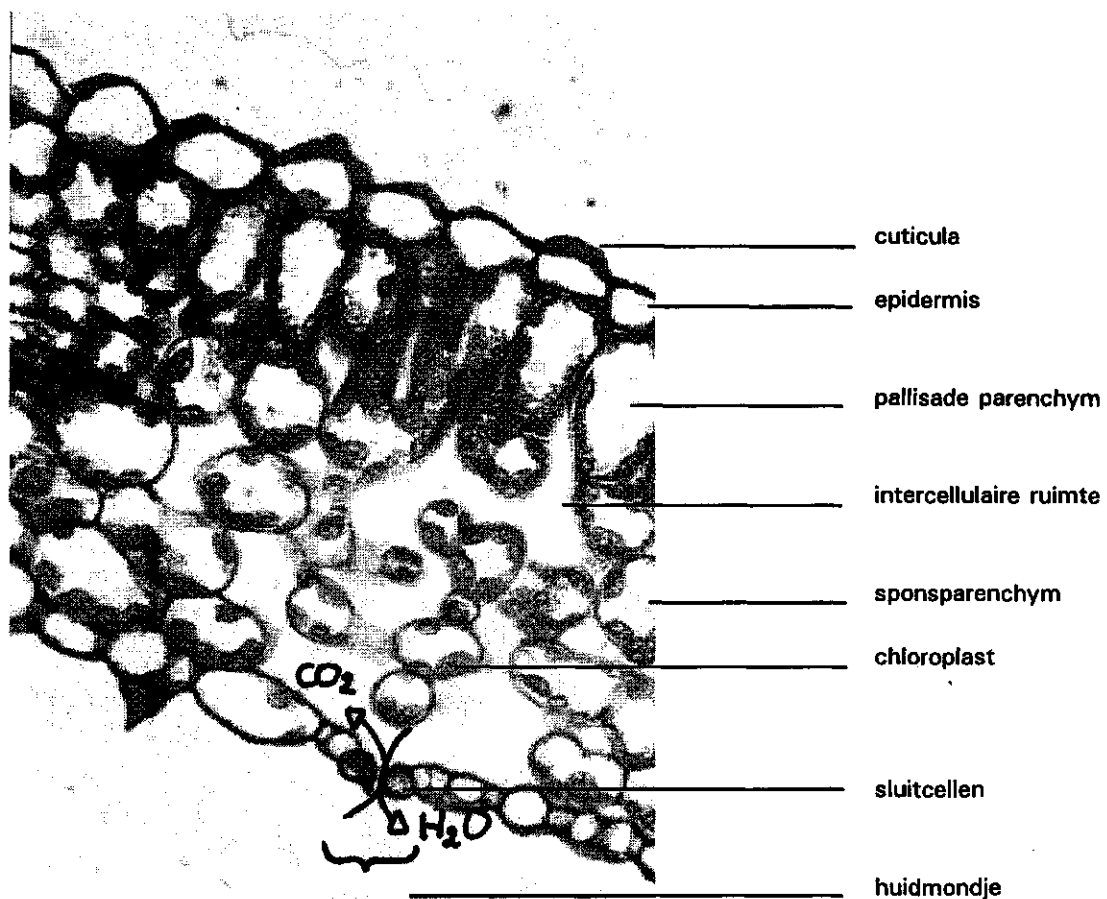
Om de  $\text{CO}_2$  uit de lucht op te kunnen nemen zetten planten hun huidmondjes open. Huidmondjes (of stomata) zijn afsluitbare openingen in de opperhuid (of epidermis) van het blad. De huidmondjes zorgen er voor dat  $\text{CO}_2$  kan doordringen tot de cellen van het blad. Opening van de huidmondjes leidt automatisch tot waterverlies door verdamping. En water is zeer belangrijk voor planten, als belangrijkste bestanddeel van de cel, medium voor alle enzymatische processen, als basis voor de stevigheid (= turgor) en als transportmedium. Zodra het waterverlies te groot wordt sluiten de huidmondjes, ten koste van de fotosynthese. Voor een optimaal verloop van de fotosynthese dient de waterhuishouding van de plant in de kas (waterbeschikbaarheid, vochtdeficit en relatieve luchtvochtigheid) niet beperkend te zijn.

### 2.3.1 De anatomie van huidmondjes

Er bestaat een grote variëteit tussen huidmondjes wat betreft vorm en ligging. Zo kunnen huidmondjes zich aan één, of aan beide zijden van het blad bevinden. Ze kunnen gelijk liggen met de epidermis, of juist verzonken in het blad om de verdamping verder te beperken. Iedere vierkante millimeter bladoppervlakte bevat ongeveer 100 huidmondjes, maar het aantal kan ook wel tien keer zo groot zijn (Salisbury en Ross, 1992). Figuur 1 toont de dwarsdoorsnede van een *Salvia*-blad, waarbij het huidmondje is aangegeven met een pijl. Het blad bestaat van boven naar onder uit: een cuticula, epidermiscellen, palisadeparenchym en sponsparenchym (samen het mesofyl), intercellulaire ruimten, een epidermis met huidmondjes (stomata) en de cuticula. De cuticula is een wasachtige laag die dient voor de beperking van de verdamping. De meeste waterdamp en andere gassen moeten dus door de huidmondjes de plant verlaten. Het water in het blad verdampst vanuit de celwanden van het mesofyl naar de intercellulaire ruimten. Deze ruimten staan bij

geopende huidmondjes continu in verbinding met de buitenlucht (Salisbury en Ross, 1992).

Ook is er een grote verscheidenheid in de anatomie van bladeren. In paragraaf 2.4 wordt het  $C_4$ -systeem van de fotosynthese uitgelegd. Dit systeem vinden we vooral bij tropische grassen als bijvoorbeeld maïs. Bladeren met deze  $C_4$ -fotosynthese hebben een speciale bouw, de 'Kranz-anatomie' (Salisbury en Ross, 1992), waarbij de vaatbundels in het blad zijn omgeven door een schede van parenchymatische cellen (de vaatbundelschede), waarin relatief grote chloroplasten voorkomen (figuur 2). Rondom de vaatbundelschede bevindt zich een laag mesofylcellen met relatief weinig intercellulaire ruimten, waarin evenals in de overige mesofylcellen kleinere chloroplasten zitten (Quispel en Stegwee, 1983).



*Figuur 1* - Dwarsdoorsnede van een Salvia-blad

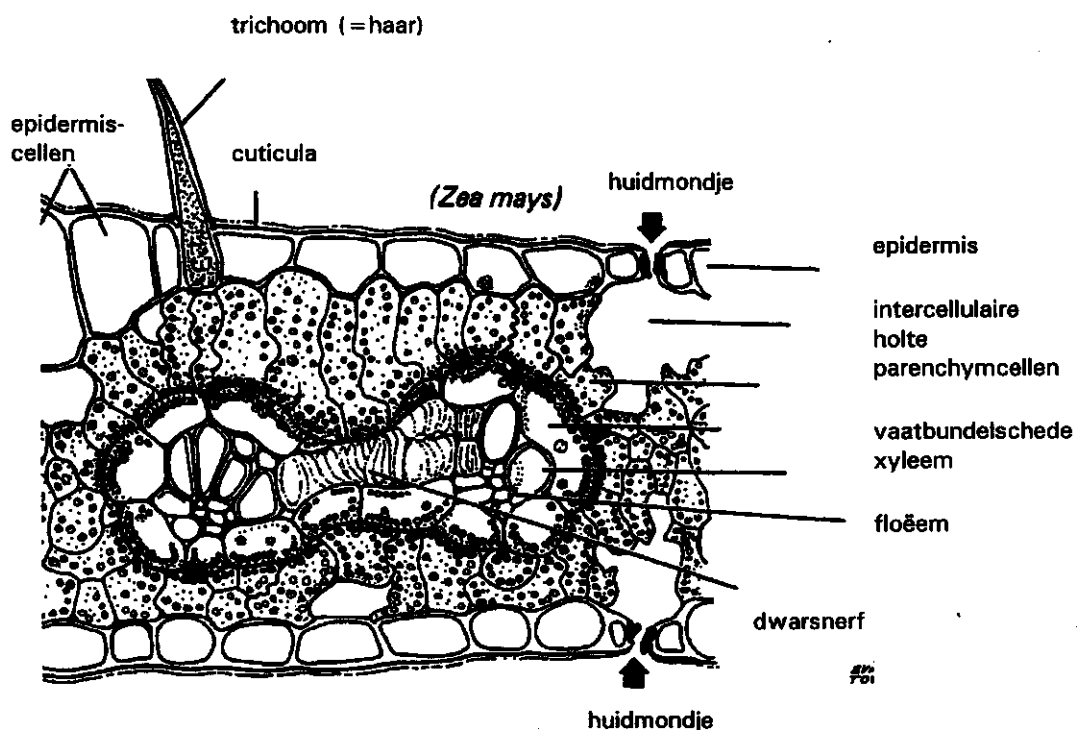
### 2.3.2 Sturing van huidmondjes

Er zijn vele factoren die de opening van huidmondjes beïnvloeden. De belangrijkste sturingsfactoren zijn echter:

1. de biologische klok;
2. de  $CO_2$ -concentratie in het blad (in de intercellulaire ruimten).

Huidmondjes gaan open bij zonsopgang en sluiten wanneer het donker wordt. Zo kan er overdag kooldioxide naar binnen stromen en gebruikt worden in de fotosynthese. Het openen neemt ongeveer een uur in beslag, terwijl het sluiten al in de namiddag aanvangt (Salisbury en Ross, 1992). Het minimum lichtniveau voor opening van de huidmondjes is bij de meeste planten  $1/1000^e$  tot  $1/30^e$  deel van vol zonlicht. Dit niveau is voor de plant net voldoende om te fotosynthetiseren. Hogere instraling resulteert in een grotere huidmondjesopening.

Er wordt aan de noodrem getrokken wanneer de verdamping te groot wordt. De huidmondjes gaan dan dicht (geheel of gedeeltelijk), om het waterverlies te beperken. Een aantal succulenten die onder warme, droge condities groeien hebben een andere methode ontwikkeld. Ze openen hun huidmondjes namelijk 's nachts en leggen  $CO_2$  vast in malaat. Overdag zijn de huidmondjes gesloten, waardoor waterverlies wordt beperkt (zie CAM-fotosynthese, paragraaf 2.4).



*Figuur 2* - Dwarsdoorsnede van een mais-blad (*Zea mays*).  
(Bron: Salisbury & Röss, 1992)

### 2.3.3 Fotorespiratie

Zodra de fotosynthese goed verloopt, met voldoende water en licht, treedt een nieuw probleem op:  $CO_2$ -uitputting rond de fotosynthetiserende cellen in het blad. Het enzym Rubisco (ribulose-1,5-bisfosfaat-carboxylase-oxidase), dat het  $CO_2$  uit de lucht bindt en zorgt voor de verdere verwerking, bindt ook heel vaak - per ongeluk - zuurstof. Oorzaak hiervan is dat  $CO_2$  en  $O_2$  om dezelfde plaatsen op het enzym Rubisco concurreren. Na binding met zuurstof is de vervolgens door het chlorofyl ingevangen lichtenergie verloren voor de inbouw van koolstof. Na deze reactie komt weer  $CO_2$  vrij, hetgeen waarneembaar is als fotorespiratie (zie 2.3.3).

Toen Rubisco zo'n drie miljard jaar geleden evolueerde, bestond de atmosfeer uit 35% CO<sub>2</sub> en 0% O<sub>2</sub>, dus toen was er geen probleem. Doordat de concentratie zuurstof nu veel hoger (20%) is dan koolzuurgas (0,035%) komt het nogal eens voor dat er zuurstof in plaats van kooldioxide gebonden wordt, te meer omdat in het blad de concentratie van koolzuurgas door de actieve fotosynthese zelfs nog veel lager is dan die 0,035%. Toch doen planten het nog steeds met datzelfde Rubisco, en het antwoord is de aanmaak van enorme hoeveelheden van het enzym. Het blad van een moderne plant zit boordevol Rubisco. Er is wel eens bekend dat Rubisco het meest geproduceerde eiwit op aarde is (Bienfait en Schildwacht, 1994).

Door CO<sub>2</sub>-uitputting rond de planten te voorkomen, en/of de concentratie in de kas te verhogen, zijn de verliezen door fotorespiratie te verminderen, en daarmee wordt de netto-fotosynthese verhoogd.

## 2.4 C<sub>4</sub> EN CAM-FOTOSYNTHESE

De meeste gewassen in onze kassen zijn C<sub>3</sub>-planten. Deze nemen overdag kooldioxide op en gebruiken deze direct in de fotosynthese voor de productie van suikers (zie paragraaf 2.2). Bij lage CO<sub>2</sub>-concentraties kunnen C<sub>3</sub>-planten problemen krijgen met de CO<sub>2</sub>-opname, waardoor de fotosynthese afneemt. Zoals in voorgaande paragrafen al gemeld is, zijn er planten die een systeem hebben waarmee ze het probleem van de lage CO<sub>2</sub>-concentraties en binding van zuurstof aan Rubisco kunnen omzeilen. In de bladeren van C<sub>4</sub>-planten is de plaats van de invang van CO<sub>2</sub> gescheiden van de plaats van verdere verwerking. In dit geval wordt CO<sub>2</sub> (overdag wanneer het licht is) door een ander enzym (PEP carboxylase), dat niet kan reageren met zuurstof, aangepakt en gebonden in malaat en aspartaat. PEP carboxylase draagt het CO<sub>2</sub> over op een dragermolekuul, dat naar een speciale krans van cellen gaat (Kranz-anatomie), waarin het Rubisco zit. Het CO<sub>2</sub> wordt hier overgedragen op Rubisco en verder volgens het normale proces verwerkt. Doordat de CO<sub>2</sub> pas klaar wordt aangereikt, en doordat het Rubisco niet in contact staat met de lucht (zuurstof), worden verliezen voorkomen en de efficiëntie verhoogd.

Tenslotte is er ook het CAM-metabolisme (Crassulacean Acid Metabolism). Bij dit systeem zijn de invang en de inbouw van koolzuurgas in de tijd gescheiden. Deze planten beschermen zich tegen uitdrogen door overdag hun huidmondjes vrijwel helemaal af te sluiten. Hierdoor is er overdag ook nauwelijks of geen CO<sub>2</sub>-opname mogelijk. Tijdens de koele nachten staan de huidmondjes open, en wordt het CO<sub>2</sub> gebonden aan malaat, waardoor de bladeren 's nachts steeds zuurder worden. Omdat het donker is kan verdere verwerking niet plaatsvinden, dat gebeurt pas de volgende dag na overdracht van het koolzuur aan Rubisco. Het grote voordeel van dit systeem is dat de huidmondjes overdag gesloten kunnen blijven - het koolzuurgas is al binnen - zodat verdamping beperkt wordt. Dit type fotosynthese komt dan ook veel voor bij woestijn- en steppeplanten.

Het vermogen tot CAM is genetisch vastgelegd. Dit betekent echter nog niet dat altijd CAM optreedt. Enkele planten (*Mesembryanthemum crystallinum*, *Portulacaria afra*) vertonen onder normale omstandigheden geen CAM, maar dit kan geïnduceerd worden door andere factoren zoals klimaat en watervoorziening (Quispel en Stegwee, 1983). Bij hoge dagtemperaturen en een slechte watervoorziening (waterstress, zoutstress) sluiten de huidmondjes overdag. CAM-planten hebben dan de mogelijkheid CO<sub>2</sub> in de nacht, bij geopende huidmondjes, op te

nemen en vast te leggen (Quispel en Stegwee, 1983; Enoch en Kimball, 1986). Uit onderzoek bij *Kalanchoe* blijkt dat onder Nederlandse teeltomstandigheden (in de kas) in het voorjaar extra CO<sub>2</sub>-toediening overdag het vers- en drooggewicht doet toenemen ten opzichte van geen CO<sub>2</sub>-toediening. Dit was zowel het geval onder langedag- als onder kortedag-omstandigheden (Verberkt, 1993). Toedienen van extra CO<sub>2</sub> in de nacht had in dit onderzoek weinig tot geen effect. Het is zeer waarschijnlijk dat ook andere CAM-planten (bijvoorbeeld *Phalaenopsis* en cactussen), wanneer ze onder gunstige omstandigheden in de kas gekweekt worden gewoon overdag CO<sub>2</sub> opnemen en verwerken.

Dat het C<sub>4</sub> en CAM -systeem niet de C<sub>3</sub>-fotosynthese hebben verdrongen komt doordat ze 'duurder' zijn; ze vereisen beide meer energie en CAM-planten ook nog een grotere biochemische uitrusting. Voor C<sub>4</sub> geldt dat vooral bij wat lagere temperaturen. CAM is alleen rendabel bij zeer nijpend watergebrek.

## 2.5 ADEMHALING EN GROEI

Bij de ademhaling verloopt de reactie zoals weergegeven in 2.2 juist in tegengestelde richting. De suikers worden onder opname van zuurstof geoxideerd (verademd) tot CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O, waarbij de vastgelegde energie weer vrijkomt. De meeste energie komt hierbij vrij als warmte. De warmte wordt deels gebruikt om de plant bij lage temperaturen te stimuleren bij de groei. De rest van de warmte verdwijnt in de atmosfeer. Het andere gedeelte van de energie wordt vastgelegd in ATP, wat gebruikt wordt voor onderhoud en groei van de plant. Hierbij worden bouwstoffen (eiwitten, nucleïnezuren) en reservestoffen (vetten, complexe suikers) gevormd. Er wordt in het algemeen groeiademhaling en onderhoudsademhaling onderscheiden. Ademhaling vindt zowel in het licht als in het donker plaats.

Bij de teelt moeten de planten optimaal kunnen groeien. Dat houdt in dat er per tijdseenheid meer suikers gevormd moeten worden dan voor de ademhaling nodig zijn. Het overschot aan suikers (= netto-assimilatie) kan door de plant worden benut voor de groei. Bij erg donker weer kan het voorkomen dat de plant meer suikers verademt dan er door de fotosynthese worden aangemaakt. Hij teert dan in op zijn reservestoffen.

### Samengevat:

bruto-fotosynthese - fotorespiratie = netto-fotosynthese

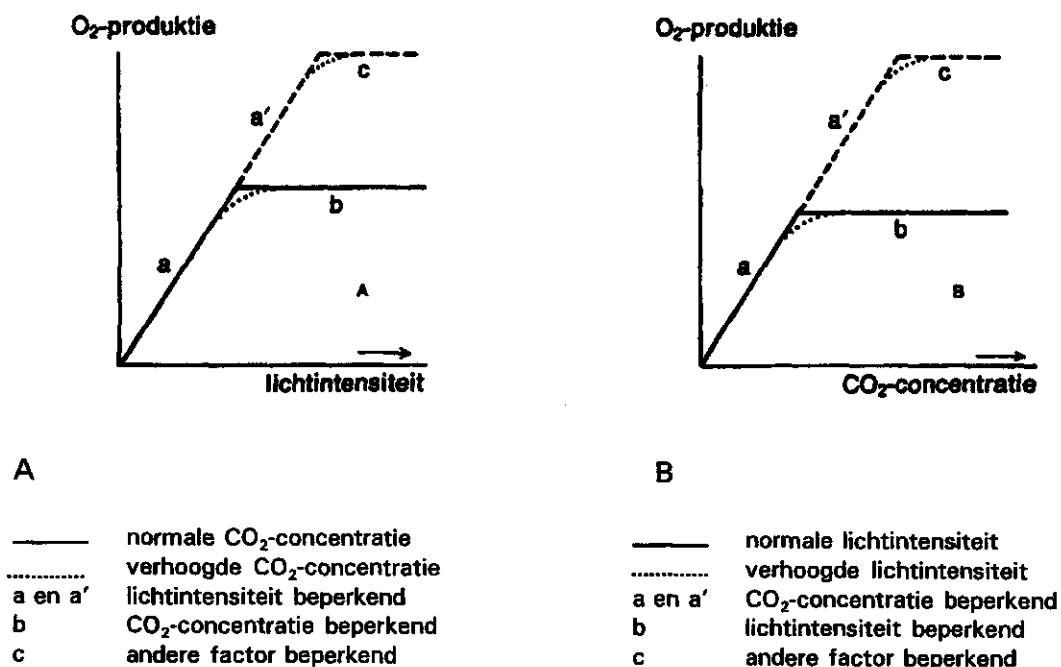
netto-fotosynthese - respiratie (in allerlei plantedelen) = netto-assimilatie(snelheid)

## 2.6 HET NUT VAN (EXTRA) CO<sub>2</sub> VOOR PLANTEN

Uit het voorgaande blijkt dat het belangrijk is om de CO<sub>2</sub>-concentratie rond het gewas omhoog te brengen. De fotorespiratie neemt namelijk af door een toename in de verhouding van CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>; er kan meer CO<sub>2</sub> met het Rubisco reageren, waardoor de fotosynthese verhoogd wordt (Salisbury en Ross, 1992).

De CO<sub>2</sub>-concentratie in de buitenlucht ligt rond de 360 dpm (delen per miljoen). Wordt niet gedoseerd in de kas, dan kan de CO<sub>2</sub>-concentratie in de kas dalen tot onder de 360 dpm door de opname van CO<sub>2</sub> uit de lucht. Het tekort aan CO<sub>2</sub> kan de groei van planten remmen, CO<sub>2</sub> is dan de beperkende factor. Dit begrip is ingevoerd naar aanleiding van de invloed van uitwendige omstandigheden (licht,

CO<sub>2</sub>-concentratie) op de fotosynthese door F.F. Blackman in 1905. De fotosynthetische O<sub>2</sub>-productie (wordt ook veel gebruikt als maat voor de fotosynthesesnelheid) neemt bij lage lichtintensiteiten evenredig met de lichtintensiteit toe, tot vanaf een bepaald niveau verdere toename van de lichtintensiteit geen stijging van de O<sub>2</sub>-productie meer veroorzaakt. Wordt nu de CO<sub>2</sub>-concentratie verhoogd, dan kan alsnog met toenemende lichtintensiteit een grotere O<sub>2</sub>-productie worden verkregen, weer tot aan een bepaalde waarde. Aanvankelijk was de lichtintensiteit de beperkende factor, daarna de CO<sub>2</sub>-concentratie en vervolgens een andere factor, bijvoorbeeld de capaciteit van één van de betrokken enzymen. Wordt de fotosynthesesnelheid (hier de O<sub>2</sub>-productie) afgezet tegen de lichtintensiteit (bij verder constante condities) of tegen de CO<sub>2</sub>-concentratie (bij constante lichtintensiteit), dan ontstaat er een curve: de Blackman-kromme, zie figuur 3 (Quispel en Stegwee, 1983). De CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer, waarbij de binding (fotosynthese) en productie (respiratie) van CO<sub>2</sub> elkaar bij normale belichting net compenseren, wordt het CO<sub>2</sub>-compensatiepunt genoemd (Salisbury & Ross, 1992).

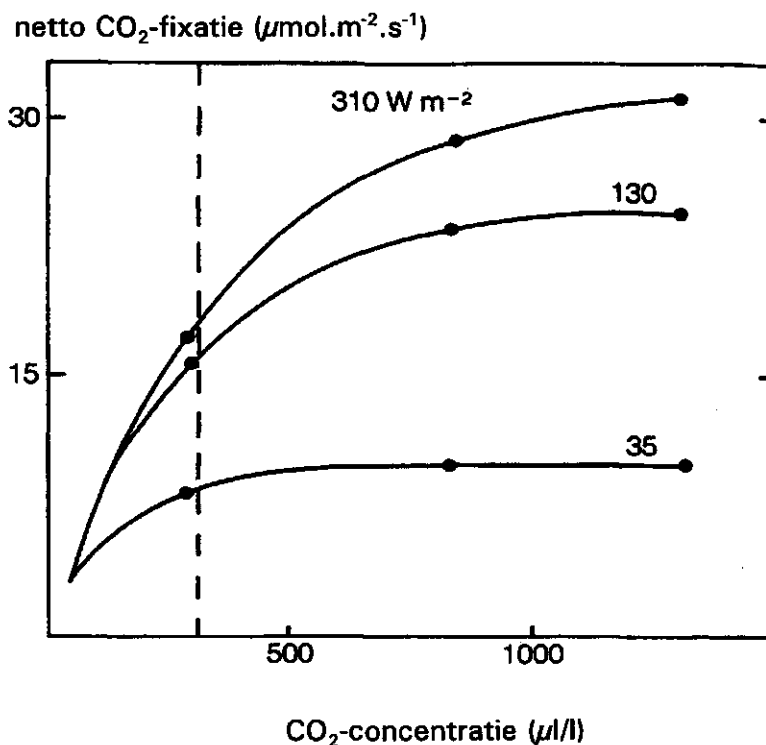


**Figuur 3** - Blackman-kromme van het effect op de fotosynthesesnelheid van A. oplopende lichtintensiteiten en B. oplopende CO<sub>2</sub>-concentratie (Bron: Salisbury & Ross, 1992).

In figuur 4 is het effect van CO<sub>2</sub>-dosering op de CO<sub>2</sub>-fixatie (in  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) in een suikerbietenblad (C<sub>3</sub>-fotosynthese) bij drie verschillende lichtniveaus (in PAR) weergegeven. De stippellijn geeft het buitenniveau van de CO<sub>2</sub>-concentratie weer op het moment dat de metingen plaatsvonden. Hogere CO<sub>2</sub>-niveaus zorgen voor een hogere CO<sub>2</sub>-fixatie bij hogere lichtniveaus. Bij het hoogste lichtniveaus was de CO<sub>2</sub>-fixatie bijna verzadigd bij de hoogste CO<sub>2</sub>-dosering, terwijl bij lagere lichtniveaus al bij een veel lager CO<sub>2</sub>-niveau een verzadiging van CO<sub>2</sub>-fixatie bereikt werd. Ook blijkt uit de grafiek dat bij lage CO<sub>2</sub>-concentraties het effect van CO<sub>2</sub>-doseren het grootst is. Bij hogere CO<sub>2</sub>-concentraties zwakt het effect af en bij nog hogere niveaus (boven 1000 dpm) is het effect van extra CO<sub>2</sub> nagenoeg nul ge-

worden (afhankelijk van het lichtniveau). Let wel, in deze figuur is de bladfotosynthese weergegeven. De effecten van CO<sub>2</sub> op de bladfotosynthese zijn niet gelijk aan de gewasfotosynthese. Een gewas bestaat uit meerdere bladlagen, en het wil dus niet zeggen dat wanneer de bladfotosynthese verzadigd is, de gewasfotosynthese ook verzadigd is.

Boven een bepaald lichtniveau is er dus sprake van CO<sub>2</sub>-verzadiging: een toenemend lichtniveau geeft geen toename meer van de (blad)fotosynthese. Tussen donker en de lichtsterkte waarbij verzadiging optreedt is er een lichtsterkte waarbij de opname van CO<sub>2</sub> (fotosynthese) gelijk is aan de afgifte van CO<sub>2</sub> (respiratie): het lichtcompensatiepunt (Salisbury & Ross, 1992). De netto-fotosynthese is op dat moment nul. Dit punt is afhankelijk van een aantal factoren zoals bijvoorbeeld: soort plant, instraling tijdens de groei en de CO<sub>2</sub>-concentratie.



**Figuur 4** - Effect van CO<sub>2</sub>-dosering op de CO<sub>2</sub>-fixatie in suikerbietenblad. (Bron: Salisbury & Ross, 1992)

### 2.6.1 Wanneer CO<sub>2</sub> doseren?

Nederhoff (1994) vond uit bestudering van veel meetgegevens dat fotosynthese en verdamping 's middags vrijwel gelijk zijn aan 's morgens, tenminste als de omstandigheden (licht, temperatuur, luchtvochtigheid, CO<sub>2</sub>) gelijk zijn. De plant kan dus de gehele dag door fotosynthesiseren. Uit Scandinavisch onderzoek bij *Ficus benjamina* bleek dat de fotosynthese direct start bij zonsopkomst, maar dat na de middag deze activiteit daalt. Na 14.00 uur was de fotosynthese-activiteit laag (Ottosen en Rosenqvist, 1992). De in de fotosynthese geproduceerde suikers kunnen niet zo snel afgevoerd worden, waardoor remming van de fotosynthese door het eindproduct optreedt (feedback-remming, zie 2.2.1).

Om enige richtlijn te kunnen geven voor CO<sub>2</sub>-dosering op een zonnige zomerdag heeft Nederhoff (1994) een indeling van de dag gemaakt in vier perioden:

- 's morgens, met toenemend licht en relatief weinig luchten;
- midden van de dag, meest lichtrijke periode met veel luchten;
- middag, met afnemend licht en veel luchten;
- (voor)avond, relatief weinig licht en weinig luchten.

De belangrijkste periode voor CO<sub>2</sub>-dosering is de meest lichtrijke periode, midden op de dag. Een probleem is dat in deze periode ook het meeste gelucht wordt. Het is aan te bevelen om de CO<sub>2</sub>-concentratie in ieder geval op de buitenwaarde te houden (circa 360 dpm). De tweede belangrijke periode is de morgen, omdat er dan nog relatief weinig wordt gelucht. 's Morgens vroeg is de fotosynthesesnelheid nog laag, omdat er nog niet veel licht is. Later neemt de hoeveelheid licht toe is het effect van een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie groot. Op de derde plaats is de middag van belang. Er is genoeg licht voor de fotosynthese, alleen is de kans groot dat er veel wordt gelucht. Dus ook in deze periode wordt aanbevolen om de CO<sub>2</sub>-concentratie in ieder geval op de buitenwaarde te houden (circa 360 dpm). Tegen de avond tenslotte kan er weer een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie aangehouden worden, maar door het snel dalende lichtniveau is het gewas niet in staat nog veel met de aangeboden CO<sub>2</sub> te doen. Dit komt overeen met resultaten gevonden door Mortensen (1984) die in zijn experimenten vond dat CO<sub>2</sub>-doseren in de avond of ochtend bij lage lichtniveaus niet betrouwbaar verschillend was ten opzichte van niet doseren. Als in de nacht niet belicht wordt heeft het geen zin om CO<sub>2</sub> te doseren.

De meeste fotosynthese vindt plaats in bladeren die veel licht onderscheppen. Bij het doseren is het dus verstandig om de CO<sub>2</sub> dáár te brengen waar veel fotosynthese kan plaatsvinden, bovenin het gewas. Voor de verdeling van de CO<sub>2</sub>-concentratie zijn vooral de verschillen tussen de verschillende plaatsen in de kas van belang. CO<sub>2</sub> stroomt naar plaatsen met een lagere concentratie en hoe groter het concentratieverschil, des te harder de CO<sub>2</sub> stroomt. Daar waar de temperatuur het hoogst is, is ook de concentratie het hoogst en omgekeerd. Dit komt omdat warme lucht opstijgt en daarmee de met CO<sub>2</sub> verrijkte omgevingslucht van onderin de kas omhoog zuigt. Bovenin de kas koelt de lucht weer af door uitwisseling met de buitenlucht en komt dan weer naar beneden met een veel lagere CO<sub>2</sub>-concentratie. De wind heeft een nog grotere invloed op de verplaatsing van CO<sub>2</sub> dan temperatuurverschillen. Wind zorgt voor drukverschillen in de kas. Aan de gevel waar de wind op staat is veelal de hoogste CO<sub>2</sub>-concentratie te vinden (Rijsdijk, 1994b).

Door het doseren van CO<sub>2</sub> sluiten de huidmondjes geheel of gedeeltelijk, afhankelijk van de gedoseerde concentratie. De mate van extra sluiting is bij tomaat, komkommer en paprika circa 3% per 100 dpm extra CO<sub>2</sub>, aubergine reageert ongeveer drie keer zo sterk op een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie (Nederhoff en De Graaf, 1992). Hierdoor neemt de verdamping af (de luchtvochtigheid in de kas daalt) en stijgt de bladtemperatuur. Dit wil echter niet zeggen dat de groei daarvoor ook afneemt. Bij hoge CO<sub>2</sub>-concentraties in de kas komt door het sluiten van de huidmondjes minder lucht binnen, maar die lucht heeft wel een hoger CO<sub>2</sub>-gehalte. Het resultaat is dat er netto komt er meer koolzuurgas naar binnen stroomt. CO<sub>2</sub>-dosering leidt dus tot een hogere fotosynthese, ondanks een zekere sluiting van de huidmondjes.



### 2.6.2 CO<sub>2</sub>-dosering: de invloed van extra licht

In paragraaf 2.6 lazen we dat door het doseren van CO<sub>2</sub> de lichtbenutting efficiënter wordt (CO<sub>2</sub> kan beter concurreren tegen O<sub>2</sub>), wat resulteert in een hogere fotosynthese. Bij extra licht gaat ook de fotosynthese omhoog, maar wordt het proces niet efficiënter. Uit buitenlands onderzoek met *Campanula isophylla* blijkt dat CO<sub>2</sub>-dosering de lichtbehoefte van moerplanten met 40% vermindert (Moe, 1987). Mortensen (1983) vond bij *Saintpaulia ionantha* eenzelfde reactie. De lichtbehoefte kon hier met 30% verminderd worden. Bij groene potplanten en planten in het vegetatieve stadium zou dit effect zelfs 40-50% bedragen, bij bloeiende potplanten en snijbloemen bedraagt dit 20-30%.

Onderzoek van Reimherr (1985a; 1985b) toonde bij *Ficus* en *Cissus* aan dat zowel CO<sub>2</sub>-doseren als extra belichting een toename van het vers- en drooggewicht, de planthoogte, de bladoppervlakte, het aantal bladeren en het aantal vertakkingen gaven. Ook hier was er met belichting een betere CO<sub>2</sub>-benutting. Hetzelfde werd gevonden bij *Calathea crocata* (Van Huylenbroeck en Debergh, 1993).

### 3. CO<sub>2</sub>-DOSERING IN DE SNIJBLOEMENTEELT

#### 3.1 INVLOED CO<sub>2</sub>-DOSERING OP PRODUCTIE

CO<sub>2</sub>-dosering bij snijbloemen resulteert in een toename van het drooggewicht, de bloemsteellengte, een snellere groei, een vroegere en rijkere bloei, en een betere stengel- en bloemkwaliteit. Bij snijbloemen kunnen niet alleen de te oogsten takken zwaarder en beter van kwaliteit worden, maar ook een toename van het aantal te oogsten takken is mogelijk. Doordat het gewas 'harder' wordt, is er minder kans op Botrytis en meeldauw. Soorten en cultivars kunnen verschillend op CO<sub>2</sub>-dosering reageren en ook kunnen de gewassen een ander optimum hebben.

Uit de beschikbare informatie blijkt dat de positieve effecten van CO<sub>2</sub>-dosering algemeen geldend zijn. Soms is vergelijking van resultaten lastig, omdat de experimenten vaak verschillend uitgevoerd zijn en de resultaten verschillend gepresenteerd worden. Wat de uitvoering van het onderzoek betreft kunnen al verschillen ontstaan doordat in het ene onderzoek uitsluitend gekeken wordt naar het effect van CO<sub>2</sub>, in andere experimenten worden de CO<sub>2</sub>-effecten bekeken in combinatie met andere factoren zoals belichting (zowel daglengte als assimilatiebelichting), bemesting, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Ook de plaats waar de proeven zijn uitgevoerd, en dan zowel de ruimten waarin het gewas stond (kassen, geconditioneerde ruimten, etcetera), als geografische ligging en seizoen (met onder andere daarbij behorende daglengtes, lichtniveaus en luchtvochtigheid) kunnen verschillen. Al deze factoren kunnen van invloed zijn op de resultaten van het onderzoek.

Tot slot wat de presentatie betreft, geeft de ene auteur bijvoorbeeld wel plantgewichten (vers- en/of drooggewicht), teeltsnelheid, aantal knoppen en bloemen en bladoppervlakte weer, terwijl een andere auteur dit niet of maar gedeeltelijk doet. Ook worden de resultaten bij de presentatie van het ene onderzoek bijvoorbeeld in grammen of dagen (absolute getallen kunnen voor vergelijking wel omgezet worden in procenten) gepresenteerd, terwijl in een ander artikel de resultaten in procenten worden gegeven.

In de tabellen 1 en 2 zijn de verzamelde resultaten uit het binnen- en buitenlandsonderzoek samengevat. Tabel 1 geeft de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op het gewicht, het aantal bloemtakken, de bloemsteellengte en de bladoppervlakte van snijbloemen weer. In tabel 2 staan de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de kwaliteit, teeltduur en houdbaarheid van snijbloemen weergegeven. In de volgende paragrafen staan de tabellen kort toegelicht.

##### 3.1.1 Vers en drooggewicht

Uit tabel 1 blijkt dat CO<sub>2</sub>-dosering bij snijbloemen resulteert in een toename van het vers- en/of drooggewicht. Bij *Alstroemeria* is deze toename niet zo groot, maar bij anjer, chrysant en *Freesia* was de gewichtstoename veel sterker. Bij roos varieert de toename van het gewicht bij CO<sub>2</sub>-dosering van 4-20%. Hendriks en Hackbarth (1985) vonden bij de roos 'Mercedes' alleen een toename van het versgewicht wanneer alle sorteringen gezamenlijk (één tot en met zeven) werden bekeken. Mortensen en Moe (1992) vonden bij 'Frisco' en 'Kiss' een toename in droog-

gewicht van de gehele plant, verhouding van het versgewicht van de stengel ten opzichte van het blad en het versgewicht van de bloemen bij CO<sub>2</sub>-dosering tot een niveau van 700 dpm. Oorzaken voor de verschillen tussen deze twee onderzoeken kunnen zijn: 1. het gebruik van verschillende cultivars; 2. leeftijdsverschillen van de planten. Mortensen en Moe hebben de proeven uitgevoerd met jonge planten waar één scheut per plant werd aangehouden. Hendriks en Hackbarth daarentegen hebben gewerkt met meerjarig struiken, die een aantal takken droegen. Het ene gewas had dus meer blad dan het andere. Is de bladoppervlakte groter dan 3 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> grond (LAI = 3) dan neemt de CO<sub>2</sub>-opname bij groentegewassen als tomaat, paprika en komkommer nauwelijks toe (Rijsdijk, 1994a). Dit getal is echter niet algemeen geldend, maar afhankelijk van gewas en het lichtniveau. Bij zonnebloem bijvoorbeeld is de optimale LAI bij vol zonlicht 7, bij 60% van vol zonlicht is de optimale LAI 5, en bij 23% zelfs 1,5 (Salisbury en Ross, 1992).

### 3.1.2 Aantal bloemen

CO<sub>2</sub>-dosering bij snijbloemen kan naast een toename van het vers- en drooggewicht ook resulteren in een toename van het aantal te oogsten takken. De toename van het aantal bloemtakken ligt bij de onderzochte gewassen tussen 3-31%. Bij *Chrysanthemum x morifolium* 'Dramatic' was er een toename van het aantal bloemen per tak met 40% (Eng et al., 1985). Bij *Rosa* 'Sonia' (syn. 'Sweet Promise') was de meerproductie te danken aan minder blinde scheuten tot 1200 dpm, en een stimulatie van een groter aantal okselknoppen tot uitgroeien van bloemscheuten bij 1200 en 1600 dpm (Hand en Cockshull, 1975a).

### 3.1.3 Bloemsteellengte

Voor snijbloemen is het van belang dat de lengte van de bloemsteel voldoende lang is. Langere bloemstelen leveren vaak meer geld op dan korte stelen. Bij anjer nam de bloemsteellengte toe met 3-32%. Bij *Chrysanthemum x morifolium* 'Dramatic' en *Gerbera* was geen effect van CO<sub>2</sub> dosering op de lengte van de bloemsteel waargenomen. Bij *Chrysanthemum x morifolium* 'Horim' nam de steellengte toe met 10% (Mortensen en Moe, 1982), de proef heeft echter zes weken geduurd, er is niet doorgegaan tot de bloei. Bij *Rosa* 'Mercedes' nam in de eerste tot en met de derde kwaliteit (lange stelen) het aantal takken toe (Hendriks en Hackbarth, 1985), bij 'Frisco' en 'Kiss' namen de lengte én de diameter toe (Mortensen en Moe, 1992) bij CO<sub>2</sub>-doseren. In een experiment met 'Sonia' verhoogde CO<sub>2</sub>-dosering (850 dpm) de strekkingssnelheid en daarmee ook de lengte (Urban et al., 1992).

## 3.2 INVLOED VAN CO<sub>2</sub> OP KWALITEIT EN HOUDBAARHEID

CO<sub>2</sub>-dosering resulteert bij de meeste snijbloemen in een betere kwaliteit. Definiëring van kwaliteit is echter moeilijk en afhankelijk van het gewas. Steviger bloemstelen, langere stelen, grotere bloemen of meer bloemen per bloemsteel en intensere kleuren zijn een aantal kenmerken die meetellen in de beoordeling van de kwaliteit. Maar ook bijvoorbeeld een toename van vers- en drooggewicht en van de lengte en diameter van de scheut kunnen bijdragen aan een betere kwaliteit. Bij *Alstroemeria* werden de stengels steviger en nam het aantal bloemen per bloeiwijze toe (Van Labeke en Dambre, 1994; Verboom, 1978). Ook bij anjer, chrysant en *Freesia* nam de kwaliteit toe (zie tabel 2). Goldsberry (1986) beschrijft experi-

menten uit de jaren vijftig en zestig. Proeven uit 1959 met anjer 'Red Gayety' toonden aan dat de stengels steviger werden. De Joode (1984) beschrijft eveneens een kwaliteitsverbetering bij anjer door CO<sub>2</sub>. Bij *Freesia* worden de takken zwaarder en groeit de kam beter uit (Doorduyn, 1986). Bij roos is het effect van CO<sub>2</sub>-dosering op de kwaliteit te zien door een toename in het aantal takken in de eerste tot en met de derde kwaliteit. Dit was vooral te danken aan een afname van het aantal blinde scheuten.

Bij twee van de weergegeven onderzoeken is gekeken naar de houdbaarheid. Hendriks en Hackbarth (1985) vonden bij roos geen betrouwbare verbetering van de houdbaarheid. Ook het vaasleven bij anjer werd niet beïnvloed door CO<sub>2</sub> te doseren (Goldsberry, 1986).

### 3.3 INVLOED VAN CO<sub>2</sub> OP TEELTSNELHEID

In de inleiding van dit hoofdstuk werd al geschreven dat CO<sub>2</sub>-dosering bij snijbloemen kan resulteren in een snellere groei en, afhankelijk van het gewas, een vroegere bloei. Dit is echter soort- en cultivar-afhankelijk. In de artikelen wordt vaak een teeltduurverkorting van een aantal dagen of weken gegeven, maar niet ten opzichte van de totale teeltduur. Hierdoor is de interpretatie en vergelijking van gegevens moeilijk. Ook wordt soms de RGR (relative growth rate) weergegeven. Deze is vaak hoger wanneer CO<sub>2</sub> gedoseerd wordt.

Verboom (1978) vond bij de drie onderzochte *Alstroemeria*-cultivars 'Regina', 'Canaria' en 'Orchid' een vervroeging van de productie. Niet aangegeven is met hoeveel dagen dit was. Van Dyk en Seydel (1985) geven in hun overzichtsartikel aan dat CO<sub>2</sub>-dosering bij *Alstroemeria* kan resulteren in een vervroeging van de oogst met twee tot drie weken (resultaten uit Noors onderzoek).

Uit praktijkervaringen bij anjer (De Joode, 1984) en proeven uit 1959 met anjer 'Red Gayety' (Goldsberry, 1986) blijkt ook dat CO<sub>2</sub>-dosering een vervroeging van de bloei veroorzaakt. Ook hier is niet aangegeven hoeveel dagen de winst is. Goldsberry (1986) beschrijft in zijn literatuurstudie een snellere bloei van één tot drie weken bij zowel geplozen als troschrysanthen. Bij *Freesia* kan door het aanhouden van een hogere temperatuur bij het CO<sub>2</sub>-doseren de teeltduur met zeven tot tien dagen worden bekort. Mortensen en Moe (1992) vonden bij roos 'Frisco' en 'Kiss' geen invloed van CO<sub>2</sub>-doseren op het aantal dagen tot bloei, terwijl Hendriks en Hackbarth (1985) een vervroeging van de oogst vonden bij de roos 'Mercedes' van vier tot zes dagen.

Tabel 1 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op het gewicht, het aantal bloemtakken, de bloemsteellengte en de bladoppervlakte van snijbloemen. Verklaring: \* = niet waargenomen; Het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle-behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Gewicht	Aantal bloemtakken	Bloemsteellengte	Bron	Opmerkingen
<i>Astroemeria</i> : 'Fiona', 'Helios', 'Mona Lisa', 'Tiara', 'Barbara'	- geen dosering - 900 dpm	+ 2 - 5% <sup>1)</sup>	+ 3 - 19% <sup>1)</sup>	*	Van Labeke en Dambre, 1994	<sup>1)</sup> het effect van CO <sub>2</sub> -doseren is groter met assimilatiebelichting
<i>Astroemeria</i> : 'Regina', 'Canaria', 'Orchid fl'	- 300 dpm - 1200 dpm	*	+ 10%	*	Verboom, 1978	Bij 'Regina' geen effect op de productie
Anjer: 'White No. 88', 'Safari', 'Elliot's White Sim', 'Pink Coquette'	- geen dosering - 600 dpm - 1200 dpm	+ 15% + 25%	+ 4% + 12%	+ 3% + 32%	McKeag, 1965	
<i>Chrysanthemum x morifolium</i> : 'Dramatic'	- 340 dpm - 1375 dpm	1. + 40% 2. + 74%	1. * 2. + 40% meer bloemen per tak	1. * 2. geen effect	Eng. et al., 1985	Assimilatiebelichting heeft een groter effect dan alleen CO <sub>2</sub> . Resultaten onderverdeeld in vegetatieve (1) en generatieve (2) fase.
<i>Chrysanthemum x morifolium</i> : 'Horim'	- geen dosering - 1000 dpm - 1600 dpm	+ 34,5% + 37,5%	*	+ 10% + 9%	Mortensen en Moe, 1982	geen significant effect op aantal bladeren
<i>Freesia</i> : 'Blue Haven'	- 200 dpm - 340 dpm - 600 dpm - 950 dpm	- 10% + 15% + 15%	- 20% + 20% + 20%	*	Doorduyn, 1986	1. interactie met plantdichtheid 2. geen verschil 600 - 950 dpm
<i>Gerbera</i> : 'Appelbloesem', 'Pimpernel'	- geen dosering - 800 dpm	geen effect	+ 9% en + 30%	geen effect	Buisman, 1986	

Vervolg tabel 1 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op het gewicht, het aantal bloemtakken, de bloemsteellengte en de bladoppervlakte van snijbloemen. Verklaring: \* = niet waargenomen; Het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle-behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Gewicht	Aantal bloemtakken	Bloemsteellengte	Bron	Opmerkingen
Roos: 'Baccara'	- geen dosering - 3000 dpm	*	+ 17 - 31% <sup>1)</sup>	*	Zieslin en Halevy, 1972	<sup>1)</sup> wel en niet geschermd
Roos: 'Tanbeedee' 'Belinda', 'Merko' Mercedes®, 'Sweet Promise' Sonia®	- 330 dpm - 1000-1200 dpm	+ 10 - 20%	+ 5 - 23%	+ 7 - 11%	Kresten Jensen, 1983	toename van het aantal bloemen afhankelijk van het seizoen en de cultivar
Roos: 'Mercedes'	- CO <sub>2</sub> -arm - 340 dpm - 600 dpm	- 2% geen effect + 7%	+ 2,5% geen effect + 17,5%	<sup>2)</sup>	Hendriks en Hackbarth, 1985	<sup>2)</sup> toename, geen cijfers gegeven
Roos: 'Mercedes' (M), 'Garnette' (G)	- 290 dpm - 950 dpm - 1600 dpm	+ 26% G/+ 15% M + 26% G/+ 23% M	+ 19% G/+ 50% M + 19% G/+ 50% M	+ 12% G/+ 11% M + 12% G/+ 9% M	Mortensen en Moe, 1982	
Roos: 'Frisco', 'Kiss'	- 350 dpm - 700 dpm	+ 18%	*	+ 6%	Mortensen en Moe, 1992	geen interactie met DIF
Roos: 'Sweet Promise' Sonia®	a) - geen dosering - 1000 dpm b) - geen dosering - 800 dpm - 1200 dpm - 1600 dpm	*	a) + 23% b) + 11% + 36% + 23%	*	Hand en Cockshull, 1975a	a) december - april b) december - maart  1. weinig verschil tussen 800 en 1200 dpm 2. afname aantal blinde scheuten (tot 1200 dpm)
Roos: 'Sweet Promise' Sonia®	- geen dosering - 1000 dpm	*	+ 18 - 31%	<sup>3)</sup>	Hand en Cockshull, 1975b	<sup>3)</sup> grotere toename korte stelen 1° kwaliteit

Tabel 2 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de kwaliteit, teeltsnelheid en houdbaarheid van snijbloemen (toegepaste niveaus als in tabel 1). Verklaring: \* = niet waargenomen; Het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle-behandeling.

Gewas	Kwaliteit	Teeltsnelheid	Houdbaarheid	Bron	Opmerkingen
<i>Astroemeria</i> : 'Fiona', 'Helios', 'Mona Lisa', 'Tiara', 'Barbara'	- steviger stengels - significante toename aantal bloempjes per bloeiwijze bij 'Tiara' <sup>1)</sup>	*	*	Van Labeke en Dambre, 1994	<sup>1)</sup> geen cijfers gegeven
<i>Astroemeria</i> : 'Regina', 'Canaria', 'Orchid'	- visueel lichte verbetering kwaliteit	sneller <sup>2)</sup>	*	Verboom, 1978	<sup>2)</sup> geen cijfers gegeven
Anjer: 'White No. 88', 'Safari', 'Elliot's White Sim', 'Pink Coquette'	5% betere kwaliteit bij dosering van 1200 dpm	Versnelling van de tweede teelt met 2 maanden bij 'Elliot's White Sim' bij 1200 dpm	*	McKeag, 1965	
<i>Chrysanthemum x morifolium</i> : 'Dramatic'	*	geen effect	*	Eng, et al., 1985	
<i>Chrysanthemum x morifolium</i> : 'Horim'	*	+ 12,5% <sup>3)</sup>	*	Mortensen en Moe, 1982	<sup>3)</sup> toename RGR
<i>Freesia</i> : 'Blue Haven'	betere kwaliteit <sup>4)</sup>	*	lichte verbetering <sup>4)</sup>	Doorduyn, 1986	<sup>4)</sup> geen cijfers gegeven
<i>Gerbera</i> : 'Appelbloesem' en 'Pimpernel'	geen effect	*	*	Buisman, 1986	

Vervolg tabel 2 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de kwaliteit, teeltsnelheid en houdbaarheid van snijbloemen (toegepaste niveaus als in tabel 1). Verklaring: \* = niet waargenomen;

Gewas	Kwaliteit	Teeltsnelheid	Houdbaarheid	Bron	Opmerkingen
Roos: 'Baccara'	*	geen effect	*	Zieslin en Halevy, 1972	
Roos: 'Tanbeedee' Belinda®, 'Merko' Mercedes®, 'Sweet Promise' Sonia®	*	*	*	Kresten Jensen, 1983	geen afname aantal blinde scheuten
Roos: 'Mercedes'	Meer takken van 1° t/m 3° kwaliteit	4-6 dagen sneller	geen effect	Hendriks en Hackbarth, 1985	geen afname aantal blinde scheuten
Roos: 'Mercedes', 'Garnette'	*	geen effect	*	Mortensen en Moe, 1982	afname van het aantal blinde scheuten van 28%
Roos: 'Frisco', 'Kiss'	*	geen effect	*	Mortensen en Moe, 1992	geen interactie met DIF
Roos: 'Sweet Promise' Sonia®	Meer takken van 1° kwaliteit <sup>1)</sup>	*	*	Hand en Cockshull, 1975a	<sup>1)</sup> geen cijfers gegeven
Roos: 'Sweet Promise' Sonia®	Meer takken van 1° kwaliteit <sup>2)</sup>	*	*	Hand en Cockshull, 1975b	<sup>2)</sup> afname van het aantal blinde scheuten van 8 - 32% (m.u.v. een geringe toename in februari met 4%)



## 4. CO<sub>2</sub>-DOSERING IN POT- EN PERKPLANTENTEELT

### 4.1 ALGEMENE EFFECTEN VAN CO<sub>2</sub>-DOSERING

Bij pot- en perkplanten resulteert CO<sub>2</sub>-dosering vooral in een snellere groei. De planten komen eerder in bloei, waardoor de teeltduur (met één tot twee weken, afhankelijk van het gewas) verkort kan worden. Van Dyk en Seydel (1985) geven in een aantal tabellen voor een groot aantal pot- en perkplanten de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op onder andere de teeltduur weer. Ook kunnen er er meer zij scheuten ontstaan (onder andere bij *Dieffenbachia*, *Ficus benjamina* en *Ficus pumila* (van Dyk en Seydel, 1985)). De planten worden kwalitatief beter, de bladkleur intenser. De ontwikkeling wordt gelijkmatiger, er is minder uitval bij vermeerdering en de planten zijn minder gevoelig voor schimmelziektes.

### 4.2 INVLOED VAN CO<sub>2</sub> OP PRODUCTIE

Bij de beoordeling van de resultaten, zoals deze zijn weergegeven in de literatuur, moet goed in de gaten gehouden worden op welk moment de waarnemingen aan het gewas gedaan zijn. Behandelingsverschillen in bijvoorbeeld vers- en drooggewicht kunnen ontstaan doordat planten gekweekt bij de lage CO<sub>2</sub>-concentratie langzamer groeien en daardoor later worden waargenomen (stadium veilingrijp). Hierdoor zijn de planten uiteindelijk even groot in vergelijking met de planten die wel extra CO<sub>2</sub> kregen. CO<sub>2</sub>-dosering resulteert dus, in een zwaardere plant òf in een snellere teelt òf beiden.

In de tabellen 3 tot en met 6 zijn de verzamelde resultaten uit het binnen- en buitenlandse onderzoek samengevat. Tabel 3 geeft de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op het gewicht, het aantal bloemen, het aantal zij scheuten en de bladoppervlakte van bloeiende pot- en perkplanten weer. In tabel 4 staan de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de planthoogte, kwaliteit en teeltsnelheid van bloeiende pot- en perkplanten weergegeven. Tabel 5 geeft de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op het gewicht, het aantal zij scheuten en het aantal bladeren van groene potplanten weer. In tabel 6 staan de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de planthoogte, de kwaliteit en teeltsnelheid van groene potplanten weergegeven. In de volgende paragrafen staan de tabellen kort toegelicht. De toelichting is hier en daar aangevuld met extra informatie uit vakbladen.

#### 4.2.1 Vers- en drooggewicht

Bij bloeiende potplanten varieert het effect van CO<sub>2</sub>-dosering van geen toename van het gewicht bij *Hibiscus* en *Rosa hybrida* 'Meijikatar' (Clark et al., 1993) tot een toename variërend van 19-56% bij *Kalanchoe* (Mortensen, 1983; Mortensen en Moe; 1992), 36% bij *Begonia x hiemalis* 'Schwabenland Red' (Mortensen en Gislerød; 1989), 60-70% bij *Chrysanthemum x morifolium* 'Fiesta' (Gislerød en Nelson; 1989) tot zelfs 126% (afhankelijk van de cultivar) bij *Saintpaulia* (Mortensen, 1983) (tabel 3). Bij *Anthurium andreaeanum* was het effect van CO<sub>2</sub>-dosering sterk afhankelijk van het seizoen. Het bleek dat een CO<sub>2</sub>-concentratie in de zomer van 900 dpm het gewicht van de planten met 33% verhoogde, terwijl een niveau van 600 dpm het gewicht met 23% verhoogde. Een proef uitgevoerd in

de winter resulteerde in een toename van het plantgewicht met 21% bij 900 dpm en slechts 2% bij 600 dpm (Mercx, 1988).

Bij groene potplanten werd in alle gevallen een toename van vers- en/of drooggewicht gevonden. Bij *Nephrolepis* een toename van 26% (Mortensen, 1983), bij *Ficus benjamina* 15-50% (Reimherr, 1985b), bij *Ficus elastica* 'Robusta' 34%, bij *Hedera helix* 'Anne Marie' 28% en bij *Dieffenbachia maculata* 'Compacta' 16% (Saxe en Christensen, 1984). Bij *Cissus* nam de groei toe door CO<sub>2</sub> bij een concentratie van 750 dpm, en deze nam nog verder toe bij een concentratie van 1500 dpm, zelfs zonder extra te belichten (Reimherr, 1985a). Bij *Schefflera* daarentegen was de toename bij 750 dpm niet betrouwbaar verschillend van die bij 1500 dpm. Dit gold zowel met als zonder bijbelichten (Reimherr, 1985a).

Bij *Kalanchoe* was er met betrekking tot het drooggewicht een interactie van CO<sub>2</sub> met de temperatuurbehandeling. De invloed van CO<sub>2</sub>-dosering was bij 20/20°C D/N + 19%, bij een temperatuur van 17/26 D/N was het effect 28% en bij een temperatuur van 23/14 D/N zelfs 36% (Mortensen en Moe, 1992).

Ook de relatieve luchtvochtigheid en de EC beïnvloeden het effect van CO<sub>2</sub>-dosering. Onderzoek aan *Begonia x hiemalis* van Mortensen en Gislørød (1989) toonde aan dat het aantal bladeren, het aantal bloemen en het drooggewicht significant toenam bij een stijging van de CO<sub>2</sub>-concentratie van 340 naar 900 dpm bij een normale EC (2,0 mS.cm<sup>-1</sup>) en hoge EC (4,0 mS.cm<sup>-1</sup>), maar niet bij een lage EC (1,0 mS.cm<sup>-1</sup>). Het effect van CO<sub>2</sub>-dosering op het drooggewicht was bovendien groter bij een relatieve luchtvochtigheid van 60% dan 85%. Maar bij *Chrysanthemum x morifolium* 'Fiesta' zorgde een hoge RV (95%) voor een extra verhoging van het drooggewicht ten opzichte van 50% (Gislørød en Nelson, 1989). Zij concludeerden dat bij een hogere RV de huidmondjesopening groter was, waardoor de CO<sub>2</sub>-opname beter zou kunnen plaatsvinden. Er was echter nauwelijks sprake van interactie tussen beide factoren.

#### 4.2.2 Aantal bloemen en bladeren

In de vorige paragraaf werd duidelijk dat CO<sub>2</sub>-dosering over het algemeen resulteert in een toename van het vers- en drooggewicht. Deze toename kan op verschillende manieren over de plant verdeeld worden. Enerzijds is het mogelijk dat de verschillende plantedelen zwaarder worden. Anderzijds kan het aantal bladeren en bloemen beïnvloed worden. Voor bladplanten is het aantal bladeren en voor bloeiende planten is ook het aantal bloemen van belang.

Bij bloeiende potplanten vinden we wisselende reacties. *Rosa hybrida* 'Red Minimo' geeft meer bloemen wanneer CO<sub>2</sub> gedoseerd wordt (Andersson, 1990), terwijl extra CO<sub>2</sub> bij *Rosa hybrida* 'Meijikatar' (Clark et al., 1993) en *Rosa* 'Orange Meillandia' (Mortensen, 1991) geen effect had op het aantal bloemen. Bij *Primula* nam het aantal bladeren toe, terwijl het aantal bloemen niet werd beïnvloed (Combe et al., 1984). Bij *Saintpaulia* (Mortensen, 1983) was er zowel een toename van het aantal bloemen en knoppen, als het aantal bladeren te zien. Boven de 900 dpm was de winst niet zo groot meer. *Spathiphyllum wallisii* reageerde eerder negatief op de combinatie CO<sub>2</sub> en licht wat betreft het aantal bloemen (Beel en Schelstreat, 1988).

Bij *Begonia x hiemalis* nam het aantal bladeren en bloemen significant toe bij een stijging van de CO<sub>2</sub>-concentratie van 340 naar 900 dpm bij een normale (2,0 mS.cm<sup>-1</sup>) en hoge EC (4,0 mS.cm<sup>-1</sup>), maar niet bij een lage EC (1,0 mS.cm<sup>-1</sup>). Het effect was onafhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid (Mortensen en Gislørød, 1989).

Bij *Cissus* nam het aantal bladeren toe bij een verhoging van de CO<sub>2</sub>-concentratie naar 750 en 1500 dpm (Reimherr, 1985a). Met belichting werd het effect bij 1500 dpm nog sterker. Ook bij *Nephrolepis* (Mortensen, 1983; Saxe en Christensen, 1984), *Ficus elastica* 'Robusta' en *Hedera helix* (Saxe en Christensen, 1984) nam het aantal bladeren toe. Bij *Schefflera* (Reimherr, 1985b), *Hibiscus*, *Dieffenbachia maculata* 'Compacta' en *Ficus benjamina* (Saxe en Christensen, 1984) had CO<sub>2</sub>-dosering geen effect op het aantal bladeren.

#### 4.2.3 Plantgrootte en bladoppervlakte

Bij bloeiende potplanten is in een paar experimenten het aantal zij scheuten waargenomen. Alleen bij *Kalanchoe* 'Kristina' (Mortensen, 1983) en *Chrysanthemum* 'Fiesta' (Gislørød en Nelson, 1989) was een toename te zien van het aantal zij scheuten door CO<sub>2</sub>-dosering. Gislørød en Nelson (1989) vonden verder dat zowel hoge RV als een hoge CO<sub>2</sub>-niveau resulteerden in een toename van de bladoppervlakte aan hoofd- en zij scheuten. CO<sub>2</sub>-dosering bij de opkweek van azalea had bij geen van de vier onderzochte cultivars ('Stella Maria', 'Friedheim Scherrer', 'Sankt Valentin', 'Hellmut Vogel') invloed op de zij scheutvorming en lengtegroei (Bruns en Hockwien, 1990).

Bij *Anthurium scherzerianum* werden de planten 14% hoger in vergelijking met de planten waarbij geen CO<sub>2</sub> werd toegediend (Mercx, 1988). Een verhoging van de CO<sub>2</sub>-concentratie tot 900 dpm gedurende vijf maanden zorgde bij *Calathea crocata* voor een toename van de bladoppervlakte en langere bloemstelen (Van Huylbroeck en Debergh, 1993). De planthoogte bij *Spathiphyllum* 'Mary' en 'Alain' werd verhoogd door CO<sub>2</sub> en licht, terwijl bij *S. wallisii* geen betrouwbare verschillen optraden door CO<sub>2</sub> te doseren. De combinatie CO<sub>2</sub> en licht had eerder een negatief dan een positief effect op de planthoogte (Beel en Schelstreat, 1988). Bij *S. 'Alain'* versterkten CO<sub>2</sub> en licht elkaar juist.

Bij groene potplanten varieerden de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op planthoogte, van 0% bij bijvoorbeeld *Dieffenbachia maculata* 'Compacta' en *Ficus benjamina* (Saxe en Christensen, 1984) tot 74% bij *Cissus antarctica* (Reimherr, 1985a). Bij *Cissus* en *Schefflera* (Reimherr, 1985a) en *Ficus benjamina* (Reimherr, 1985b) nam het aantal zij scheuten toe door CO<sub>2</sub>-dosering. Saxe en Christensen (1984) hebben in hun onderzoek bij *Ficus benjamina* onderscheid gemaakt tussen zij scheuten kleiner dan 10 cm en groter dan 10 cm. Er werd een afname van het aantal zij scheuten kleiner dan 10 cm geconstateerd en een toename van het aantal zij scheuten groter dan 10 cm. Werden alle zij scheuten bij elkaar geteld dan was er geen verschil in het aantal zij scheuten.

#### 4.3 INVLOED VAN CO<sub>2</sub> OP KWALITEIT

CO<sub>2</sub>-dosering resulteert bij de meeste potplanten in een betere kwaliteit. Het is moeilijk kwaliteit te definiëren en vast te stellen. In de meeste artikelen wordt ook alleen maar gesproken over betere kwaliteit, maar niet hoe deze bepaald is. Versen drooggewicht, aantal bloemen en bladeren, plantgrootte en bladoppervlakte zijn belangrijke factoren die de kwaliteit van potplanten bepalen. Compacte volle planten worden beter gewaardeerd dan langgerekte planten met weinig bladeren en bloemen.

Bij veel bloeiende potplanten wordt de kwaliteit verbeterd door CO<sub>2</sub>-dosering. Bij *Saintpaulia* (Mortensen, 1983; Schmidt en Strauch, 1987), *Begonia x hiemalis* 'Schwabensland' en potroos 'Red minimo' (Andersson, 1990) was er een duidelijke verbetering van de kwaliteit, terwijl er bij *Fuchsia* en *Campanula carpatica* 'Clips' geen verschillen gevonden werden (Andersson, 1990).

Zowel bij de potroos 'Meijikatar' (Clark et al., 1993) als bij Poinsettia 'Barbara Ecke Supreme' (Goldsberry, 1965) resulteerde hoge CO<sub>2</sub>-concentraties (700 en 1050 dpm) in chlorose van de bladeren. Bij potroos was tijdens de transportsimulatie (vijf dagen bij 4 en 16°C) het chlorofylgehalte met nog eens 50% verminderd. De conclusie van dit onderzoek was dan ook dat CO<sub>2</sub>-dosering tijdens de productie niet resulteert in een betere na oogst kwaliteit van de onderzochte cultivar (Clark et al., 1993). Voor een aantal poinsettia-cultivars is 400-500 dpm het maximum, andere cultivars verdragen tenminste 1000 dpm en reageren daarop met een snellere groei, beter uitlopen van scheuten en meer stabiele scheuten. Ook de grootte van de bracteeën werd positief beïnvloed (Jubt, 1985). Vanwege de grote cultivar-verschillen wordt geadviseerd bij poinsettia niet hoger te doseren dan 800 dpm. Hoge CO<sub>2</sub>-concentraties kunnen namelijk ook aanleiding geven tot het draaien van de bladsteel en de vorming van gekroesde bladeren in de top van de plant (Jubt, 1985). Bij *Anthurium scherzerianum* resulteerde CO<sub>2</sub>-dosering in zwaardere planten, het wortelstelsel was beter ontwikkeld en gezonder en in een groter aantal open bloemen (Mercx, 1988).

Bij *Cissus* en *Schefflera* (Reimherr, 1985a) en *Fatsyhedera lizei* en *Dieffenbachia* (Papenhagen, 1984) werd de plantkwaliteit verbeterd. *Nephrolepis* vormde meer bladeren bij CO<sub>2</sub>-dosering. Te hoge concentraties (> 1000 dpm) moeten echter worden voorkomen, want in combinatie met hoge lichtniveaus ontstonden necrotische vlekken, wat de plantkwaliteit negatief beïnvloedde (Mortensen, 1983). Bij perkplanten (Van Dyk en Seydel, 1985) wordt over het algemeen de bloei rijker en de groei compacter, wat resulteert in een betere kwaliteit. Bij chrysanthe, *Petunia*, *Tagetes* en *Viola* werd naast een verbetering van de bloei, ook de bladkleur verbeterd bij extra CO<sub>2</sub>. Ook bij *Calathea crocata* werd de bladkleur beter (intensier) (Van Huylbroeck en Debergh, 1993).

#### 4.4 INVLOED CO<sub>2</sub> OP TEELTSNELHEID

In de inleiding van dit hoofdstuk werd al vermeld dat CO<sub>2</sub>-dosering resulteert in een snellere teelt, voor zowel bloeiende potplanten als groene en bonte planten. Bij potroos worden kleine verschillen in reactie tussen de verschillende experimenten gevonden. *Rosa hybrida* L. 'Meijikatar' (Clark et al., 1993) liet een teeltversnelling zien van drie tot zes dagen bij 700 en 1050 dpm ten opzichte van 350 dpm. Bij *Rosa* 'Orange Meillandia' daarentegen resulteerde een CO<sub>2</sub>-concentratie van 900

dpm in een teeltvertraging van één dag ten opzichte van 345 dpm (Mortensen, 1991). Een verklaring hiervoor werd niet gegeven, de gevonden verschillen waren echter klein.

Mortensen (1983) vond bij *Kalanchoe* een toename van de relatieve groeisnelheid van 16%. Onderzoek van Mortensen en Moe (1992) liet geen effect zien van CO<sub>2</sub>-doserings op het aantal dagen tot bloei, en onderzoek met dezelfde cultivar (Mortensen, 1994) toonde verschillende reacties in teeltsnelheid, afhankelijk van de temperatuurbehandeling. Een negatieve DIF bij een lage CO<sub>2</sub>-concentratie (360 µmol.mol<sup>-1</sup>) gaf bloeiverlating, terwijl een negatieve DIF bij een hoge CO<sub>2</sub>-concentratie (900 µmol.mol<sup>-1</sup>) juist een bloeiversnelling van twee tot vier dagen gaf. Bij andere bloeiende potplanten werd de teelt versneld: bij *poinsettia* (Jubt, 1985), *Calathea crocata* met 5-8 dagen (Van Huylbroeck en Debergh, 1993), *Saintpaulia* met 20-39%, afhankelijk van de cultivar (Mortensen, 1983; Strauch, 1989), *Pelargonium* (Papenhagen, 1984), *Anthurium* met 14 dagen, *Hydrangea* met 8-14 dagen en *begonia* met 10-14 dagen (Strauch, 1989). Ook bij perkplanten was in alle gevallen sprake van een snellere groei en vroegere bloei (Van Dyk en Seydel, 1985).

Bij *Chrysanthemum x morifolium* 'Horim' nam de netto fotosynthesesnelheid van het gewas op korte termijn (enkele uren) toe met 50-100% bij een toenemende CO<sub>2</sub>-concentratie van 330-1000 dpm. Op langere termijn echter (enkele weken) nam de gemiddelde relatieve groeisnelheid (RGR) slechts toe met 10-26% (Mortensen, 1984). Ook Gislørød en Nelson (1989) vonden een toename van de RGR bij *Chrysanthemum x morifolium* 'Fiesta' met circa 15% bij een lage RV (50%) en met bijna 30% bij een hoge RV (95%).

Bij *Nephrolepis* nam de groeisnelheid toe, in een eerste experiment 10% en in een tweede experiment zelfs 26% (Mortensen, 1983). Het artikel van Van Dyk en Seydel (1985) geeft in een tabel onder andere teeltduurverkorting van één tot twee weken voor de volgende gewassen: *Adiantum*, *Asplenium*, *Boucarnea*, *Chlorophytum*, *Cissus*, *Codiaeum*, *Fatsyhedera*, *Fatsia*, diverse soorten *Ficus*, *Hedera*, *Philodendron*, *Pteris*, *Schefflera*, *Syngonium*, en *Tradescantia*.

Tabel 3 -

Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op het gewicht, het aantal bloemen, het aantal zijscheuten en de bladoppervlakte van bloeiende potplanten. Verklaring: \* = niet waargenomen; Het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle-behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Gewicht	Aantal bloemen	Aantal zijscheuten	Bladoppervlakte	Bron	Opmerkingen
<i>Anthurium scherzerianum</i>	- geen dosering - 600 dpm - 900 dpm	+ 23 + 33%	*	*	*	Marcx, 1988	Twee proeven uit Wolbeck (West-Duitsland) worden beschreven.
<i>Begonia x hiemalis</i> : 'Schwabenland Red'	- 340 dpm - 900 dpm	+ 36 %	+ 37%	*	+ 24% <sup>1)</sup>	Mortensen en Gislørød, 1989	<sup>1)</sup> toename van het aantal bladeren
<i>Calisthea crocata</i>	- 400 dpm - 900 dpm	+ 40%	+ 19%	0%	+ 55%	Van Huylenbroeck en Debergh, 1993	
<i>Campanula carpatica</i> : 'Clips'	- 600 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	*	0% 0%	*	*	Andersson, 1990	
<i>Chrysanthemum x morifolium</i> : 'Fiesta'	- 340 dpm - 940 dpm	+ 60% <sup>3)</sup> + 70% <sup>4)</sup>	*	+ 14% <sup>3)</sup> + 17% <sup>4)</sup>	+ 26% <sup>2)</sup> + 31% <sup>2)</sup>	Gislørød en Nelson, 1989	- proef duurde 6 weken - in combinatie met een RV van 50 <sup>2)</sup> en 95% <sup>3)</sup>
<i>Fuchsia x hybrida</i> : 'Kiss'	- 600 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	*	0% 0%	*	*	Andersson, 1990	
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + - 1 dpm NO	0% 0%	*	0% 0%	*	Saxe en Christensen, 1984	

Vervolg tabel 3 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de groei en bloei van bloeiende pot- en perkplanten. Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Gewicht	Aantal bloemen	Aantal zijsheuten	Bladoppervlakte	Bron	Opmerkingen
<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> : 'Kiebesy'	- 350 dpm - 700 dpm	+ 19% <sup>1)</sup>	+ 8%	*	*	Mortensen en Moe, 1992	<sup>1)</sup> interactie met temperatuurstrategie
<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> : 'Kristina' (I)	- 330 dpm - 1200 dpm	+ 24%	*	toename <sup>2)</sup>	*	Mortensen, 1983	<sup>2)</sup> geen cijfers gegeven - interactie met belichting
<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> : 'Kristina' (II)	- 330 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	+ 60% + 60%	*	toename <sup>3)</sup>	*	Mortensen, 1983	<sup>3)</sup> geen cijfers gegeven - interactie met belichting
Poinsettia: 'Barbara Ecke, Supreme'	- geen dosering - 500 dpm - 800 dpm	*	+ 8% + 14% <sup>4)</sup>	*	*	Goldsberry, 1965	<sup>4)</sup> grotere bracteën
<i>Primula obconica</i>	- 350 dpm - 800 dpm	+ 77%	0%	*	*	Combe et al., 1984	
Potroos: 'Orange Meilandia'	- 345 dpm - 900 dpm	+ 21,5%	0%	0%	*	Mortensen, 1991	
Potroos: 'Red minimo'	- 600 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	*	- 12% + 7%	0% 0%	*	Andersson, 1990	
<i>Rosa hybrida</i> L.: 'Meijikatar'	- 350 dpm - 700 dpm - 1050 dpm	0% <sup>5)</sup> 0% <sup>5)</sup>	0% <sup>5)</sup> 0% <sup>5)</sup>	*	0% <sup>5)</sup> 0% <sup>5)</sup>	Clark et al., 1993	<sup>5)</sup> verschillen bij eindwaarnemingen niet statistisch betrouwbaar
<i>Saintpaulia</i>	- 330 dpm - 1200 dpm	+ 49- 126% <sup>6)</sup>	+ 50% <sup>6)</sup>	*	+ 21-68% <sup>6,7)</sup>	Mortensen, 1983	<sup>6)</sup> grote verschillen tussen cultivars <sup>7)</sup> aantal bladeren

Tabel 4 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op planthoogte, kwaliteit en teeltsnelheid van bloeiende potplanten. Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Planthoogte	Kwaliteit	Teeltsnelheid	Bron	Opmerkingen
<i>Anthurium scherzerianum</i>	- geen dosering - 600 dpm - 900 dpm	+ 4% + 10%	+ 7% + 15% (grotere schutbladen)	sneller <sup>1)</sup>	Mercx, 1988	<sup>1)</sup> geen cijfers gegeven. Op hetzelfde tijdstip zijn meer open bloemen geconstateerd.
<i>Begonia x hiemalis</i> : 'Schwabentland Red'	- 340 dpm - 900 dpm	0%	*	0%	Mortensen en Gislørød, 1989	
<i>Calathea crocata</i>	- 400 dpm - 900 dpm	*	intensere bladkleur	1-20 dagen sneller op een teeltduur van 109-117 dagen <sup>2)</sup>	Van Huylenbroeck en Debergh, 1993	<sup>2)</sup> afhankelijk van de cultivar en belichtingsintensiteit, gerekend vanaf start korte dag
<i>Campanula carpatica</i> : 'Clips'	- 600 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	*	*	0% <sup>3)</sup> 0% <sup>3)</sup>	Andersson, 1990	<sup>3)</sup> geen betrouwbare verschillen
<i>Chrysanthemum x morifolium</i> : 'Flasta'	- 340 dpm - 940 dpm	+ 11% (95% RV) + 14% (50% RV)	*	<sup>4)</sup>	Gislørød en Nelson, 1989	<sup>4)</sup> toename RGR van 15-30% bij resp. 50 en 95% RV
<i>Fuchsia x hybrida</i> : 'Kiss'	- 600 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	0% <sup>5)</sup> 0% <sup>5)</sup>	0% <sup>5)</sup> 0% <sup>5)</sup>	0% <sup>5)</sup> 0% <sup>5)</sup>	Andersson, 1990	<sup>5)</sup> geen betrouwbare verschillen
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	0% 0%	*	-7% <sup>6)</sup> -6% <sup>6)</sup>	Saxe en Christensen, 1984	<sup>6)</sup> alleen % gegeven NO doet het positieve effect van CO <sub>2</sub> afnemen
<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> : 'Kiebossy'	- 350 dpm - 700 dpm	+ 7% <sup>7)</sup>	<sup>8)</sup>	0%	Mortensen en Moe, 1992	<sup>7)</sup> interactie met temperatuur <sup>8)</sup> CO <sub>2</sub> werkt negatief op de kwaliteit door langere scheuten
<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> : 'Kristina' (I)	- 330 dpm - 1200 dpm	*	*	<sup>9)</sup>	Mortensen, 1983	<sup>9)</sup> toename RGR van 16% (4,8 dagen per maand)



Vervolg tabel 4 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de planthoogte, kwaliteit en teeltsnelheid van bloeiende potplanten. Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Planthoogte	Kwaliteit	Teeltsnelheid	Bron	Opmerkingen
<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> : 'Kristina' (II)	- 330 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	*	*	*	Mortensen, 1983	
<i>Poinsettia</i> : 'Barbara Ecke Supreme'	- geen dosering - 500 dpm - 800 dpm	+ 2% + 32%	chlorose bij hoge CO <sub>2</sub> -concentratie	teeltversnelling van 2 weken	Goldsberry, 1965	
<i>Primula obconica</i>	- 350 dpm - 800 dpm	*	+ 21% <sup>1)</sup>	*	Combe et al., 1984	<sup>1)</sup> niet weergegeven hoe deze cijfers bepaald zijn
<i>Potroos</i> : 'Red Minimo'	- 600 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	betere kwaliteit <sup>2)</sup>	<sup>3)</sup>	*	Andersson, 1990	<sup>2)</sup> geen cijfers gegeven <sup>3)</sup> 600 dpm lijkt iets sneller te zijn
<i>Potroos</i> : 'Orange Meilandia'	- 345 dpm - 900 dpm	+ 7%	*	1 dag vertraging	Mortensen, 1991	
<i>Rosa hybrida</i> L. 'Meijkatar'	- 350 dpm - 700 dpm - 1050 dpm	+ 15% + 11%	- chlorose bij hoge CO <sub>2</sub> -concentratie - geen effect op na-oogstkwaliteit	teeltversnelling <sup>4)</sup>	Clark et al., 1993	<sup>4)</sup> geen cijfers gegeven
<i>Saintpaulia</i>	- 330 dpm - 1200 dpm	*	betere kwaliteit <sup>5)</sup>	<sup>6)</sup>	Mortensen, 1983	<sup>5)</sup> geen cijfers gegeven, meer bloemen <sup>6)</sup> toename RGR van 19-38,6% (5,9-11,6 dagen per maand)

Tabel 5 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de groei van groene potplanten. Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Gewicht	Aantal zijsheuten	Aantal bladeren	Bron	Opmerkingen
<i>Cissus antarctica</i>	- niet doseren - 750 dpm - 1500 dpm	+ 41% <sup>1)</sup> ; + 16% <sup>2)</sup> + 52% <sup>1)</sup> ; + 48% <sup>2)</sup>	+ 44% <sup>1)</sup> ; + 42% <sup>2)</sup> + 83% <sup>1)</sup> ; + 42% <sup>2)</sup>	+ 8% <sup>1)</sup> ; + 13% <sup>2)</sup> + 40% <sup>1)</sup> ; + 39% <sup>2)</sup>	Reinherr, 1985a	<sup>1)</sup> zonder extra belichting <sup>2)</sup> met extra belichting - Zonder extra licht zijn de effecten van 750 en 1500 dpm ongeveer gelijk - met belichting heeft 1500 dpm een groter effect
<i>Dieffenbachia maculata</i>	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	+ 16% - 15%	+ 15% - 12%	0% 0%	Saxe en Christensen, 1984	NO-vervuiling doet het effect van CO <sub>2</sub> teniet, werkt zelfs negatief door ten opzicht van de controle-behandeling
<i>Ficus benjamina</i>	- geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	+ 25% - 6%	- 18% <sup>3)</sup> ; - 8% <sup>4)</sup> + 20% <sup>3)</sup> ; - 9% <sup>4)</sup>	*	Saxe en Christensen, 1984	<sup>3)</sup> < 10 cm <sup>4)</sup> > 10 cm totaal aantal zijsheuten is gelijk gebleven Zie ook de opmerking bij Dieffenbachia
<i>Ficus benjamina</i>	- geen dosering - 750 dpm - 1500 dpm	+ 15% <sup>5)</sup> ; + 9% <sup>6)</sup> + 46% <sup>5)</sup> ; + 18% <sup>6)</sup>	+ 15% <sup>5)</sup> ; + 1% <sup>6)</sup> + 40% <sup>5)</sup> ; + 12% <sup>6)</sup>	+ 13% <sup>5)</sup> ; + 20% <sup>6)</sup> + 50% <sup>5)</sup> ; + 38% <sup>6)</sup>	Reinherr, 1985b	<sup>5)</sup> zonder extra belichting <sup>6)</sup> met extra belichting
<i>Ficus elastica</i> : 'Robusta'	- geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	+ 34% - 3%	*	0% 0%	Saxe en Christensen, 1984	Zie ook de opmerking bij Dieffenbachia
<i>Hedera helix</i> : 'Anne Marie'	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	+ 28% + 6%	*	0% 0%	Saxe en Christensen, 1984	NO-vervuiling doet het effect van CO <sub>2</sub> gedeeltelijk teniet
<i>Hedera canariensis</i> : 'Montgomery'	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	0% 0%	*	0% 0%	Saxe en Christensen, 1984	NO-vervuiling doet het effect van CO <sub>2</sub> gedeeltelijk teniet

Vervolg tabel 5 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de groei van groene potplanten. Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controlebehandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Gewicht	Aantal zij scheuten	Aantal bladeren	Bron	Opmerkingen
<i>Neprolepis exaltata</i> 'Boston'	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	+ 15% + 19%	*	0% 0%	Saxe en Christensen, 1984	NO-vervuiling doet het effect van CO <sub>2</sub> gedeeltelijk teniet
<i>Neprolepis exaltata</i> 'Boston'	- 330 dpm - 1200 dpm	+ 26%	*	+ 16%	Mortensen, 1983	
<i>Neprolepis exaltata</i> 'Boston'	- 330 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	+ 110% + 69%	*	+ 63% + 63%	Mortensen, 1983	Bij 1500 dpm ontstonden necrotische plekken op de bladeren
<i>Schefflera</i> <i>actinophylla</i>	- niet doseren - 750 dpm - 1500 dpm	+ 27% <sup>1)</sup> ; + 55% <sup>2)</sup> + 45% <sup>1)</sup> ; + 48% <sup>2)</sup>	*	+ 0% <sup>1)</sup> ; + 27% <sup>2)</sup> + 0% <sup>1)</sup> ; + 14% <sup>2)</sup>	Reimherr, 1985a	<sup>1)</sup> zonder extra belichting <sup>2)</sup> met extra belichting - Zonder licht geen effecten - Met belichting geen verschil tussen 750 en 1500 dpm

Tabel 6 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de groei van groene potplanten; Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Planthoogte	Kwaliteit	Taaijsnelheid	Bron	Opmerkingen
<i>Cissus antarctica</i>	- niet doseren - 750 dpm - 1500 dpm	+ 50% <sup>1)</sup> ; + 26% <sup>2)</sup> + 74% <sup>1)</sup> ; + 71% <sup>2)</sup>	betere kwaliteit <sup>3)</sup>	kortere <sup>4)</sup>	Reimherr, 1985a	<sup>1)</sup> zonder extra belichting <sup>2)</sup> met extra belichting <sup>3)</sup> geen cijfers gegeven <sup>4)</sup> De plant is eerder op gewenste hoogte
<i>Dieffenbachia maculata</i>	geen dosering - 1000 dpm + - 1000 dpm + 1 dpm NO	0% 0%	<sup>5)</sup>	*	Saxe en Christensen, 1984	<sup>5)</sup> necrotische plekken door NO
<i>Ficus benjamina</i>	- geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	0% 0%	*	0% 0%	Saxe en Christensen, 1984	
<i>Ficus benjamina</i>	- geen dosering - 750 dpm - 1500 dpm	+ 5% <sup>6)</sup> ; + 8% <sup>7)</sup> + 17% <sup>6)</sup> ; + 7% <sup>7)</sup>	betere kwaliteit <sup>8)</sup>	kortere <sup>9)</sup>	Reimherr, 1985b	<sup>6)</sup> zonder extra belichting <sup>7)</sup> met extra belichting <sup>8)</sup> geen cijfers gegeven <sup>9)</sup> De plant is eerder op gewenste hoogte
<i>Ficus elastica</i> 'Robusta'	- geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	+ 12% - 12%	*	*	Saxe en Christensen, 1984	
<i>Hedera helix</i> 'Anne Marie'	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	+ 28% + 11%	*	verkorting van de teeltduur met twee weken	Saxe en Christensen, 1984	
<i>Hedera canariensis</i> 'Montgomery'	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	0% 0%	*	*	Saxe en Christensen, 1984	

Vervolg tabel 6 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de groei van groene potplanten; Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Planthoogte	Kwaliteit	Teeltsnelheid	Bron	Opmerkingen
<i>Nephtrolepis exaltata</i> 'Boston'	geen dosering - 1000 dpm - 1000 dpm + 1 dpm NO	*	betere kwaliteit <sup>1)</sup>	*	Saxe en Christensen, 1984	<sup>1)</sup> geen cijfers gegeven
<i>Nephtrolepis exaltata</i> 'Boston'	- 330 dpm - 1200 dpm	*	*	<sup>2)</sup>	Mortensen, 1983	<sup>2)</sup> toename RGR van 10 %
<i>Nephtrolepis exaltata</i> 'Boston'	- 330 dpm - 900 dpm - 1500 dpm	*	*	<sup>3)</sup>	Mortensen, 1983	<sup>3)</sup> toename RGR van 18-26 %
<i>Schefflera actinophylla</i>	- niet doseren - 750 dpm - 1500 dpm	+ 13% <sup>4)</sup> ; + 41% <sup>5)</sup> + 31% <sup>4)</sup> ; + 41% <sup>5)</sup>	betere kwaliteit <sup>6)</sup>	*	Reimherr, 1985a	<sup>4)</sup> zonder extra belichting <sup>5)</sup> met extra belichting <sup>6)</sup> geen cijfers gegeven niet hoger doseren dan 700 dpm

## 5. CO<sub>2</sub>-DOSERING EN VERMEERDERING

Doseren van CO<sub>2</sub> heeft een gunstige invloed op de teelt van moerplanten. Het aantal stekken en ook het vers- en drooggewicht kan toenemen. De beworteling van de stekken verloopt beter en sneller en er is minder uitval. Molitor en Von Hentig (1987) hebben onderzoek gedaan aan vijftien gewassen en gekeken naar de invloed van vier verschillende CO<sub>2</sub>-concentraties (400, 800, 1200 en 1600 dpm) bij moerplanten op het aantal stekken en het vers- en drooggewicht van de stekken. Van vijf soorten (*Pelargonium x zonale* 'Empress', *Pelargonium x peltatum* 'Lachskönigin', *Chrysanthemum x indicum* 'Trumpf', *Fuchsia x hybrida* 'Hanna' en *Saintpaulia ionantha*) zijn de resultaten in het artikel weergegeven. In tabel 5.1 staan de resultaten, samen met resultaten van andere experimenten weergegeven. CO<sub>2</sub>-dosering resulteerde in een extra stekopbrengst van 10% bij azalea (Struppek, 1988) tot zelfs 133% bij *Campanula isophylla* (Moe, 1977).

Ook het vers- en drooggewicht van de stekken nam toe door CO<sub>2</sub>-dosering. De enige uitzondering is *Pelargonium x peltatum* 'Lachskönigin', waarbij geen effect was van CO<sub>2</sub>-doseren op zowel het vers- als drooggewicht.

Moe (1977) vond bij *Campanula isophylla* moerplanten dat de grootste winst met CO<sub>2</sub>-doseren in de winter, bij lage lichtniveaus, is te behalen. In zijn onderzoek in geconditioneerde groeikamers bleek dat bij lage lichtniveaus (26 en 78  $\mu$ mol Philips TL33) het effect van CO<sub>2</sub>-doseren groter was dan bij hoge lichtniveaus (130 en 182  $\mu$ mol Philips TL33). Waarschijnlijk zat bij laag licht zonder CO<sub>2</sub> de plant onder de 'armoede-grens'. Wordt er op dat moment CO<sub>2</sub> gedoseerd, dan kan het effect al heel groot zijn. De resultaten van de experimenten van Molitor en von Hentig (1987) vielen tegen in de zomerperiode. De oorzaak hiervan werd toegeschreven aan de hoge lichtniveaus in de zomer, die het effect van CO<sub>2</sub>-dosering sterk zouden afzwakken en het feit dat bij zonnig weer (door geopende luchtramen) de ingestelde CO<sub>2</sub>-concentraties niet worden bereikt.

Bij proeven met het stenten van rozen uit weefselkweek op het PBG in Aalsmeer is onlangs gebleken dat CO<sub>2</sub>-dosering een gunstige invloed heeft. Het blad van de ent werd minder snel geel en het percentage goed bewortelde stentlingen was 25% hoger. CO<sub>2</sub>-dosering heeft bij het stenten in de zomer meer effect dan in de winter (meer licht) (Kromwijk et al., 1994). De gewenste CO<sub>2</sub>-concentraties werden in dit onderzoek wel gehaald in de zomer, omdat de experimenten in afgesloten tenten zijn uitgevoerd.

Tabel 7 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de vermeerdering van gewassen. Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Aantal stekken	Stekgewicht	Beworteling	Bron	Opmerkingen
Azalea: 'Inga', 'Luci', 'Friedhelm Scherrer', 'Doberlug'	- geen dosering - 600 dpm - 900 dpm - 1200 dpm	+ 10% + 6% + 5%	+ 11% + 14% + 18%	*	Struppek, 1988	600 dpm gaf over het algemeen de hoogste opbrengst, hogere concentraties leverden maar weinig extra op
<i>Begonia x tuberhybrida</i> : 'Karelsk Jomfru'	- 330 dpm - 1100 dpm	+ 23%	+ 46% <sup>1)</sup>	0%	Djurhuus, 1984	<sup>1)</sup> drooggewicht, versgewicht is niet significant beïnvloed
<i>Campanula isophylla</i>	- 300 dpm - 900 dpm - 1800 dpm	+ 133% <sup>2)</sup> ; + 107% <sup>3)</sup> + 26% <sup>2)</sup> ; + 13% <sup>3)</sup>	+ 23% + 36%	+ 55% <sup>4)</sup> ; + 92% <sup>5)</sup> + 52% <sup>4)</sup> ; + 64% <sup>5)</sup>	Moe, 1977	<sup>2)</sup> CO <sub>2</sub> effecten bij laag licht <sup>3)</sup> CO <sub>2</sub> effecten bij hoog licht <sup>4)</sup> CO <sub>2</sub> effecten bij 15°C <sup>5)</sup> CO <sub>2</sub> effecten bij 18°C
<i>Chrysanthemum x indicum</i> : 'Trumpf'	- 400 dpm - 800 dpm - 1200 dpm - 1600 dpm	+ 15% + 25% + 33%	+ 0% + 9% + 18%	*	Molitor en Von Hentig, 1987	
<i>Chrysanthemum x morifolium</i> : 'Dramatic'	- 340 dpm - 1375 dpm	+ 50%	+ 43%	*	Eng, et al., 1983	Proef met assimilatiebelichting. Toename bladoppervlakte met 50 %
<i>Fuchsia x hybrida</i> : 'Hanna'	- 400 dpm - 800 dpm - 1200 dpm - 1600 dpm	+ 25% + 48% + 55%	+ 0% + 0% + 25%	*	Molitor en Von Hentig, 1987	

Vervolg tabel 7 - Effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op de vermeerdering van gewassen. Verklaring: \* = niet waargenomen; het percentage geeft de 'winst' weer ten opzichte van de controle behandeling.

Gewas	Toegepaste niveaus	Aantal stekken	Stekgewicht	Beworteling	Bron	Opmerkingen
<i>Pelargonium</i> x <i>peitatum</i> ; 'Lachskönigin'	- 400 dpm	+ 26%	+ 0%	*	Molitor en Von Hentig, 1987	
	- 800 dpm	+ 35%	+ 0%			
	- 1200 dpm	+ 46%	+ 0%			
<i>Pelargonium</i> x zonele : 'Empress'	- 400 dpm	+ 20%	+ 0%	*	Molitor en Von Hentig, 1987	
	- 800 dpm	+ 27%	+ 7%			
	- 1200 dpm	+ 47%	+ 18%			
<i>Rosa canina</i> ; 'Inermis'	- niet doseren	*	*	+ 7% <sup>o)</sup>	Kromwijk et al., 1994	o) extra goed bewortelde stentlingen
	- 600 dpm					
<i>Saintpaulia ionantha</i>	- 400 dpm	+ 23%	+ 0%	*	Molitor en von Hentig, 1987	
	- 800 dpm	+ 23%	+ 50%			
	- 1200 dpm	+ 19%	+ 50%			



## **6. SCHADE DOOR OVERMAAT CO<sub>2</sub> EN DOOR ETHYLEEN EN ANDERE GASSEN**

### **6.1 SCHADE DOOR OVERMAAT CO<sub>2</sub>**

CO<sub>2</sub>-dosering is van belang om voor planten, naast de juiste temperatuur, luchtvochtigheid en lighthoeveelheid, zo'n gunstig mogelijk klimaat te creëren. Hierdoor kunnen de planten optimaal groeien. Door het doseren van CO<sub>2</sub> gaan de huidmondjes sluiten (zie 2.6.1). Wordt de concentratie te hoog, dan zou het kunnen dat de huidmondjes zo ver sluiten dat uitwisseling van gassen niet meer mogelijk is. Dit kan groeireductie en schade (chlorose, necrose en andere bladafwijkingen) veroorzaken aan het gewas. De hoogte van de CO<sub>2</sub>-concentratie die schade veroorzaakt verschilt per gewas.

Van Berkel (1984) beschrijft schadebeelden bij een aantal groente- en snijbloemengewassen. Bij tomaat ontstond gerold blad (bij CO<sub>2</sub>-concentraties hoger dan 2200 dpm) en bij snijchrysant ontstonden chlorotische plekken, die daarna necrotisch werden. Ook bij potchrysant ontstond eerst chlorose en daarna necrose door hogere CO<sub>2</sub>-concentraties (3000 en 4500 dpm). Aan de oudste bladeren van komkommer ontstond ook chlorose, gevolgd door necrose bij 1500 en 2870 dpm, bij tomaat bij CO<sub>2</sub>-concentraties van 1500 en 2870 dpm en bij gerbera al bij concentraties vanaf 800 dpm. Ook bij net volgroeide tomatenbladeren ontstond chlorose en necrose van de bladpunten bij CO<sub>2</sub>-concentraties van 1500 en 2870 dpm.

Mortensen (1987) geeft in zijn overzichtsartikel de volgende mogelijke verklaringen van de schadelijke effecten van hoge CO<sub>2</sub>-concentraties:

1. te hoge bladtemperaturen bij hoge lichtniveaus, veroorzaakt door verminderde verdamping bij hoge CO<sub>2</sub>-concentraties (dit lijkt vooral de oorzaak te zijn na een periode van donker weer);
2. ophoping van zetmeel in het blad waarna het chlorofyl afgebroken wordt, dit effect wordt versterkt door hoge lichtniveaus en lage temperaturen;
3. verminderde opname van voedingsstoffen, door een afname van de verdamping, vooral bij hoge luchtvochtigheid.

Hand (1990) beschrijft experimenten waarbij de fotosynthesecapaciteit van individuele bladeren afneemt na een langere periode blootstelling aan hoge CO<sub>2</sub>-concentratie. Hoge CO<sub>2</sub>-concentraties veroorzaakten verhoogde zetmeelconcentraties in plantesap afkomstig uit het blad en ook was er een afname van de RuBP-carboxylase activiteit in het blad door verlies van het enzym RuBP-carboxylase.

### **6.2 ETHYLEENSCHADE BIJ SIERGEWASSEN**

Ethyleen ontstaat als bijproduct bij het verbranden van gas. Een lage concentratie ethyleen beïnvloedt de groei en ontwikkeling van planten. Symptomen van ethyleenschade waargenomen bij gewassen in de kas, zijn remming van de groei, afname van de apicale dominantie, kortere internodia, dikkere stelen, epinastie van bladeren (= doorbuiging van het blad door overdadige groei aan de bovenzijde), voortijdige veroudering van bladeren en bloemen, afstoten van bloemknoppen, vertraging van bloei en misvormde bloemen (Hand, 1990). Deense onderzoekers hebben een lijst opgesteld van potplanten, snijbloemen en snijgroen, waarin een onder-

scheid is gemaakt in gevoeligheid voor ethyleen. Een concentratie van 0,01 dpm kan voor sommige planten al schadelijk zijn, terwijl minder gevoelige planten 0,1 tot 0,5 dpm kunnen verdragen. Bij potplanten zijn het vooral de bloeiende die gevoelig zijn voor ethyleen. Zeer gevoelig zijn onder meer *Begonia*, *Beloperone*, *Clerodendrum*, *Euphorbia pseudo-cactus*, *Fuchsia*, *Hibiscus*, *Impatiens*, *Kalanchoe*, *Kohleria*, *Primula vulgaris*, *Saintpaulia*, *Schlumbergera*, *Sinningia*, *Stephanotis* en *Streptocarpus*. Weinig gevoelig zijn *Anthurium scherzerianum*, *Asparagus densiflorus*, *Dieffenbachia*, *Dracaena*, *Ficus benjamina*, *F. pumila*, *Hedera* en *Yucca*. Niet gevoelig in het onderzoek bleken *Asplenium nidus*, *Chamaedorea elegans*, *Codiaeum variegatum*, *Cordyline*, *Nephrolepis exaltata*, *Scindapsus pictus* en *Senecio x cruentus* (Høyer en Adriansen, 1994).

Ook voor snijbloemen werd een lijst gegeven. Voorbeelden van zeer gevoelige gewassen zijn onder andere *Alstroemeria* (grote verschillen tussen cultivars), *Antirrhinum majus*, *Bouvardia*, *Cymbidium*, *Dianthus*, *Gypsophila*, *Lilium* en *Rosa* (ook grote verschillen tussen cultivars). Weinig gevoelig zijn bijvoorbeeld *Anthurium*, *Dahlia*, *Gerbera* en *Nerine*. Als niet gevoelige snijbloemen kwamen onder andere uit het onderzoek *Alchemilla mollis*, *Amaranthus*, *Astilbe*, *Liatrus*, *Solidago* en *Tanacetum parthenium* (Høyer en Adriansen, 1994). In bovenstaande opsomming van bijzonder gevoelige planten stonden ook orchideeën. Een geringe concentratie leidt al tot bloemverkleuring, zoals ook optreedt na bevruchting van de bloemen (ethyleen als plantehormoon). Ook kan dan knopval optreden. Bij lelie kunnen reeds kleine hoeveelheden ethyleen bladvergeling, bloemknopverdroging en knopval veroorzaken. Exacte waarden van ethyleen-concentraties waarboven schade ontstaat zijn voor de meeste gewassen (nog) niet bekend. Bij roos kan een ethyleenconcentratie van 0,5 dpm al afstoting van de bloemknoppen veroorzaken. Bovendien kan een verhoogde ethyleenconcentratie bij roos kortere stelen, platknoppen, bladvergeling en afstoten van jonge bladeren veroorzaken (Dings en Meeuws, 1989). Bij chrysaant verloopt de knopvorming bij een verhoogd ethyleengehalte zeer vertraagd en kan doorwas ontstaan. Dit verschijnsel kan al bij gehalten van 0,05 dpm ethyleen optreden (Van Berkel, 1987).

Het is dus van groot belang dat de verbranding in de ketel volledig verloopt, en de kans dat er ethyleen in de kas kan komen zo klein mogelijk is. Omdat lage concentraties ethyleen in de rookgassen nauwelijks zijn te meten, wordt het gehalte aan CO als maatstaf voor de ethyleenconcentratie genomen, omdat beide gassen ontstaan bij onvolledige verbranding. Om een te hoge ethyleenconcentratie te voorkomen, mag de concentratie CO in de onverdunde rookgassen niet hoger zijn dan 30 dpm gemeten na de rookgascondensor (Rijsdijk, 1989). Als het CO-gehalte na de ventilator van het CO<sub>2</sub>-verdeelsysteem wordt gemeten, is een alarmgrens van 15 dpm een veilige waarde. Ook is het van belang om de apparatuur (zowel brander, condensor als de meetapparatuur) zeker één keer per jaar te laten controleren.

### 6.3 SCHADE DOOR NO<sub>x</sub>

In de winter- en voorjaarsperiode kan bij het doseren van CO<sub>2</sub> tot 1000 dpm de NO<sub>x</sub>-concentratie in de kas oplopen tot zo'n 500 dpb (delen per biljoen). Bij hoge concentraties (ca. 1000 dpb) kan NO<sub>x</sub>-beschadiging van het gewas optreden. Het gas dringt namelijk via de huidmondjes de plant binnen en kan in het blad celwanden en celmembranen kapot maken, waardoor de cellen gaan lekken. Dit is zichtbaar als grillige, lichtgekleurde vlekken op het blad. Bij een lagere concentratie is het effect niet direct zichtbaar, maar is het wel mogelijk dat groei- en opbrengst-

vermindering optreden (Rijsdijk, 1989). Zo worden de positieve effecten van CO<sub>2</sub> door verontreinigingen als NO<sub>x</sub> weer (geheel of gedeeltelijk) teniet gedaan. Gewassen die gevoelig zijn voor NO<sub>x</sub> zijn sla, *Dieffenbachia maculata*, *Ficus benjamina*, *F. elastica*, *Hedera helix*, *Nephrolepis exaltata*, roos en *Saintpaulia* (Hand, 1990; Saxe en Christensen, 1984).

De schade die het gewas ondervindt is van allerlei factoren afhankelijk, zoals ras, kasklimaat en bemesting. Er bestaan grote verschillen in gevoeligheid tussen rassen. Het kasklimaat speelt ook een belangrijke rol. Hand (1990) beschrijft een afname van de gevoeligheid voor een overmaat NO<sub>x</sub> bij hoge temperaturen en lichtniveaus. Ook een hoge CO<sub>2</sub>-concentratie zorgt voor een verminderde gevoeligheid (Hand, 1990; Rijsdijk, 1989). Het blijkt dat maatregelen die er voor zorgen dat de huidmondjes gedeeltelijk sluiten, de gevoeligheid van de plant verkleinen.

De hoeveelheid beschikbare voedingstoffen in de grond is een belangrijke factor die de gewasreacties op NO<sub>x</sub>-vervuiling beïnvloedt. Opvallend is dat bij zeer lage bemesting met nitraten de planten beter gaan groeien als de NO<sub>x</sub>-concentratie wordt verhoogd (Mansfield en Murray, 1984). De planten gebruiken NO<sub>x</sub> dan als meststof. Dit gaat echter slechts op tot een beperkte concentratie. Bij tomaat is gevonden dat een hoger voedingsgehalte in de grond de gevoeligheid voor NO<sub>x</sub> vergroot (Hand, 1990). In de zomerperiode is de kans op schade van NO<sub>x</sub> nihil. De NO<sub>x</sub>-concentratie loopt in de kas dan niet zo hoog op, omdat er veel wordt gelucht (Rijsdijk, 1989).

## 7. CONCLUSIES

### 7.1 TOEPASSING VAN CO<sub>2</sub> IN DE PRAKTIJK

CO<sub>2</sub> is een essentiële bouwsteen voor planten. Als één van de bouwstenen van koolhydraten kan CO<sub>2</sub>, als andere factoren (zoals licht, temperatuur, water en voedingsstoffen) in voldoende mate aanwezig zijn, de groei gaan beperken. Dan is CO<sub>2</sub>-dosering van groot belang. Uit de hoofdstukken 3, 4 en 5 blijkt dat extra CO<sub>2</sub> bij de meeste gewassen de productie verhoogt. Bij snijbloemen is er over het algemeen een toename van het gewicht en het aantal bloemtakken te zien. Bij potplanten is er ook vooral een toename van het gewicht te zien, daarnaast soms een toename van het aantal bloemen, het aantal zijscheuten en een kortere teeltduur. Deze factoren zorgen ervoor dat de kwaliteit van de planten wordt verhoogd.

De praktijk laat zien dat in de potplantenteelt nog maar op 59% van de bedrijven CO<sub>2</sub>-dosering wordt toegepast (Van der Velden et al., 1995). Voor veel kwekers is het namelijk de vraag of een betere kwaliteit als gevolg van CO<sub>2</sub>-doseren wel betaald wordt. Dit terwijl CO<sub>2</sub>-doseren voor een hogere productie en betere kwaliteit eerder rendabel is dan assimilatiebelichting en er ook in die volgorde investeringen zouden moeten plaatsvinden.

### 7.2 AANBEVELINGEN

De tabellen 9 en 10 geven voor een aantal belangrijke snijbloemen en potplanten uit de literatuur afkomstige richtlijnen voor toegepaste CO<sub>2</sub>-niveaus (in dpm) weer. Sommige waarden zijn ruim aangegeven omdat:

1. niet bekend is wat de optimale CO<sub>2</sub>-concentratie is;
2. er nogal grote cultivarverschillen kunnen zijn.

*Tabel 9 - Richtlijnen CO<sub>2</sub>-niveaus voor de praktijk (in dpm) voor een aantal snijbloemen*

Alstroemeria	900 - 1200
Anjer	1200
Anthurium	600 - 800
Bouvardia	1000
Chrysan	1000
Cymbidium	600 - 700
Eustoma	600 - 900
Freesia	600
Gerbera	600 - 800
Gypsophila	700 - 1000
Lelie	800 - 1000
Roos	800 - 1200

Tabel 10 - Richtlijnen CO<sub>2</sub>-niveaus (in dpm) voor de praktijk voor een aantal potplanten

Anthurium scherzerianum	600 - 900
Begonia	700 - 900
Calathea	600 - 900
Campanula	600 - 900
Chrysanthemum	700 - 900
Cyclamen	600 - 900
Dieffenbachia	700 - 1000
Dracaena	600 - 700
Epipremnum	600 - 800
Ficus	750 - 1000
Fuchsia	600 - 800
Guzmania	700 - 900
Hedera	700 - 1000
Hibiscus	700 - 900
Hortensia	600 - 900
Kalanchoe	700 - 1200
Nephrolepis	600 - 1000
Phalaenopsis	600 - 700
Poinsettia	400 - 1000
Potroos	700 - 1000
Primula obconica	600 - 800
Rhododendron	700 - 1000
Saintpaulia	800 - 1200
Schefflera	700 - 800
Spathiphyllum	600 - 800
Yucca	600 - 700

### 7.3 VRAGEN VOOR ONDERZOEK

Hoewel al veel bekend is over CO<sub>2</sub>-dosering, zijn er ook nog (vooral praktisch gerichte) vragen. Een algemene vraag hierbij is in hoeverre 'gewenning' optreedt en de in het begin van de teelt ontstane winst, later weer teniet wordt gedaan door gewenning van de plant aan hoge(re) CO<sub>2</sub>-concentraties.

De overige onderzoeksvragen zijn hieronder puntsgewijs weergegeven.

1. Wat de snijbloementeelting betreft zijn het vragen over de effecten van CO<sub>2</sub>-dosering op onder andere de scheut- en bloemvorming, kwaliteit en de meeropbrengst. Er liggen onder andere vragen bij roos, *Alstroemeria* (invloed op aantal bloemen en scheuten, kwaliteit en teeltsnelheid), anjer (zowel enkele als tros-anjers), *Cymbidium* (invloed CO<sub>2</sub> op scheut- en knopvorming) en chrysaant (is er een verschillende behoefte aan CO<sub>2</sub> tussen verschillende ontwikkelingsstadia). Hier zullen ook de financiële aspecten bij betrokken moeten worden.
2. In de potplantenteelt gaat het er vooral om de kwekers te overtuigen van het nut van CO<sub>2</sub>-dosering voor hun bedrijf. Door middel van een (demonstratie) proef kan het effect van CO<sub>2</sub> op de groei zichtbaar gemaakt worden. In het onderzoek zal ook gekeken moeten worden naar de economische kant van CO<sub>2</sub>-doseren. Wat zijn de kosten van CO<sub>2</sub>-doseren en wat levert het extra op?

## LITERATUUR

- Andersson, N.E., 1990. CO<sub>2</sub> til blomsende pottedplanter. *Gartner Tidende*, 22: 606-607.
- Beel, E., Schelstreat, A., 1988. Invloed van bijbelichting en CO<sub>2</sub>-dosering op de groei en bloei van *Spathiphyllum*. *Verbodsnieuws* 13: 649-651
- Berkel, N. van, 1984. Injurious effects of high CO<sub>2</sub> concentrations on cucumber, tomato, chrysanthemum and Gerbera. *Acta Horticulturae* 162: 101-112
- Berkel, N. van, 1987. Chrysant is zeer gevoelig voor ethyleen - Reeds 0,05 dpm veroorzaakt schade. *Vakblad voor de Bloemisterij* 17: 66-67
- Bienfait, F., Schildwacht, P.M., 1994. *Waarom we de planten water geven*. Boekbeeld, Utrecht, 120 p
- Bruns, A., Hockwien, J., 1990. Azaleen-Jungpflanzen: Assimilationslicht, Temperatur und CO<sub>2</sub>. *GB + GW* 47: 2276-2277
- Buisman, J., 1986. Productieverhoging Gerbera door CO<sub>2</sub>-gift. *Vakblad voor de Bloemisterij* 9: 31
- Clark, D.G., Kelly, J.W., Rajapakse, N.C., 1993. Production and postharvest characteristics of *Rosa hybrida* L. 'Meijkatar' grown in pots under carbon dioxide enrichment. *J. Amer. Soc. Hort. Science*, 118(5): 613-617
- Combe, L., Bertolini, J.M., Quetin, P., Locher, P., 1984. Growth and photosyntheses of CO<sub>2</sub>-enriched primrose. *Acta Horticulturae* 162: 55-62
- Dings, E.E.H.M., Meeuws, G.J.J.M., 1989. Ethyleenschade herkennen en vervolgens voorkomen. *Vakblad voor de bloemisterij* 44: 181
- Djurhuus, R., 1984. The effect of CO<sub>2</sub> daylength and light on the production and subsequent growth of *Begonia x tuberhybrida* cuttings. *Acta Horticulturae* 162: 65-74
- Doorduyn, J.C., 1986. Onderzoek naar effect bij Freesia - CO<sub>2</sub>-concentratie van 500 à 600 dpm nastreven. *Vakblad voor de Bloemisterij* 41: 50-53
- Dyk, D. van, Seydel, S., 1985. Pflanzen wecken mit CO<sub>2</sub> als 'Lichtersatz' - CO<sub>2</sub>-Düngung: Fachthema des Jahres 1984. *Zierpflanzenbau* 6: 273-274
- 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
- Eng, R.Y.N., Tsujita, M.J., Grodzinski, B., 1985. The effect of supplementary lighting and CO<sub>2</sub> enrichment on vegetative growth, nutritional status and flowering characteristics of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Journal of Horticultural Science*, 60(3): 389-395
- Enoch, H.Z., Kimball, B.A., 1986. Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops: Volume II. Physiology, yield and economics, 34-40. CPR Press, Inc., Florida
- Gislerød, H.R. and 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: 305-313
- Goldsberry, K.L., 1965. Effects of CO<sub>2</sub> on Poinsettia. *Colorado Flower Growers Association Bulletin* 187, november 1965, 3-4
- Goldsberry, K.L., 1986. CO<sub>2</sub> fertilization of carnations and some other flower crops. In: Enoch, H.Z. en B.A. Kimball (eds.); *Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops: Volume II Physiology, Yield, and Economics*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 230 p. pag. 117-140
- Hand, D.W., 1990. CO<sub>2</sub> enrichment in greenhouses: problems of CO<sub>2</sub> acclimation and gaseous air pollutants. *Acta Horticulturae* 268: 81-101
- Hand, D.W. and Cockshull, K.E., 1975a. The effect of CO<sub>2</sub> concentration on the canopy photosyntheses and winter bloom production of the glasshouse rose 'Sonia' (syn. 'Sweet promise'). *Acta Horticulturae* 51: 243-252
- Hand, D.W. and Cockshull, K.E., 1975b. Roses I: The effects of CO<sub>2</sub> enrichment on winter bloom production. *J.Hort.Sci.* 50: 183-192
- Harten, J. van, Lint, P. de, Moerman, E., 1988. CO<sub>2</sub> in de kas. Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas Naaldwijk NL informatiereeks Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas no. 85, 56 p.

- Hendriks, L., Hackbarth, H.-J., 1985. CO<sub>2</sub>-Düngung von Rosen. Mehrerlös durch Qualitätssteigerung. *Deutscher Gartenbau* 51/52: 2340-2342
- Høyer, L., Adriansen, E., 1994. Empfindlichkeit gegen Ethylen - Qualität und Haltbarkeit *Deutscher Gartenbau* 32: 1852-1853
- Huylenbroeck, J.M. van, Debergh, P.C., 1993. Year-round production of flowering *Calathea crocata*: influence of light and carbon dioxide. *Hortscience* 9: 897-898
- Joode, A. de, 1984. CO<sub>2</sub> doseren ook bij anjer zinvol. *Vakblad voor de Bloemisterij* 17: 60-61
- Jubt, H., 1985. Energiesparkultur bei Poinsettien. *Deutscher Gartenbau*, 4: 169-170
- Kresten Jensen, H.E., 1983. Virkninger af kuldioxydtilførsel og igangsætningstidspunkter på udbytte og økonomi i væksthuse-rosen, *Rosa L.* (Effects of carbon dioxide supplementation and date of cut back on yield and economy of glasshouse roses, *Rosa L.* Saertryk af *Tidsskrift for Planteavl* 87: 153-166
- Kromwijk, A., Hoop, M. ten, Beelen, C. 1994. Stentresultaten *Rosa canina* 'Inermis'-onderstammen nog wisselend - verbetering mogelijk met moederplanten uit weefelweek en CO<sub>2</sub>-dosering. *Vakblad voor de Bloemisterij* 44: 36-39
- Labeke, M.C. van, Dambre, P., 1994. Toediening van assimilatiebelichting en CO<sub>2</sub>-bemesting met het oog op produktiviteit en de bloemkwaliteit bij *Alstroemeria*. *Verbandsnieuws* 5: 36-37
- Mansfield, T.A., Murray, A.J.S., 1984. Pollutants generated in greenhouses during CO<sub>2</sub> enrichment. *Acta Horticulturae* 162: 171-178
- McKeag, R.J., 1965. Response of carnation to three concentrations of CO<sub>2</sub>. *Colorado Flower Growers Association Bulletin* 187, november 1965, 1-3
- Mercx, I., 1988. CO<sub>2</sub>-gehalten bij verschillende teeltmedia *Anthurium andreaeanum*. *Vakblad voor de Bloemisterij* 5: 42-43
- Moe, R., 1977. Effect of light, temperature and CO<sub>2</sub> on the growth of *Campanula isophylla* stock plants and on the subsequent growth and development of their cuttings. *Scientia Horticulturae*, 6: 129-141
- Moe, R., 1987. Pflanzenbauliche Grundlagen des Assimilationslichtesatzes. *Taspo Broschüre* 15 Assimilationslicht: 7-20
- Molitor, H.-D., Hentig, W.-U. von, 1987. Effect of carbon dioxide enrichment during stock plant cultivation. *Hortscience*, vol 22(5): 741-746
- Mortensen, L.M., 1983. Growth responses of some greenhouse plants to environment. XII. Effect of CO<sub>2</sub> and light on photosyntheses and growth of *Saintpaulia ionantha*, *Kalanchoe blossfeldiana* and *Nephrolepis exaltata*. *Norges Landbrukshøgskole*, 1982-1983, melding 227: 1-16
- Mortensen, L.M., 1984. Photosynthetic adaption 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
- Mortensen, L.M., 1987. Review: CO<sub>2</sub> enrichment in greenhouses. *Crop responses*. *Scientia Horticulturae* 33: 1-25
- Mortensen, L.M., 1991. Effects of temperature, light and CO<sub>2</sub> level on growth and flowering of miniature roses. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 5: 295-300
- Mortensen, L.M., 1994. Effects of day/night temperature variations on growth, morphogenesis and flowering of *Kalanchoe blossfeldiana* v. Poelln. at different CO<sub>2</sub> concentrations, daylengths and photon flux densities. *Scientia Horticulturae* 59: 233-241
- Mortensen, L.M., Gislørød, H.R., 1989. Effect of CO<sub>2</sub>, air humidity, and nutrient solution concentration on growth and transpiration of *Begonia x hiemalis* Fotsch. *Gartenbauwissenschaft* 4: 184-189
- Mortensen, L.M., Moe, R., 1982. Growth responses of some greenhouse plants to environment. IV. Effects of carbon dioxide on photosyntheses and growth of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Norges Landbrukshøgskole*, Institutt for blomsterdyrking og veksthusforsk, melding 262: 1-11
- Mortensen, L.M., Moe, R., 1982. Growth responses of some greenhouse plants to environment. VII The effect of CO<sub>2</sub> on photosyntheses and growth of roses. *Norges Landbrukshøgskole*, Institutt for blomsterdyrking og veksthusforsk, melding 266: 1-11

- Mortensen, L., Moe, R., 1992. Effects of CO<sub>2</sub> enrichment and Different day/night temperature combinations on growth and flowering of rosa L. and Kalanchoe blossfeldiana v. Poelln. *Scientia Hortic.*, 51: 145-153
- Nederhoff, E. 1988. Dynamic optimization of the CO<sub>2</sub> concentration in greenhouses: an experiment with cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Acta Horticulturae* 229: 341-348.
- Nederhoff, E., 1994. CO<sub>2</sub>-dosering verdeling over de dag. *Vakblad voor de Bloemisterij* 23: 58-59
- Nederhoff, E., Graaf, R. de, 1992. CO<sub>2</sub> remt verdamping maar niet de groei. *Groenten en Fruit/Glasgroenten*, 9:18-19
- Ottosen, C.O., Rosenqvist, E., 1992. Hvor meget CO<sub>2</sub> i væksthuse - Hvad siger planterne? *Gartner Tidende* 16: 360-361
- Papenhagen, A., 1984. Bessere Erträge durch CO<sub>2</sub> - aber nicht überall. *Gartenbauliche Versuchsberichte der Versuchsanstalten für Gartenbau der Landwirtschaftskammer Rheinland - (1984):* 271-282
- Quispel, A., Stegwee, D., 1983. *Plantenfysiologie. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht/Antwerpen*, 490 p.
- Reimherr, P., 1985a. CO<sub>2</sub> und Zusatzlicht bei *Cissus antarctica* und *Schefflera actinophylla*. *Deutscher Gartenbau*, 1: 10-11
- Reimherr, P., 1985b CO<sub>2</sub> und Zusatzlicht bei *Ficus benjamina*. *Deutscher Gartenbau*, 4: 170
- Rijsdijk, A.A., 1989. Gewas in de kas ondervindt schade van rookgassen. *Vakblad voor de Bloemisterij* 22: 53
- Rijsdijk, A.A., 1994a. Zonnig weer vraagt om extra CO<sub>2</sub>. *Groenten + Fruit/Glasgroenten*, 40:14-15
- Rijsdijk, A.A., 1994b. Darmen omhoog voor betere CO<sub>2</sub>-benutting. *Groenten + Fruit/Glasgroenten*, 40: 16-18
- Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1992. *Plant Physiology*, fourth edition. Wadsworth Publishing Company, California, 682 p.
- Saxe, H., Christensen, O.V., 1984. Effects of carbon dioxide with and without nitric oxide pollution on growth, morphogenesis and production time of potted plants. *Acta Horticulturae* 162: 179-186
- Schmidt, K., Strauch, K.-H., 1987. CO<sub>2</sub> bei Saintpaulien - Teil 1: Einsatzbedingungen der Düngung. *Deutscher Gartenbau* 10:588-590
- Strauch, K.-H., 1989. CO<sub>2</sub>-düngung im Zierpflanzenbau - Teil 1 + Teil 2. *Rheinische Monatsschrift für Gemüse-, Obst- und Zierpflanzen* (77) 1: 38-41/ (77) 3:215-216
- Struppek, G., 1988. CO<sub>2</sub>-Begasung bei Azaleen-Jungpflanzen. *Deutscher Gartenbau* 6: 344-345
- Urban, L., Langelez, I., Morisot, A., Pyrrha, P., 1992. Effect of high-pressure mist and daytime continuous CO<sub>2</sub> supplement on plant water status and quality of 'Sonia' rose plants grown on rockwool. *Advances in Horticultural Science*, 2: 77-81
- Velden, N.J.A. van der, Sluis, B.J. van der, Verhaegh, A.P., 1995. *Energie in de glastuinbouw van Nederland; ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1993. Periodieke Rapportage 39-92*. Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
- Verberkt, H., 1993. Kalanchoe neemt CO<sub>2</sub> hoofdzakelijk overdag op. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 35: 34-35
- Verboom, H., 1978. Toediening van CO<sub>2</sub> bij *Alstroemeria*. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 23: 61
- Zieslin, N., Halevy, A.H., 1972. The role of CO<sub>2</sub> in increasing the yield of 'Baccara' roses. *Hort. Res.*, 12, 97-100