

1911-2000

## **Algemene aspecten van de toepassing van koolzuurgas**

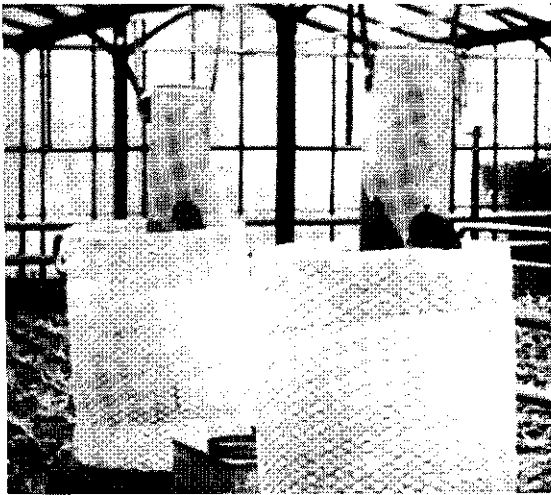
Ir. N. van Berkel

## Algemene aspecten van de toepassing van koolzuurgas

### Inleiding

Op grote schaal wordt thans gebruik gemaakt van extra CO<sub>2</sub> bij de teelt van gewassen onder glas; vooral bij de teelt van sla en tomaat. Wij hebben hier te maken met een van de belangrijkste ontwikkelingen van de laatste tien jaar. Deze ontwikkeling is begonnen toen in het begin van februari 1961 een tuinder te 's-Gravenzande sla aan de veiling bracht van een kwaliteit en een gewicht als geen ander leverde. Dit feit baarde groot opzien onder zijn collega's. Hij had dit bereikt door zijn petroleum-vergassers op een andere wijze te gebruiken als voorheen. Deze vergassers waren bij velen in gebruik voor wering

1. De petroleumvergasser waarmee het begon....



van nachtvorst in sla (afbeelding 1). De betrokken tuinder ging de kachels echter overdag gebruiken met de luchtramen dicht. De rookgassen bleven dus binnen. Het gevolg was, dat de temperaturen overdag hoog opliepen. 's Nachts werd ruim gelucht en waren de kachels uit, tenzij het vroom.

Andere tuinders volgden en verkregen zodoende ook sla van betere kwaliteit en hoger gewicht. Spoedig rees de gedachte, dat CO<sub>2</sub> hier erg gunstig had gewerkt. Maar ook andere factoren konden van invloed zijn, bijvoorbeeld de hoge dagtemperatuur, die met de dosering gepaard ging. Uit het onderzoek van Gaastra (1) was inmiddels gebleken, dat bij enkele uiteenlopende gewassen verhoging van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot 0,1% tot een flinke groeiversnelling leidde. Verder verhogen van het gehalte had geen zin meer. De gebeurtenissen in de praktijk waren aanleiding tot hernieuwd onderzoek naar de invloed van dit gas op de belangrijkste gewassen; allereerst sla, vervolgens ook tomaten, komkommers en andere gewassen. Bij ons onderzoek knoopten we aan bij de door Gaastra verkregen resultaten. Een gelukkige omstandigheid was het gereedkomen van een nieuwe kas, bestaande uit vele afzonderlijke afdelingen, die prima voor ons doel geschikt waren. Zo kon het onderzoek onmiddellijk worden gestart.

### Resultaten van onderzoek

*Sla.* Met sla is een viertal proeven gedaan. In alle vier had extra koolzuur een zelfde gunstig effect. Wij volstaan daarom met de vermelding van de resultaten van een der proeven. In een van de twee afdelingen van een kas kreeg de sla vanaf het uitplanten tot de oogst elke dag circa acht uur lang extra CO<sub>2</sub>. Het

gemiddelde CO<sub>2</sub>-gehalte bedroeg ongeveer 0,1%. Op een windstille dag lag het hoger, op een stormachtige dag wat lager. In de onbehandelde afdeling was het CO<sub>2</sub>-gehalte even hoog als in de buitenlucht, 0,03%. Er is gewerkt met twee rassen, Vitesse en nummer 57. Op 7/2/62 werd uitgeplant, op 22/3/62 geoogst. In beide vakken waren de gemiddelde dagen nachttemperaturen respectievelijk 25° en 3°C. Overdag waren de luchtramen dicht, in de nacht stonden zij open, tenzij het vroom.

Al spoedig waren er verschillen te zien tussen de beide behandelingen. Bij extra CO<sub>2</sub> was de kleur na enige weken duidelijk donkerder groen dan bij onbehandeld. Ook groeiden de planten bij extra CO<sub>2</sub> sneller; zij hadden na enige weken een duidelijke voor-sprong in grootte op de onbehandelde planten. Bij de oogst zijn de opbrengstgegevens bepaald (tabel 1, zie ook de afbeeldingen 2 en 3).

Tabel 1. Vergewichten bij de oogst in g per stuks

Ras	Extra CO <sub>2</sub>	Onbehandeld	Vershil
Vitesse	244 g	150 g	94 g
idem %	163	100	63
nr. 57	256 g	178 g	78 g
idem %	144	100	44

We zien dat de snellere groei bij extra CO<sub>2</sub> tot een opvallende meeropbrengst van beide rassen heeft geleid. De kwaliteit van de sla was bij extra CO<sub>2</sub> goed, bij onbehandeld onvoldoende.

Vóór men het gebruik van extra CO<sub>2</sub> kende, teelde men sla bij dagtemperaturen van 15-20°C. Men wist wel dat het verhogen van de dagtemperatuur de groei bevorderde, maar van deze kennis werd weinig of geen gebruik gemaakt, daar de kwaliteit ongunstig werd beïnvloed. Geeft men extra CO<sub>2</sub>, dan kan men wel een goede kwaliteit oogsten bij hogere temperaturen (afbeelding 4). Bij de voorjaarsteelt wordt daarom met het CO<sub>2</sub>-gehalte tegelijkertijd de temperatuur verhoogd. Dank zij de extra CO<sub>2</sub> trekt men nu wel profijt van de snellere groei, die het gevolg is van hogere temperatuur, maar mist men de slechte invloed op de kwaliteit.



2 en 3. Sla zonder en met extra koolzuur.

4. Rechts sla zonder extra CO<sub>2</sub> bij een dagtemperatuur van 21°C. Links sla met extra CO<sub>2</sub> bij een dagtemperatuur van 28°C.



De sprekende resultaten bij sla hebben ertoe geleid, dat begassen met CO<sub>2</sub> in de praktijk zeer snel ingang heeft gevonden. Vooral bij de voorjaarsteelt worden goede resultaten verkregen. Bij de herfst- en vroege wintersteelt is het veel moeilijker om succes te behalen. Het weer noopt de tuinder tot spoedig openzetten van de luchtramen, derhalve tot het staken van de CO<sub>2</sub>-dosering.

*Tomaat.* Bij de tomaat is ook reeds de gunstige werking van extra CO<sub>2</sub> bekend. Dit moge blijken uit onderstaande proefresultaten. In vier afzonderlijke kassen met tomaten werd geen extra CO<sub>2</sub> gegeven, in vier andere wel.

Het gebruikte tomateras was Cromco. Gezaaid werd op 12/11/62, geplant op 31/1/63; met de CO<sub>2</sub>-dosering werd begonnen op 20/2/63. De eerste bloemen stonden toen al in bloei. Elke dag werd CO<sub>2</sub> gegeven, als het weer zulks toeliet. Tot 7 april werd extra CO<sub>2</sub> toegediend. Het gemiddelde CO<sub>2</sub>-gehalte was 0,19 %, bij onbehandeld 0,03 %.

Reeds twee weken na het begin van de proef waren de gevolgen van de CO<sub>2</sub>-toediening zichtbaar: hogere planten met een donkerder bladkleur als bij onbehandeld. Ook waren de gezette vruchtjes wat groter dan bij overeenkomstige vruchtjes van onbehandelde planten (afbeeldingen 5 en 6). De vruchtzetting van

5 en 6. Een tros zonder extra CO<sub>2</sub> (linker-foto) en een overeenkomstige met extra CO<sub>2</sub>.



de onderste trossen was ook beter, zoals uit tabel 2 blijkt.

Vanaf de vijfde tros is van een betere zetting bij extra CO<sub>2</sub> vrijwel geen sprake meer. Dat is ook te zien uit de zetting van de eerste tien trossen per plant.

Volgens tabel 3 was na een maand de opbrengst bij extra CO<sub>2</sub> opvallend hoger dan bij onbehandeld (ruim 30 % meer). Deze meeropbrengst is sindsdien nauwelijks meer veranderd. Aantrekkelijk is dat de meeropbrengst valt in een tijd met hoge kg-prijzen en dat de totaalopbrengst niet wordt gedrukt door de hoge productie in het begin van het oogstseizoen.

Opgemerkt dient nog te worden, dat de vrij lage

totaalopbrengsten te wijten zijn aan het telen in oude druiverserres, die voor de tomatenteelt minder geschikt zijn. Een deel van de planten kon maar drie, vier of vijf trossen leveren.

De opbrengstverhoging was overwegend het gevolg van meer geoogste vruchten en voor een klein deel te danken aan een hoger gemiddeld vruchtgewicht (zie tabel 4).

De onderzoekresultaten worden gesteund door de vele praktijkervaringen.

In korte tijd heeft ook bij de teelt van tomaat het gebruik van extra koolzuur ruime ingang gevonden. Het is zonder meer aantrekkelijk, dat een belangrijk deel van de meeropbrengst valt aan het begin van de oogst, op een ogenblik dat de prijzen hoog zijn. Te meer als ook de totaalproductie niet gedrukt wordt door de hoge productie in het begin.

Tabel 2. Aantallen gezette vruchten per plant

Behandeling	Tros				
	1	2	3	4	1/10
Extra CO <sub>2</sub>	7,5	9,4	6,7	5,8	48,7
Onbehandeld	6,9	7,9	5,1	5,5	44,4
Vershil	0,6	1,5	1,6	0,3	4,3

Tabel 3. Opbrengst in kg per plant

	Extra CO <sub>2</sub>	Onbehandeld	Vershil
Na 1 maand	0,83	0,62	0,21
Totaal	2,88	2,65	0,23
Na 1 maand (%)	134	100	34
Totaal %	109	100	9

Tabel 4. Gemiddelde vruchtgewichten in g

	Extra CO <sub>2</sub>	Onbehandeld
Na 1 maand	55,1	52,9
Totale teeltperiode	51,5	50,1

*Andere gewassen.* Bij de komkommer waren de eerste proefresultaten teleurstellend. Het is gebleken, dat zeker in de eerste twee maanden na het uitplanten CO<sub>2</sub>-dosering weinig zin heeft. Want de CO<sub>2</sub>-gehalten zijn dan reeds drastisch verhoogd door vrijkomen van het gas uit de grote massa organisch materiaal van broeiveur of staalgrond. Blijkens metingen kan het gehalte in de periode na het uitplanten wel 0,2-0,3 % bedragen. Naarmate het materiaal veroudert, neemt de productie van CO<sub>2</sub> af. Bij de herfstteelt van komkommers liggen er voorlopig meer perspectieven. Er zijn enkele gunstige ervaringen bekend met extra CO<sub>2</sub> bij deze teelt. Uit de bodem komt hier maar weinig CO<sub>2</sub> vrij, daar vrijwel alleen verteerde organische mest voor deze teelt wordt gebezigd.

Bij radijs, aardbeien, andijvie en spinazie zijn ook gunstige ervaringen met CO<sub>2</sub> bekend. De teelt van radijs is dankzij CO<sub>2</sub> nu in de winter goed mogelijk.

Bij aardbeien verkrijgt men enige vervroeging en een wat hoger vruchtgewicht. Evenals bij sla wordt de groei van andijvie en spinazie flink versneld, zodat men vroeger kan oogsten.

## Bronnen

Men zou CO<sub>2</sub> kunnen verkrijgen door het aanbrengen van een broeiveur of staalgrond zoals bij de komkommerteelt gebruikelijk is. Dit wordt voor andere gewassen niet gedaan. Daar wint men CO<sub>2</sub> rechtstreeks uit koolwaterstoffen door ze zelf te verbranden. Ook kan men CO<sub>2</sub> loslaten uit cilinders. De koolzuurfabrikant verkreeg de cilinder-CO<sub>2</sub> eveneens door verbranding van koolwaterstoffen en ontdeed het gasmengsel van andere gassen en onzuiverheden, zodat zuivere CO<sub>2</sub> overbleef.

Van de vloeibare koolwaterstoffen wordt in de praktijk alleen petroleum gebruikt voor de winning van CO<sub>2</sub>. De zwaardere oliesoorten (HBO<sub>1</sub>, enz.) zijn ongeschikt wegens het hoge gehalte aan zwavel. Dit mag niet hoger zijn dan 0,05 %. Alleen petroleum voldoet aan deze eis. De gasvormige brandstoffen zijn alle voor CO<sub>2</sub>-levering geschikt, mits er niet te veel zwavel in zit. In de praktijk wordt vooral propaan gebruikt en zal aardgas in de toekomst opgeld doen.

Blijkens onderzoek in Naaldwijk zijn petroleum, propaan en zuivere CO<sub>2</sub> alle als CO<sub>2</sub>-bron geschikt. Elders zijn ook goede ervaringen met aardgas bekend.

De kosten van bronnen vormen de belangrijkste factor voor de keuze van de tuinder. In tabel 5 zijn deze kosten vermeld.

Tabel 5. Kosten CO<sub>2</sub>-bronnen

CO <sub>2</sub> -bronnen	1 kg geeft	1 kg kost	100 l CO <sub>2</sub> kosten
Petroleum	1500 l CO <sub>2</sub>	17,5 ct	1,2 ct
Propaan	1500 l CO <sub>2</sub>	63 ct	4,2 ct
Propaan		42 ct	2,8 ct
Propaan		22,5 ct	1,5 ct
Aardgas (1 m <sup>3</sup> )	500 l CO <sub>2</sub>	10 ct	1,1 ct
CO <sub>2</sub> -cilinder	500 l CO <sub>2</sub>	67 ct	13,1 ct

Aardgas is het goedkoopst, gevolgd door petroleum en propaan. Voor propaan gelden drie prijzen, die onderling sterk verschillen. De verschillen hangen samen met de transportkosten. De hoogste prijs geldt voor propaan uit cilinders, de volgende geldt voor propaan uit een huurtank (jaarverbruik minstens 2500 kg). Men betaalt de laagste prijs als men zelf een grote tank koopt. Zuivere CO<sub>2</sub> is verreweg het duurst en wordt daarom weinig gebruikt.

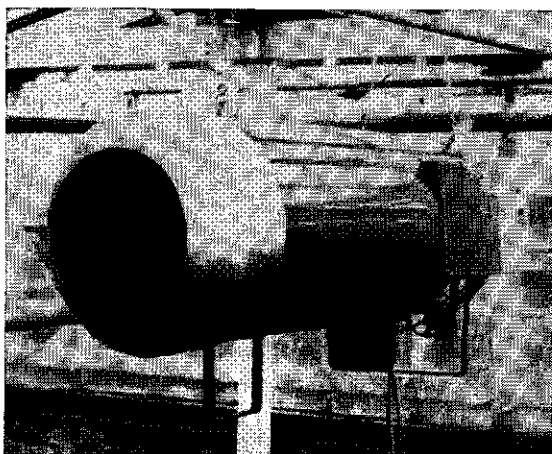
## Hoeveel CO<sub>2</sub> doseren?

Voor bijna alle gewassen wordt geadviseerd het CO<sub>2</sub>-gehalte te verhogen tot omstreeks 0,1 % (komkommer 0,15 %). Verhoging tot boven dit gehalte leidde bij vrijwel alle onderzochte gewassen niet tot verdere groeiversnelling (Gaastra) (1). Om 0,1 % te bereiken, dient men per uur 1,5–2,5 kg petroleum of propaan, of 2,5–4 m<sup>3</sup> aardgas per 1000 m<sup>2</sup> te verbranden. Van zuivere CO<sub>2</sub> is veel meer nodig, circa 1½ tot 3 maal de gewichtshoeveelheid van petroleum.

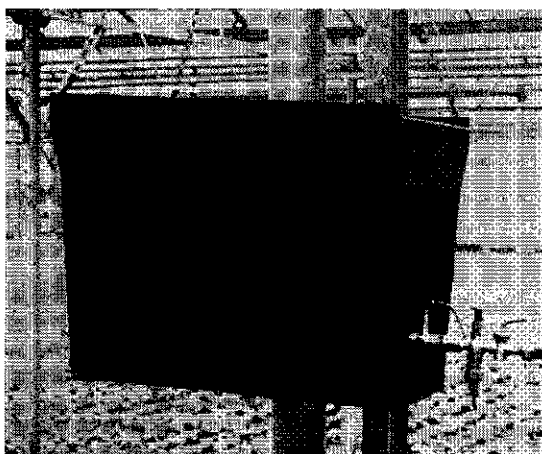
Het gehalte 0,1 % is een gemiddelde waarde. Vooral de windsnelheid beïnvloedt het gehalte sterk. Bij harde wind blijft men ver onder 0,1 %. Bij windstil weer vindt men wel waarden van 0,2 %. De wintermaanden lenen zich het best voor het toedienen van CO<sub>2</sub>, daar de luchtramen hele dagen dichtblijven. Men kan dan gedurende de hele dag CO<sub>2</sub> geven. Hoe dichter we de zomer naderen, des te kleiner het aantal uren wordt, waarin CO<sub>2</sub>-bemesting kan worden toegepast. De snel oplopende temperaturen maken vroegtijdig luchten noodzakelijk en daarmee CO<sub>2</sub>-dosering vrijwel nutteloos. Bij open ramen verdwijnt de CO<sub>2</sub> snel naar buiten, vooral in streken met veel wind.

## Apparatuur

Voor de winning van CO<sub>2</sub> uit petroleum is nog overwegend een eenvoudig type vergasser in gebruik (afbeelding 1). De rookgassen worden met behulp van een ventilator over de ruimte verdeeld. Een vlotterbak zorgt voor een constant oliepeil in het reservoir en een glaswollen mantel rond de kachel voorkomt ver-



7. Een hoge-drukverstuiver voor petroleum.



8. Voorbeeld van een propaankachel.

branding van het gewas nabij de kachel. Wegens de korte levensduur en de vele zorg, die de kachel vereist, zoekt men naar betere toestellen. Een veelbelovende verbetering lijkt ons de introductie van de hogedrukverstuivingsbrander (afbeelding 7). Olie-deeltjes worden onder druk tot heel kleine druppeltjes verstoven en vervolgens verbrand.

Voor propaan en aardgas zijn verschillende branders op de markt. Alle toestellen zijn variaties op het thema: verbrander met een beveiliging tegen vrij uitstromend gas, met of zonder ventilator.

Er zijn kleine en grote branders voor kleine en grote oppervlakten. Gebruikt men een kleine brander, met een capaciteit voor een oppervlakte van circa 500 m<sup>2</sup> (afbeelding 8), dan is voor een goede verdeling van het gas in de ruimte geen ventilator nodig. Gebruikt men een brander met een grotere capaciteit (voor meer dan 1000 m<sup>2</sup>), dan is wel een ventilator nodig. Gezien de ervaringen gaat onze voorkeur uit naar het systeem met één brander op elke 500 m<sup>2</sup>. Niet alleen zijn de temperaturen rond deze kachels minder hoog, maar belangrijker is de overbodigheid van ventilato-

ren. Vooral bij de teelt van tomaten rijzen met een ventilator weldra moeilijkheden. Als het gewas hoog wordt, geeft de ventilator een onvoldoende verdeling en een grote kans op verbranding van het gewas door de stroom van hete rookgassen.

Voor de dosering van CO<sub>2</sub> uit een cilinder gebruikt men apparatuur, bestaande uit een ventiel, dat de hoge druk uit de cilinder vermindert, waarmee de gewenste hoeveelheid CO<sub>2</sub> kan worden ingesteld. Het gas wordt met plastic leidingen over de ruimte verdeeld en stroomt via kleine gaatjes naar buiten.

### Schade

Bij gebruik van propaan of aardgas (behalve cilinder-CO<sub>2</sub>) kunnen grote gevaren ontstaan voor mens en gewas, als de installatie niet prima in orde is. Komt er vrij gas in de ruimte door lekkage, dan is de kans op explosie erg groot. Naast dit gevaar bestaat er kans op schade aan het gewas. Als er door lek onverbrand gas langs een vlam stroomt, ontstaan onvolledig verbrande producten, die zeer schadelijk zijn voor het gewas. Hetzelfde risico ontstaat als een

brander het toegevoerde gas niet volledig verbrandt. Onvolledige verbranding heeft reeds op verschillende plaatsen tot ernstige schade aan sla en tomaat geleid.

### Samenvatting

De grote waarde van CO<sub>2</sub> voor teelten onder glas werd toevallig door een tuinder ontdekt. Het onderzoek leerde dat bij sla en tomaat met extra CO<sub>2</sub> belangrijke opbrengstverhogingen kunnen worden verkregen. Ook bij aardbei, andijvie, radijs en spinazie zijn gunstige ervaringen bekend. Bij de komkommer waren de CO<sub>2</sub>-gehalten door het gebruik van veel vers organisch materiaal zo hoog, dat geen opbrengstverhoging werd verkregen.

Als CO<sub>2</sub>-bronnen worden tot nog toe vooral petroleum en propaan gebruikt. Zuivere CO<sub>2</sub> is te duur. Bij de dosering wordt het CO<sub>2</sub>-gehalte verhoogd tot circa 0,1 %, bij de komkommer tot 0,15 %.

Er zijn voor de CO<sub>2</sub>-levering verschillende typen kachels in gebruik. Onze voorkeur gaat uit naar een systeem van kleine kachels, waarbij geen ventilatoren voor de verdeling van het gas nodig zijn.

Wegens de gevaren voor mens en plant, dient de verbranding van koolwaterstoffen voor CO<sub>2</sub>-levering volledig te zijn.

### Literatuur

1. Gaastra, P.: *Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature, and stomatal diffusion resistance*. Meded. Landb. hogeschool Wageningen. 59 (13), 1959: 1-68

### Summary

**General aspects of the application of carbon dioxide.** – N. van Berkel, Experimental Station for Fruit and Vegetable Growing under Glass.

The great value of CO<sub>2</sub> for vegetable growing under glass was discovered by chance by a Dutch market gardener.

Research has revealed that the application of extra CO<sub>2</sub> to lettuce and tomatoes increases yields considerably. Favourable experience has also been gained in the cultivation of strawberries, endive, radish and spinach. Experiments on cucumbers revealed that, if the CO<sub>2</sub> content is already high – due to the use of a lot of fresh organic matter – no yield increase occurred. The CO<sub>2</sub> content is raised to about 0.1 % for most crops, and to 0.15 % for cucumbers. This is mostly done by the combustion of petroleum or propane. The use of a number of small stoves is preferred to large units because, no fans are needed.

Because of the danger to man and plant, the combustion of hydrocarbons for the production of CO<sub>2</sub> should be complete.