



# CO<sub>2</sub> niet meer dan genoeg

Teelt van Tomaat in 2012 bij Improvement Centre met  
lichtafhankelijk doseren van CO<sub>2</sub>

Arie de Gelder<sup>1</sup>, Mary Warmenhoven<sup>1</sup>, Anja Dieleman<sup>1</sup>, Peter Klapwijk<sup>2</sup> en Piet Hein van Baar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Wageningen UR Glastuinbouw <sup>2</sup>GreenQ Consultancy <sup>3</sup>GreenQ Improvement Centre



## Referaat

Wageningen UR Glastuinbouw heeft met financiering van Kas als Energiebron en Samenwerken aan Vaardigheden onderzoek gedaan naar efficiënter gebruik van CO<sub>2</sub>. In een kasproef bij GreenQ/Improvement Centre is een CO<sub>2</sub> doseerstrategie getest, waarbij iets meer CO<sub>2</sub> wordt gegeven dan er op basis van de hoeveelheid licht wordt opgenomen. Dit zorgt ervoor dat de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas bij open luchtramen net iets boven de buitenwaarde uit komt. Met deze doseerstrategie is met 17 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> een productie gerealiseerd van 62.5 kg/m<sup>2</sup> tomaat (cultivar Komeett). Het energie gebruik was 26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Uit de literatuur blijkt dat de weerstand die CO<sub>2</sub> ondervindt vanuit de omgeving tot in de chloroplast, bij huidmondjes die voldoende openstaan, voor 40% bepaald wordt door het transport van CO<sub>2</sub> door de celwand en het celvocht en voor 60% door de diffusie weerstand van kaslucht naar de intercellulaire ruimte. Een dun blad met veel sponsparenchym is daarom gunstig voor de CO<sub>2</sub> binding. Het aantal huidmondjes per cm<sup>2</sup> blad is daarbij minder maatgevend. Sluiting van de huidmondjes remt de fotosynthese binnen een minuut omdat de CO<sub>2</sub> in het blad snel wordt opgebruikt. Vergelijking van de bladstructuur op twee hoogtes in het gewas met planten van hetzelfde ras in een andere proef lieten geen verschillen zien, niet in hoogte en niet in behandeling.

## Abstract

Wageningen UR Greenhouse Horticulture developed a CO<sub>2</sub> supply strategy in which slightly more CO<sub>2</sub> is given than is taken up based on the amount of light. A test at GreenQ Improvement Centre resulted in a CO<sub>2</sub> concentration in the greenhouse with open windows slightly above the outside value. With this supply strategy, 17 kg/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> supply resulted in a production level of 62.5 kg/m<sup>2</sup> tomato (cultivar Komeett). The energy consumption is 26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. When the stomata are open, the resistance of CO<sub>2</sub> on the way from the environment into the chloroplast is for 40% determined by the transport of CO<sub>2</sub> through the cell wall and the cytosol and for 60% by the diffusion resistance of greenhouse air to the intercellular space. A thin leaf with lots of spongy parenchym is therefore beneficial for CO<sub>2</sub> binding. The number of stomata per cm<sup>2</sup> leaf is therefore less important. Closing of the stomata inhibits photosynthesis within a minute because the CO<sub>2</sub> in the leaf is then depleted. Comparison of the leaf structure at two heights in the crop with plants of the same variety in another compartment did not show differences, neither in height nor in treatment. This project was financed by Kas als Energiebron and Samenwerken aan Vaardigheden.

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

# Wageningen UR Glastuinbouw

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

# Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Doelstelling	8
2	Werkwijze	9
	2.1 Kas en de uitusting daarin	9
	2.1.1 Basis kasuitrusting	9
	2.2 Teelt	10
	2.2.1 Registratie	10
	2.2.2 Begeleidingscommissie	10
	2.3 Energie prognose en gebruik	10
	2.4 CO <sub>2</sub> prognose	11
	2.5 Waarnemingen aan bladstructuur en temperatuur	12
3	Teeltrealisatie	15
	3.1 Plantkenmerken	15
	3.2 Energie inzet	16
	3.3 CO <sub>2</sub> hoeveelheid	17
	3.4 Bladstructuur	18
	3.5 Bladtemperatuur	19
4	Interne geleidbaarheid voor CO <sub>2</sub> en bladstructuur	21
	4.1 Inleiding	21
	4.2 Huidmondjesgeleidbaarheid	21
	4.3 Interne geleidbaarheid	22
	4.3.1 De onderdelen van de interne geleidbaarheid	24
	4.3.1.1 Interne geleidbaarheid - gasfase	24
	4.3.1.2 Interne geleidbaarheid - vloeibare fase	25
	4.3.2 Effect van de interne geleidbaarheid op de fotosynthese	25
	4.3.3 Bladanatomie en interne geleidbaarheid	26
	4.3.4 Snelle aanpassingen in interne geleidbaarheid	27
	4.4 Conclusie	28
5	Realisatie doelstellingen, praktische toepassing en discussie	29
6	Literatuur	33
Bijlage I	Publicaties.	35
Bijlage II	Teeltbeoordeling	37



# Samenvatting

Het onderzoek: "CO<sub>2</sub> niet meer dan genoeg" kende drie doelstellingen:

- met niet meer dan 18 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> en 24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan aardgas per jaar een goede productie van tomaat realiseren.
- de morfologie en het functioneren van het blad beter beschrijven en hoe de opname van CO<sub>2</sub> in het blad optimaal verloopt.
- kennis overdracht door de resultaten van een teeltextperiment toe te lichten en te bespreken in het licht van de beschikbare fundamentele kennis over hoe een plant omgaat met CO<sub>2</sub> in relatie tot licht verdamping.

Het onderzoek is uitgevoerd in 2012 bij het Improvement Centre door in een afdeling tomaat te telen met een licht afhankelijke dosering van CO<sub>2</sub>. Er is gekozen voor het ras Komeett, geënt en getopt op de onderstam Maxifort. De plantdatum was 21 december 2011. De plantdichtheid 2,3 planten per m<sup>2</sup>. Bij de helft van de planten is in week 7 (15 februari) een extra stengel aangehouden zodat de stengeldichtheid op 3.45 stengels per m<sup>2</sup> kwam.

In de proef is uiteindelijk 17 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> gedoseerd. De productie was in vergelijking met 2011 vanaf het begin iets lager. De productie was met 62.6 kg/m<sup>2</sup> in een jaar niet hoog. Het energiegebruik was met 26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> iets hoger dan geraamd.

Dit is bereikt door lichtafhankelijk CO<sub>2</sub> te doseren. Dit kan als er zuivere CO<sub>2</sub> wordt gebruikt. Om CO<sub>2</sub> dosering gericht te sturen zijn in deze proef twee instellingen gebruikt:

- Aan-Uit regeling: CO<sub>2</sub> mocht worden gedoseerd als er licht was en de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas lager was dan 600 ppm.
- Als de regeling aan stond was de gedoseerde hoeveelheid licht afhankelijk. Tot 200 W/m<sup>2</sup> straling werd de minimum capaciteit gebruikt. In het geval van de proef 40 kg/ha.uur. Bij een hogere lichtintensiteit werd de capaciteit lineair verhoogd tot de maximum capaciteit van 130 kg/ha.uur bij 800 W/m<sup>2</sup>. Hierdoor wordt voor tomaat altijd meer CO<sub>2</sub> gedoseerd dan door het gewas wordt vastgelegd in de fotosynthese en zal de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas boven de buitenwaarde blijven.

*Telers, die gebruik maken van zuiver CO<sub>2</sub>, kunnen op hun eigen klimaat computer een vergelijkbare instelling realiseren. Belangrijk is dat de CO<sub>2</sub> meter in de kas goed geijkt is en regelmatig (minimaal 2 ker per jaar) geijkt wordt. Ook de afstelling van de doseerunit moet goed zijn.*

Er zijn bladmonsters genomen om de blad opbouw te analyseren. De verhouding palissade/spons parenchym is vergelijkbaar met de verhouding die in 2011 werd gemeten in de afdeling met normaal CO<sub>2</sub> doseren. Deze uitgebreide metingen bevestigen dus niet de waarneming uit 2011 dat bij beperkt CO<sub>2</sub> de verhouding palissade/ spons parenchym wijzigt. Toen was de verhouding bij beperkt CO<sub>2</sub> doseren 0.70 boven in het gewas en 0.78 onderin het gewas. Het lijkt er dus op dat de verhouding palissade/spons parenchym niet gemakkelijk is te beïnvloeden en van meer factoren afhankelijk is.

Uit een uitgebreide literatuur studie naar de morfologie en het functioneren van het blad komt naar voren dat het CO<sub>2</sub> transport door de vloeibare fase in de cel vanuit het onderzoek lange tijd als factor voor de CO<sub>2</sub> opname is onderschat. De weerstand voor CO<sub>2</sub> transport vanuit de intercellulaire ruimte naar de chloroplast is 40% van totale weerstand die moet worden overwonnen bij CO<sub>2</sub> opname door bladeren. Bladeren met veel contact oppervlak tussen intercellulaire ruimtes en celwanden zouden op basis van deze waarneming in het voordeel zijn. Een dunner blad is voor de CO<sub>2</sub> opname en lichtabsorptie gunstiger dan een dikker blad. Bij de metingen die aan de bladstructuur zijn gedaan, werd geen verschil in opbouw van het blad gevonden tussen op verschillende hoogte in het gewas. Het lijkt er op dat de verhouding palissade/ spons parenchym niet gemakkelijk is te beïnvloeden en ook niet de belangrijkste factor is. Het gaat meer om het contact oppervlak tussen intercellulaire ruimte en celwand.

*Het feit dat CO<sub>2</sub> in een blad zeer snel door de plant wordt gebruikt betekent dat de aanvoer van CO<sub>2</sub> uit de omgeving goed moet zijn. Enige luchtbeweging in een kas is hiervoor noodzakelijk. Lucht is altijd in beweging. Het transport van CO<sub>2</sub> van het doseersysteem naar de plant heeft profijt van een minimale luchtbeweging (< 0.1 m/s).*

*Sluiting van huidmondjes door hoge instraling moet worden voorkomen. Hiervoor moet zonodig, met de huidig beschikbare middelen, een zonwerende doek en krijt worden gebruikt. Het sluiten van huidmondjes is alleen indirect af te leiden uit verdamping of planttemperatuur.*

De proef is gepresenteerd op open dagen bij het Improvement Centra, zoals het Energiek Event 2012. Via Samenwerken aan Vaardigheden zijn de weekrapporten openbaar gemaakt. Elly Nederhoff heeft bij een bijeenkomst van de maandgroep een toelichting gegeven over haar visie op CO<sub>2</sub> doseren en daar een weblog voor Energiek2020 over geschreven inclusief een tabel met een algemeen advies. De telers uit de maand- en weekgroep hebben de kennis actief ingebracht op hun bedrijven en bij excursiegroepen.

# 1 Inleiding

CO<sub>2</sub>-emissie en CO<sub>2</sub>-dosering worden belangrijke aandachtspunten bij de invoering van sectorale CO<sub>2</sub>-emissie normen en rechten. Het is van belang voor de duurzaamheid van de sector dat de CO<sub>2</sub>-emissie wordt beperkt.

De waarde van CO<sub>2</sub> voor de groei van planten is uit onderzoek in het verleden duidelijk gebleken (Nederhoff, 1994). Over CO<sub>2</sub> doseren is heel veel kennis beschikbaar en er zijn vele brochures en artikelen geschreven. CO<sub>2</sub> heeft een positief effect op de groei, maar de toename van de groei neemt af bij verhoging van de CO<sub>2</sub> concentratie. Er is sprake van afnemende meeropbrengst. Bij geopende luchtramen moet echter juist steeds meer worden gedoseerd om een hogere concentratie in de kas te realiseren. Er is sprake van een toenemend CO<sub>2</sub> verlies.

Vanuit het onderzoek en de praktijk is voor tomaat als regel aangehouden dat een CO<sub>2</sub> concentratie van rond de 1000 ppm de beste groei en productie geeft. Dit gegeven, het beschikbaar zijn van OCAP in een deel van het productie gebied en de opkomst van de WKK hebben er toe geleid dat er een strategie is ontstaan van liefst zo veel mogelijk kilo's CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> doseren. In het project "Gelimiteerd CO<sub>2</sub> en HNT tomaat" (De Gelder *et al.* 2011) blijkt de meeropbrengst niet op te wegen tegen de extra kosten aan CO<sub>2</sub>. Te veel CO<sub>2</sub> gaf in het verleden het probleem van het korte bladsyndroom bij tomaat. Dit bleek gerelateerd aan te weinig sinks (vragende vruchten) in verhouding tot de source (fotosynthese). Door meer vruchten aan te houden kon dit probleem worden opgelost. Dit wijst er op dat er sprake kan zijn van remming van de groei bij veel CO<sub>2</sub>. In de praktijk blijken telers met weinig instrumenten om aanvullend CO<sub>2</sub> te doseren, vaak in staat goede producties te realiseren. De vraag leeft daarom nog altijd wanneer je CO<sub>2</sub> moet doseren. Deze vraag wordt belangrijker naarmate CO<sub>2</sub> meer gaat kosten. De verwachting is dat met de introductie van CO<sub>2</sub> emissie rechten de kosten van CO<sub>2</sub> zullen toenemen, ook als deze afkomstig zijn van eigen WKK installaties.

Bij vermindering van de CO<sub>2</sub> beschikbaarheid uit eigen opwekking, omdat er energiezuinig wordt geteeld of energie uit andere bronnen waaraan geen CO<sub>2</sub> is gekoppeld wordt ingezet zoals aardwarmte, moet CO<sub>2</sub> worden ingekocht.

Bij inkoop, via aansluiting op een bron van zuivere CO<sub>2</sub> zoals OCAP, is de vraag wat een kilo extra CO<sub>2</sub> oplevert in termen van productie. Nu is de financiële opbrengst een lastig te voorspellen getal, maar de kg opbrengst is wel redelijk te berekenen. Deze kan tegen een vooraf aangenomen prijs worden omgezet in een financieel rendement. In het verleden is deze benadering gebruikt in een project om aanvullende dosering van zuivere CO<sub>2</sub> te optimaliseren (Swinkels en De Zwart, 2002). Een andere benadering is om zoveel te doseren als gegeven de lichtintensiteit door de plant wordt opgenomen. Als iets meer wordt gedoseerd dan door de plant kan worden vastgelegd zal de kasconcentratie iets boven de buitenwaarde uitkomen. De concentratie in de kas is de resultante van de balans tussen dosering, opname door de plant en ventilatieverlies. Het stuurdoel is de verwachte opname door de plant. Op basis van gegevens van de proef van 2011 (De Gelder *et al.* 2011) is te berekenen dat bij een dergelijke aanpak het gebruik ongeveer 18 kg/m<sup>2</sup> per jaar zal zijn. De CO<sub>2</sub> dosering is daarbij niet afhankelijk van de beschikbaarheid als bijproduct van warmteproductie, maar is beschikbaar uit zuivere bron en warmte is een bijproduct als CO<sub>2</sub> wordt gemaakt met een ketel. De vraag is of een doseerstrategie op basis van opname hoeveelheid inderdaad leidt tot een goede productie met een lage gedoseerde hoeveelheid.

Als de luchtramen gesloten zijn, kan de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas gemakkelijk hoog gehouden worden, maar ook dan neemt met stijgende concentratie in de kas het lekverlies toe. Bij gesloten ramen kan daarnaast ophoping van groeiverstorende componenten een rol gaan spelen.

In het onderzoek in 2011: Gelimiteerd CO<sub>2</sub> doseren bij het Nieuwe Telen tomaat (De Gelder *et al.* 2011) is de daling van de productie op jaarbasis slechts 1 kg/m<sup>2</sup> terwijl 23 kg/m<sup>2</sup> minder CO<sub>2</sub> is gedoseerd. Ten opzichte van de referentie een daling van 50%. De uitkomsten van deze proef lijken op het eerste gezicht afwijkend van resultaten uit het verleden. Toch zijn er voldoende aanwijzingen in eerdere onderzoeken te vinden dat het effect van CO<sub>2</sub> vooral sterk is in de bovenste bladlaag als licht niet de limiterende factor is. Als een verschil in hoeveelheid gedoseerd CO<sub>2</sub> niet leidt tot een verschil in CO<sub>2</sub> rond de kop van de plant dan zal dit zich niet omzetten in een sterke verandering van de productie.

De analyse en interpretatie van de gegevens uit dat onderzoek laten zien dat de fotosynthese snelheid in het gewas niet fundamenteel anders is. Boven de 400 ppm heeft de CO<sub>2</sub> concentratie een minder sterk effect op de fotosynthese dan er onder.

Voor het beter opnemen van CO<sub>2</sub> door het gewas is het functioneren van de huidmondjes belangrijk. Daarbij zal er verschil in gedrag van huidmondjes zijn als gevolg van positie van een blad in een gewas. In het project Het Nieuwe Telen Amaryllis is vastgesteld dat huidmondjes zeer snel sluiten bij stress. De vraag is of de huidmondjes in alle delen van het gewas gelijk sluiten?

Een beknopte literatuur studie laat zien dat het verschijnsel patchiness - lokale verschillen in gedrag van huidmondjes - een reden kan zijn van een beperking van de fotosynthese in een blad. Tot nu toe is dit verschijnsel niet bekeken voor glastuinbouw gewassen. Om de opname van CO<sub>2</sub> door een gewas te maximaliseren, moet meer bekend zijn van dit verschijnsel en of hierop te sturen is. In het verleden is voor de opname van CO<sub>2</sub> vaak de parallel getrokken met in serie geschakelde weerstanden. Gesloten huidmondjes vormen de grootste weerstand, de overige weerstanden werden als minder belangrijk geschetst. Maar voor optimale opname van CO<sub>2</sub> is het ook van belang om te weten hoeveel CO<sub>2</sub> buffer er in een blad is als de huidmondjes sluiten, wat de diffusiesnelheid is van het open huidmondje naar de celwanden waar CO<sub>2</sub> wordt opgenomen om vervolgens door Rubisco te worden gebonden. In het onderzoek naar Huidmondjes opening (Van Telgen *et al.* 2009) is gekeken naar een toepassing voor de praktijk en is vooral om pragmatische redenen gekozen voor de zogenoemde stomata sensor van Hogendoorn. Die studie gaat echter onvoldoende diep voor echte optimalisatie van de CO<sub>2</sub> opname. Ook de studie Huidmondjes in ontwikkeling (Trouwborst, *et al.* 2010) over huidmondjes ontstaan gaat niet op deze aspecten in. Verder onderzoek naar de opbouw van het blad, het aantal en de positie van huidmondjes onder invloed van CO<sub>2</sub> is nodig om de opname van CO<sub>2</sub> door het blad te optimaliseren.

In het project gelimiteerd CO<sub>2</sub> (De Gelder *et al.* 2011) werd gevonden dat in de behandeling met de minste CO<sub>2</sub> dosering de aantasting door botrytis het minste was. Dit is opmerkelijk. De relatie tussen CO<sub>2</sub> en botrytis is onvoldoende bekend.

Een praktische vuistregel op basis van het onderzoek naar gelimiteerd CO<sub>2</sub> is dat de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas rond de 600 ppm gehouden moet worden. De resultaten van 2011 zijn echter eenmalig behaald. Voor praktische toepassing is het goed om dit onderzoek, met gebruikmaking van de kennis van 2011 te herhalen. Daarbij kan een verdere optimalisatie worden bereikt in de dosering door een strategie die gebaseerd is op de opname van CO<sub>2</sub> door de plant.

Daarom is in het kader van Samenwerken aan Vaardigheden een project opgezet dat in samenwerking met diverse partijen werd uitgevoerd. Er was een actieve inbreng vanuit de landelijke commissie Tomaat van LTO en ondersteuning vanuit OCAP. Dat project dient tevens als belangrijk centrum voor trainingen, voorlichting of informatie bijeenkomsten om alle kennis over CO<sub>2</sub> en de dosering daarvan met de praktijk te bespreken. Niet alleen voor tomaat maar ook voor andere gewassen. Het SamenWerken aan Vaardigheden project is na goed keuring van de medefinanciering door Kas als Energiebron onderdeel geworden van het project voor Kas als Energiebron.

## 1.1 Doelstelling

De doelstelling is om in een tomatenteelt met niet meer dan 18 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> per jaar een goede productie te realiseren. Dit wordt gerealiseerd op basis van een doseerstrategie, die is gebaseerd op de opname van CO<sub>2</sub> door het gewas. Er wordt niet meer gegeven dan het gewas bij een gemeten lichtintensiteit zal opnemen. Berekend is dat hiervoor in de piek van de vraag per week 0.6 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> nodig is. Dit komt overeen met een maximaal gasgebruik van 0.4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. De energiedoelstelling is het gebruik van 24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan aardgas.

Een tweede doelstelling is om door uitgebreide studie van de morfologie en het functioneren van het blad beter te kunnen beschrijven hoe de opname van CO<sub>2</sub> in het blad optimaal verloopt.

Een derde doelstelling is kennis overdracht. De resultaten worden toegelicht en besproken in het licht van de beschikbare fundamentele kennis over hoe een plant omgaat met CO<sub>2</sub> in relatie tot licht en verdamping. De fundamentele kennis wordt daarbij praktisch toepasbaar gemaakt. Het project moet door communicatie sterk bijdragen aan de discussie over de wijze van CO<sub>2</sub> dosering in de praktijk, daarin moet ook de relatie tussen CO<sub>2</sub> en groei en de fysiologische processen uitgewerkt worden. In deze communicatie zullen ook andere gewasgroepen betrokken worden.



## 2 Werkwijze

### 2.1 Kas en de uitusting daarin

Voor het project is gebruik gemaakt van de kasfaciliteiten van GreenQ-Improvement Centre (IC). Het betreft de afdeling 6 die in eerdere jaren is gebruikt voor de projecten Het Nieuwe Telen Tomaat en Het Nieuwe Telen Paprika en Gelimiteerd CO<sub>2</sub> en het nieuwe telen Tomaat. Hierdoor is de basis uitrusting aanwezig om Het Nieuwe Telen te kunnen toepassen. Afdeling 6 ligt aan de zuidwestkant van het complex van het IC.



*Figuur 1. De buitenkant van de afdelingen waarin het experiment is uitgevoerd*

#### 2.1.1 Basis kasuitrusting

De basis kasuitrusting is

Kasdek type	: Venlo dek - Tralie ligger met 2 kappen per tralie.
Glastype en dakhelling	: 91% lichtdoorlaat en 22% helling.
Traliebreedte	: 9.60 meter.
Poothoogte	: 6.68 meter.
Luchting	: 2 Halve ramen per 5 meter aan weerszijden.
Verwarming	: Buisrail - per tralie 6 * 2 buizen 51 mm ø naast elkaar. : Groeibuis - per tralie 6 * 2 buizen 35 mm ø boven elkaar : Afstand groeibuisen tot de substraatmat 30 en 70 cm. : Gevelverwarming bestaat uit twee delen die gekoppeld zijn aan buisrail en groeibuis.
Klimaatcomputer	: Priva.

De beide groeibuisen hangen relatief laag tussen het gewas zodat ze meer bij de rijpende vruchten gebruikt kunnen worden. Hierdoor kunnen de groeibuisen eerder en langer als primair verwarmingsnet dienen.

Om maximale isolatie te bereiken is de scherminstallatie uitgerust met twee schermen, die een tegengestelde looprichting hebben. Als kieren in het scherm worden getrokken zitten deze ten opzichte van elkaar versprongen.

Bovenste scherm	: XLS 18 Firebreak.
Onderste scherm	: XLS 10 Ultra Revolux.

Van planten tot 20 februari is gebruik gemaakt van een vast AC-folie.

In de gevel zitten standaard rolschermen die afzonderlijk stuurbaar zijn.

Teeltsysteem	: V-systeem, hangende goot, 50 cm vanaf de grond.
Gootafstand	: 1.60 meter
Gewasdraad	: 4.5 meter boven de grond
Matttype	: Cultilene excellent
Watergift	: 1 Druppelaar per plant, afgifte capaciteit 2 liter/uur.

Voor de beheersing van luchtvochtigheid was een systeem voor gecontroleerde ventilatie aanwezig. Dit systeem bestaat uit een luchtbehandelingkast (LBK) die buiten de kas is geplaatst. In deze LBK bevinden zich de ventilator, om lucht aan te zuigen en de kas in te blazen, en een warmtewisselaar om de lucht op te warmen tot de gewenste kasluchttemperatuur. De lucht gaat via een hoofdverdeeldeiding de kas in en wordt middels slurven onder elke goot in de kas verdeeld. De slangen zijn 30 m lang en bevatten 8 gaatjes/m ter grootte van 0,78 cm<sup>2</sup>/gat. Bij een uitblaassnelheid van 4.0 m/s wordt per uur per m<sup>2</sup> kas 4.8 m<sup>3</sup> lucht toegevoerd.

## 2.2 Teelt

Er is gekozen voor het ras Komeett, geënt en getopt op de onderstam Maxifort. De plantdatum was 21 december 2011. De plantdichtheid 2,3 planten per m<sup>2</sup>. Bij de helft van de planten is in week 7 (15 februari) een extra stengel aangehouden zodat de stengeldichtheid op 3.45 stengels per m<sup>2</sup> kwam.

Voor de CO<sub>2</sub> dosering en het energie gebruik zijn prognoses opgesteld waarmee het werkelijke gebruik van CO<sub>2</sub> en energie kon worden vergeleken. Deze vergelijking draagt bij aan het bewust omgaan met CO<sub>2</sub> en energie.

### 2.2.1 Registratie

De normale gewasregistraties zijn uitgevoerd door het IC. De productie van de tomaten in kg is geregistreerd per pad. Voor de vergelijking tussen de afdelingen werden de 6 middelste paden in de afdelingen gebruikt. In twee meetvelden per afdeling, die links en rechts van een pad liggen, werden stengeldikte van de kop, plantlengte, bladlengte, zetting en nummer van de bloeiende tros gemeten.

De gewasbescherming is vastgelegd in een logboek. Het gerealiseerde klimaat is geregistreerd via de klimaatcomputer. Gegevens zijn opgeslagen per 5 minuten.

Het gerealiseerde klimaat en de productie zijn vastgelegd in wekrapporten, die aan de begeleidingscommissie per mail werden toegezonden.

### 2.2.2 Begeleidingscommissie

Nadat het project was goedgekeurd is er vanaf 7 februari wekelijks een begeleidingscommissie bijeenkomst geweest met vanuit de teelt Ted Duijvesteijn, Jasper Oussoren en Michel de Winter, als teeltadviseur was Peter Klapwijk aanwezig, vanuit GreenQ de teeltmanager Piet Hein van Baar, vanuit onderzoek Arie de Gelder. Het verslag van de begeleidingscommissie werd gemaakt door Wim van der Ende van GreenQ. In de begeleidingscommissie werden alle te nemen teeltmaatregelen besproken, ook werd in maandbijeenkomsten dieper ingegaan op een onderdeel van het onderzoek.

## 2.3 Energie prognose en gebruik

De prognose voor de energieinput was 23.8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.jaar op basis van warmtevraag. Het energiegebruik voor de warmtevraag van de afdeling is gemeten met behulp van een energiemeter op de aanvoer en retour van de verwarmingsleiding naar de afdeling. Alle verwarmingsnetten - buisrail, groeibuis, gevelverwarming en de warmte wisselaar in de luchtbehandelingkast - werden hiermee van warmte voorzien.

De warmte opgenomen door de luchtbehandelingkast werd in de klimaatcomputer berekend op basis van aanvoer en retourtemperatuur van deze unit. Het elektriciteitsgebruik van de ventilator is berekend aan de hand van het aantal draaiuren en de stand van de ventilatorcapaciteit.

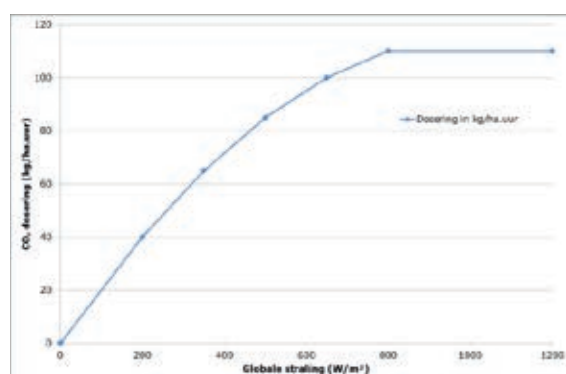
De afdelingen van het Improvement Centre hebben, in vergelijking tot een normaal productiebedrijf, relatief veel buitengevel in verhouding tot het kasoppervlak. Daardoor is de warmtevraag per m<sup>2</sup> kas in de winter groter dan een normaal bedrijf. Het geregistreerde energiegebruik is daarom omgerekend naar een warmtevraag van een normaal bedrijf met een factor die per maand is berekend. Daarbij is rekening gehouden met het gegeven dat een deel van het energiegebruik niet direct met warmtevraag heeft te maken, maar met de ontvochtiging. In de situaties dat het energiegebruik niet direct met warmtevraag te maken heeft, is het energiegebruik per m<sup>2</sup> niet afhankelijk van de verhouding geveloppervlak ten opzichte van kasoppervlak. Deze gekozen correctie is een algemene benadering die in eerdere projecten voor het nieuwe telen in deze afdelingen met model berekeningen is geverifieerd. Deze modelberekeningen zijn gedaan zowel door Wageningen UR als door Plant Dynamics/EcoCurves en bevestigen dat de gekozen correctie mag worden toegepast.

## 2.4 CO<sub>2</sub> prognose

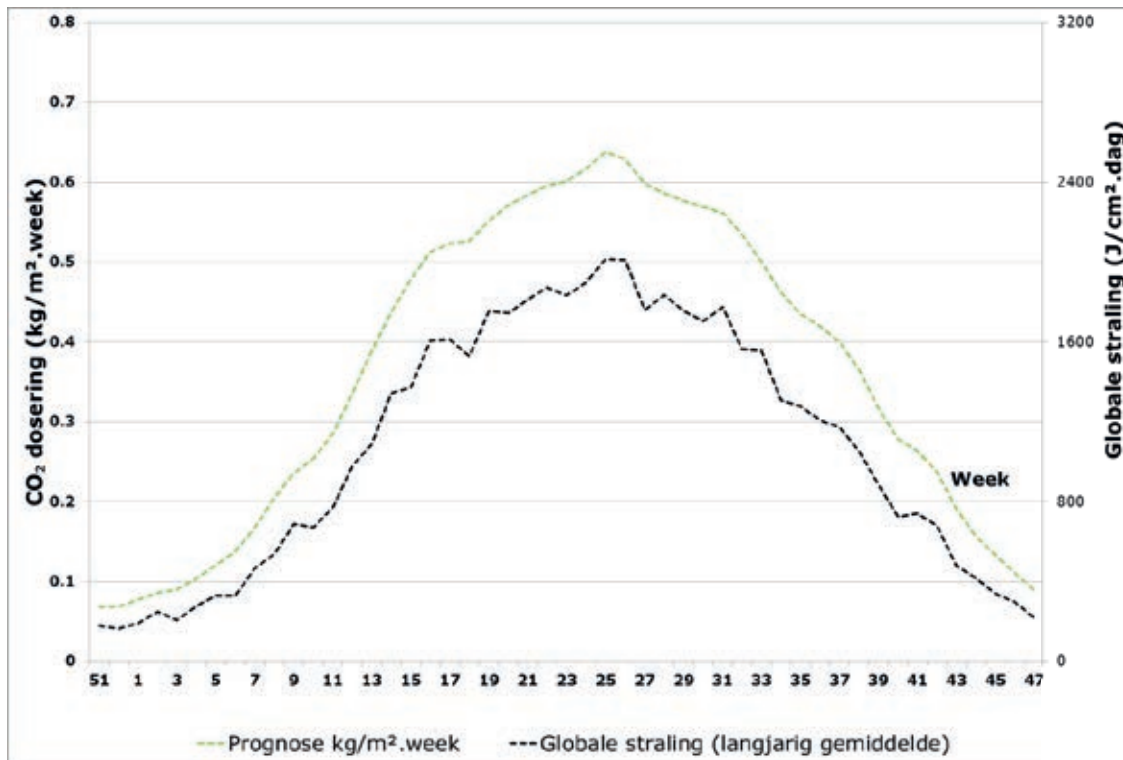
Voor de dosering van CO<sub>2</sub> is een prognose gemaakt op basis van een normaal patroon voor lichtintensiteit over het jaar. Gebaseerd op 10 jaar gegevens van het KNMI station in De Bilt (2001-2010) is per uur berekend wat de CO<sub>2</sub> dosering zou zijn als de volgende grenzen voor CO<sub>2</sub> dosering worden gehanteerd Tabel 1.

Tabel 1. Gegevens voor berekening CO<sub>2</sub> dosering.

Stralings grens in W/m <sup>2</sup>	Dosering in kg/ha.uur
0	0
200	40
350	65
500	85
650	100
800	110
1200	110



De verwachte straling en CO<sub>2</sub> hoeveelheid per week lopen zoals verwacht parallel (Figuur 2.). De totale CO<sub>2</sub> dosering komt bij deze aannames uit op 18 kg/(m<sup>2</sup>. jaar) .



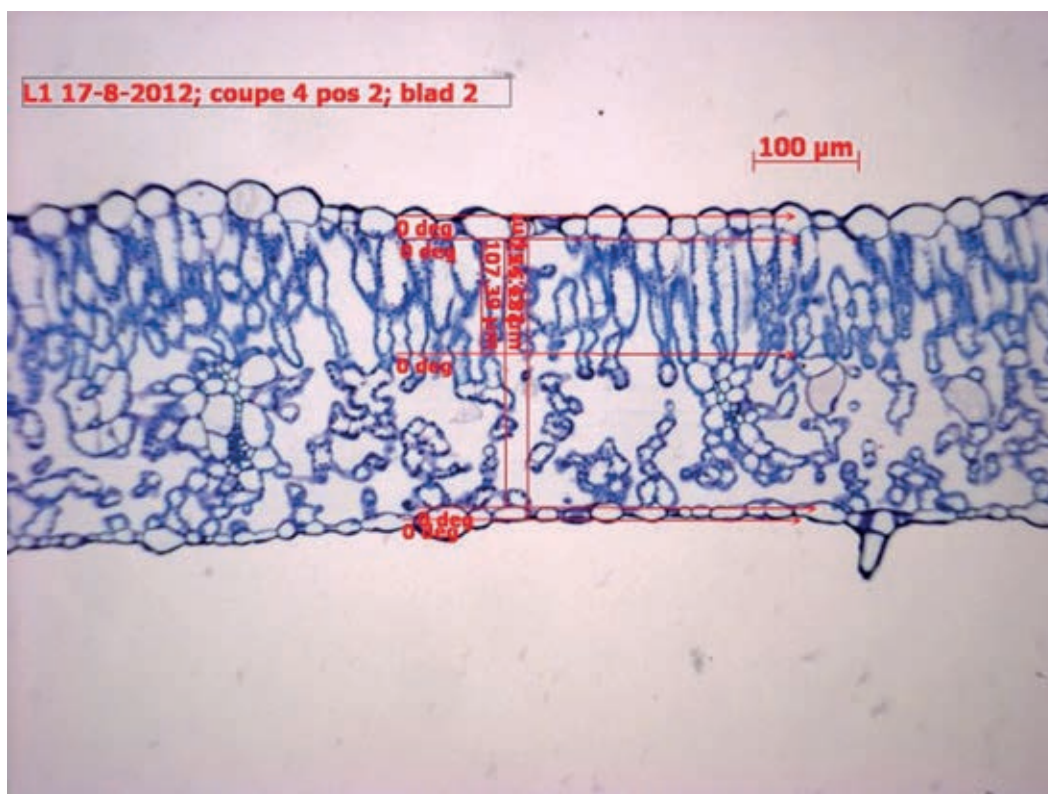
Figuur 2. Langjarig gemiddelde voor de globale straling en de CO<sub>2</sub> dosering per week.

## 2.5 Waarnemingen aan bladstructuur en temperatuur

In het experiment met beperkt CO<sub>2</sub> doseren (De Gelder *et al.* 2011) was een verschil gevonden in bladstructuur. Bij gelimiteerd CO<sub>2</sub> doseren was de verhouding tussen palisade- en sponsparenchym kleiner dan bij normaal CO<sub>2</sub> doseren. Vooral in de jonge bladeren was er verhoudingsgewijs meer sponsparenchym, dus meer intercellulaire ruimte en daardoor een groter oppervlak aan cellen dat grenst aan lucht. Omdat de metingen in 2011 maar een beperkt aantal planten betrof is het onderzoek naar de bladopbouw in deze proef uitvoeriger gedaan, waarbij als vergelijking bladeren uit het experiment met hybride belichting zijn genomen. Het belichtingsexperiment is beschreven door Dueck *et al.* (2013).

Op 4 momenten - 5 en 6 april, 18 mei, 3 juli en 18 augustus - zijn op 3 hoogtes in het gewas - hoog, midden en laag, bladmonsters genomen. Hoog is het eerste 'volgroeide' blad boven de eerste volledig gezette tros, midden is een blad 2 trossen daaronder en laag is blad weer 2 trossen daaronder. Deze bladeren zijn genomen van hoofdstengels aan dezelfde kant van een gewasrij. Er zijn monsters genomen van twee bladeren en daarvan steeds 2 blaadjes. De 4 monsters per afdeling en bladhoogte zijn per dag bij elkaar in één potje met fixeer oplossing gedompeld. Totaal zijn het 24 verschillende behandelingen (2 kassen, 4 dagen, 3 hoogtes). Er zijn wel 2 bladeren genomen per keer, maar die zijn tijdens de verdere verwerking niet apart behandeld zodat daarop niet onderscheiden kan worden. Van elke behandeling zijn wel 2 reeksen coupes gemaakt.

Van de gefixeerde bladeren zijn met een microtoom bladcoupes gemaakt. Daarbij worden rijtjes van coupes gemaakt die per 5 zijn vastgelegd op een objectglas. Van de coupes 2 tot en met 5 zijn digitale opnames gemaakt van 2 plaatsen per coupe. In deze digitale opnames zijn met beeldverwerking software metingen gedaan aan dikte van het blad (totaal mesophyll) en aan de dikte van palisade- en sponsparenchym. Hiervoor werden 5 lijnen getrokken waartussen de afstanden werden bepaald.



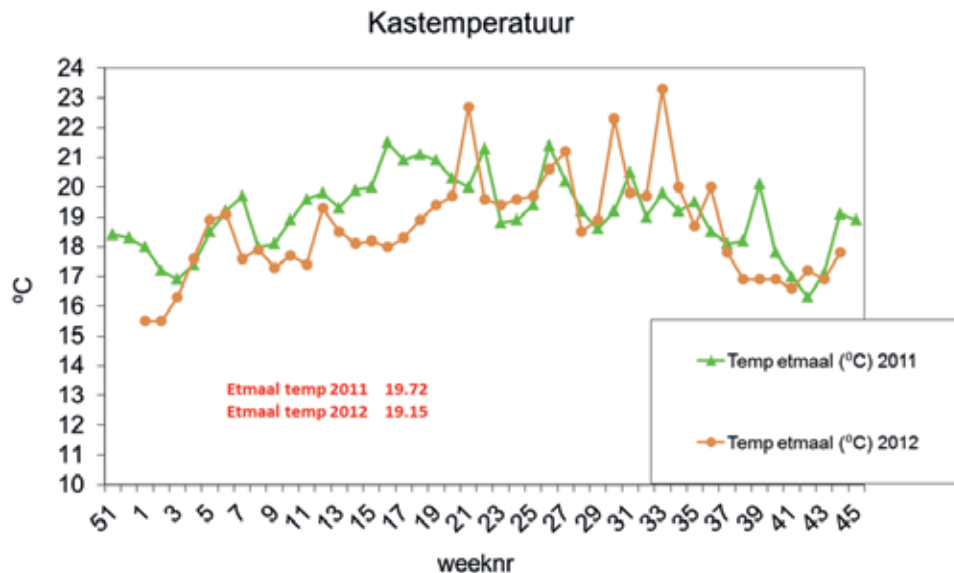
De afstand tussen bovenste en onderste lijn is totale bladdikte, de afstand tussen de 2<sup>e</sup> lijn en middelste is dikte palissade parenchym en de afstand tussen middelste en 4<sup>e</sup> lijn is dikte sponsparenchym. Er op deze wijze minimaal 16 metingen per behandeling gedaan.

Een tweede aandachtspunt voor waarnemingen was de verdeling van de bladtemperatuur. Er is nagaan of met infrarood opnames verschillen in lokale temperatuur zichtbaar zijn. Daarvoor zijn in mei op een zonnige dag opnames gemaakt met een infrarood warmtebeeld camera.

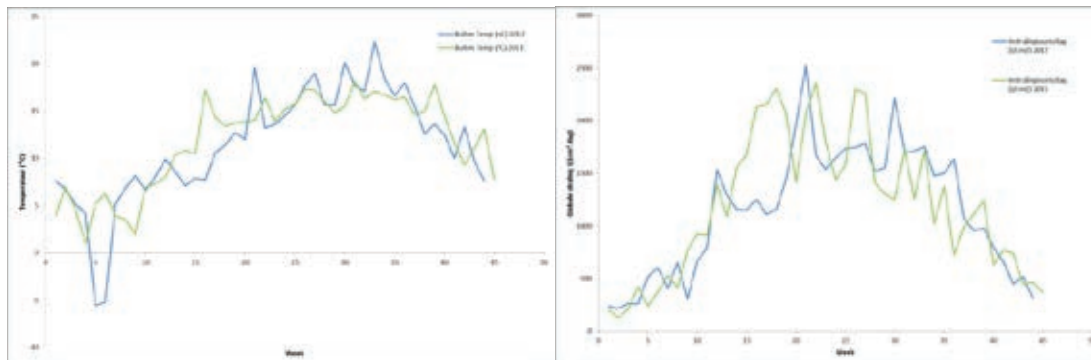


### 3 Teeltrealisatie

De teeltopzet voor 2012 was in hoofdlijnen gelijk aan die van het experiment uit 2011. Daarom worden de resultaten van de klimaatrealisatie met de gegevens van 2011 vergeleken. Natuurlijk zijn de buitenomstandigheden in 2012 anders geweest dan die van 2011. De vergelijking kan echter wel laten zien hoe op verschillen in omstandigheden is die resulteerden in verschillen in groei is gereageerd.



Figuur 3. De gemiddelde kasttemperatuur per week in 2012 vergeleken met die in het experiment uit 2011.

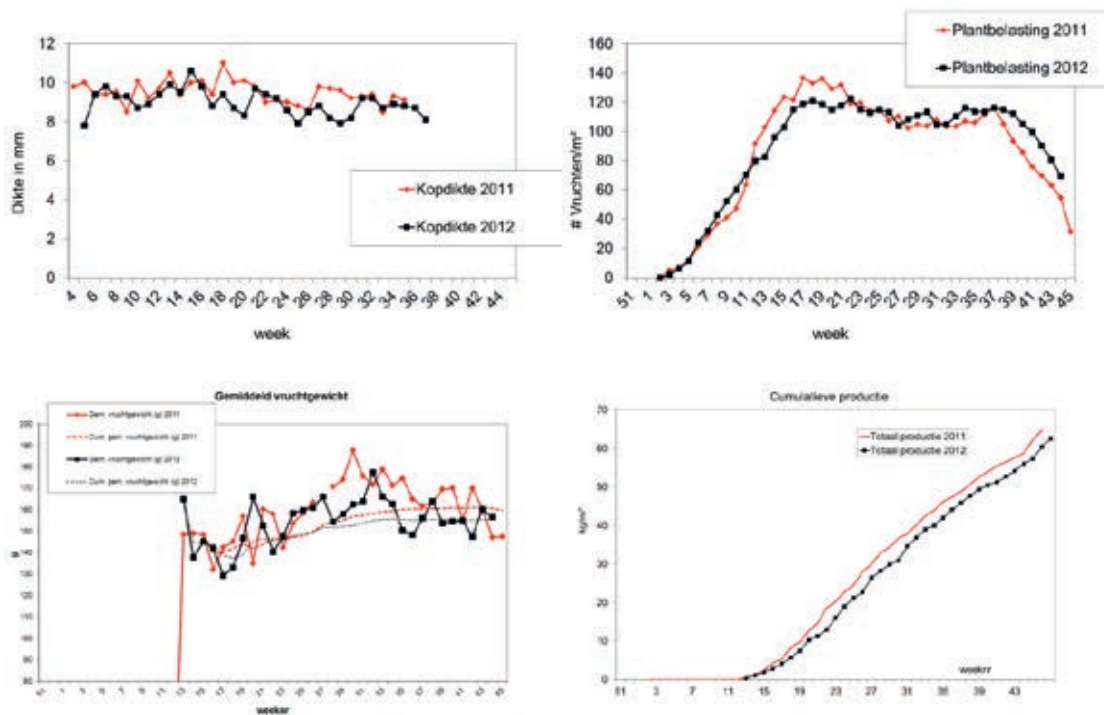


Figuur 4. Buitentemperatuur gemiddeld per week en globale straling per dag gemiddeld per week in 2012 en 2011.

Opvallend bij de kasttemperatuur is dat in het begin van de teelt de temperatuur in 2012 duidelijk lager is gebleven dan in 2011. Dit heeft zowel met de teeltstrategie als met de buitenomstandigheden te maken. In 2011 was het voorjaar relatief zonnig in vergelijking met 2012. Meer zon geeft meer groei en daarom mag de kasttemperatuur hoger zijn. De zomer van 2012 is gemiddeld warmer geweest en dat is te zien in pieken in de kasttemperatuur.

#### 3.1 Plantkenmerken

Uit de verslagen van de begeleidingsgroep (Bijlage 2) blijkt dat er per week sterk wisselende beoordelingen van het gewas werden gegeven. Het was lastig om in het begin het gewas goed in balans te krijgen. Er was toen veel aantasting door meeldauw. Bij het gebruik van de groeibuis verwarming is er door de wijze van koppeling van het gevelnet aan de groeibuis en buisrailverwarming een tekort aan warmte bij de gevel. Dit gaf een achterstand in groei bij de gevel.



Figuur 5. Kopdikte, plantbelasting, vruchtgewicht en productie van de proef uit 2012 vergeleken met die uit 2011.

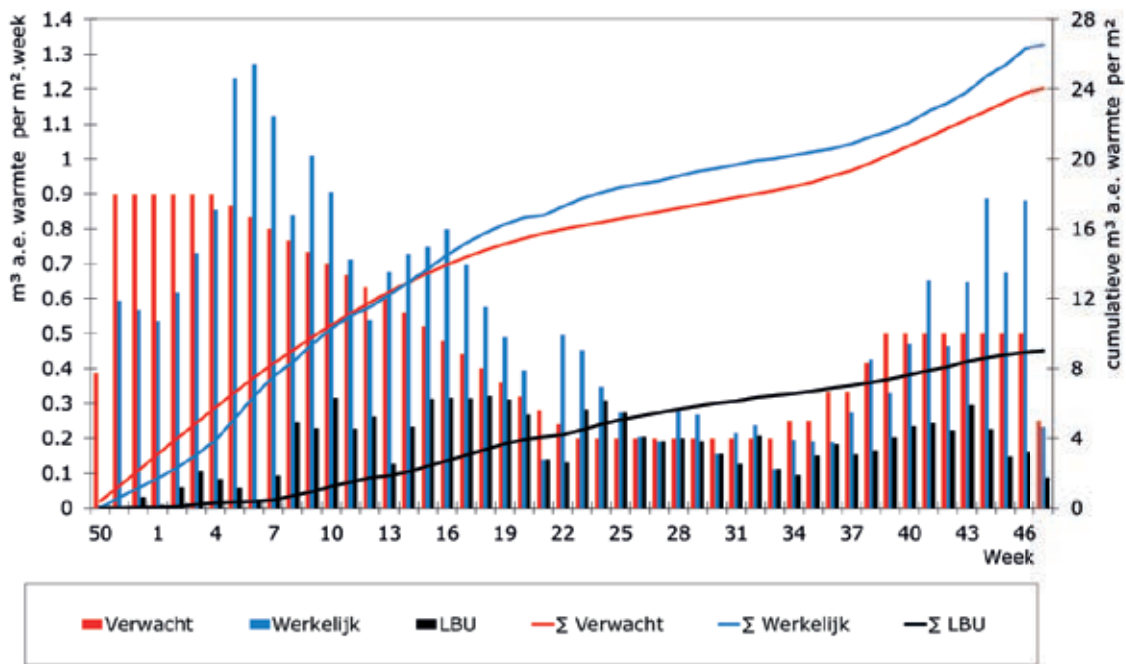
De verschillen in buitenomstandigheden en het daarbij gerealiseerde kasklimaat zijn ook terug te vinden in de gewassenmerken. De plantbelasting is in 2011 door de sterkere groei aan het begin hoger. Opvallend is dat in 2012 de kopdikte na week 18 lager is dan in 2011. De kopdikte is een indicatie voor de vegetatieve groei van de plant. Een te dikke kop wijst op overmatige vegetatieve groei. Bij Komeett is dat bij een kopdikte die richting de 11 mm gaat. Een te dunne kop wijst op een te sterke generatieve groei. Bij Komeett is daarvoor de grens rond de 8 mm. Deze grenzen zijn ervaringsregels op basis van meerdere jaren onderzoek met Komeett. In 2012 is regelmatig de ondergrens van 8 mm bereikt. Blijkbaar is de verhouding tussen licht en temperatuur in 2012 minder gunstig voor de totale gebalanceerde groei dan in 2011. In 2011 was het vruchtgewicht gemiddeld hoger dan in 2012. Regelmatig is in de begeleidende groep discussie gevoerd over de teelt strategie.

In het tweede half jaar is er regelmatig een vergelijking gemaakt met de groei en productie in de Venlow Energy kas. Daar was de groei vegetatiever maar de productie duidelijk hoger. In de begeleidingscommissie werd niet de koppeling gelegd tussen de beperkte CO<sub>2</sub> dosering en de mindere productie. De productie had mogelijk ca 1 kg/m<sup>2</sup>. week extra geweest als de teeltduur was verlengd. Daarmee zou de productie meer overeenkomen met die van 2011, maar dan zou ook de teeltduur van 2011 langer genomen moeten worden (Zie Figuur 5. rechts onder) en dan blijft het verschil zeker bestaan.

## 3.2 Energie inzet

De prognose voor energie was 24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. In de eerste weken bleef het gebruik ver onder de prognose, maar een strenge vorst periode in week 5 tot 7 gaf een veel hoger energie gebruik. Tot de zomer bleef het energie gebruik daarna boven de energie prognose. In de zomer was het energie gebruik vrijwel geheel gekoppeld aan de inzet van de luchtbehandelings kast. Van de totale warmte vraag ging er 9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> via deze luchtbehandelingskasten, dit is een relatief groot deel. Er is veel met de ontvochtiging gewerkt om mogelijke problemen met botrytis te voorkomen. Ook aan het einde van de teelt was het energie gebruik iets hoger dan vooraf voorzien. De doelstelling voor energie, een energieverbruik van 24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, is niet gehaald. Deels is dit te koppelen aan de zeer koude periode in februari. Daarnaast was het energiegebruik in het koude voorjaar hoger dan begroot. Toch is een gebruik van 26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> een laag energie gebruik.



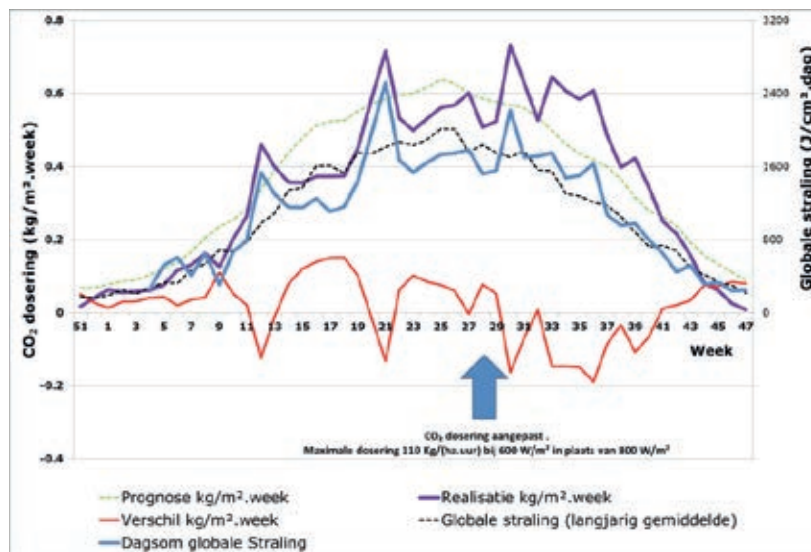


Figuur 6. Energie gebruik- verwachting en realisatie in 2012.

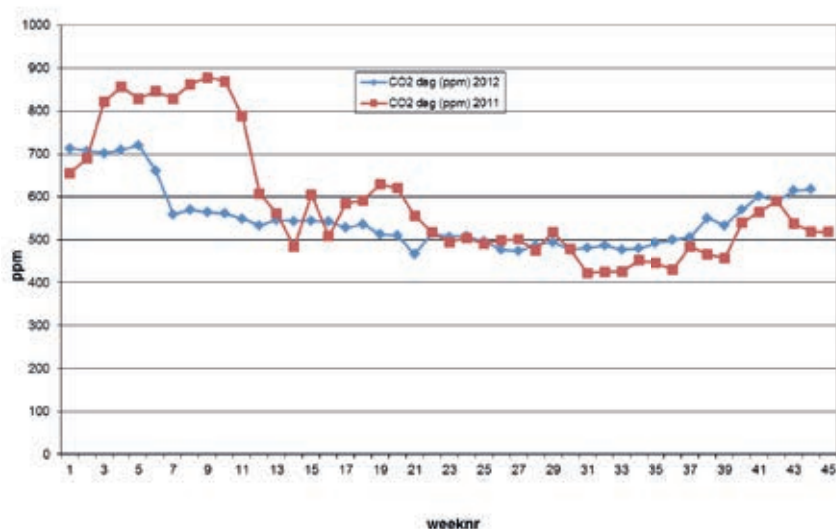
### 3.3 CO<sub>2</sub> hoeveelheid

De prognose van de hoeveelheid te doseren CO<sub>2</sub> en de realisatie komen vrij goed met elkaar overeen (Figuur 7.).

De CO<sub>2</sub> concentratie is tot week 6 rond de 700 ppm gebleven. Daarna is een CO<sub>2</sub> concentratie overdag gehandhaafd tussen de 500 en 600 ppm. Vanaf week 26 zakte de concentratie overdag naar gemiddeld minder dan 500 ppm. In de begeleidingscommissie is toen besloten om de dosering eerder naar de maximale capaciteit van 110 kg/(ha.uur) te zetten. In plaats van bij 800 W/m<sup>2</sup> al bij 600 W/m<sup>2</sup>. Gevolg was dat de dosering in de periode daarna boven de prognose per week uitkwam. Het totale gebruik bleef echter met 17 kg/(m<sup>2</sup>.jaar) ruim binnen de doelstelling van 18 kg/(m<sup>2</sup>.jaar). In vergelijking met 2011 is er bij de start van de teelt met minder hoge concentraties CO<sub>2</sub> geteeld. Aan het eind van de teelt was de concentratie in 2012 juist iets hoger (Figuur 8.).



Figuur 7. Gerealiseerde CO<sub>2</sub> dosering per week vergeleken met de prognose en de gemiddelde dagsom van de globale straling.



Figuur 8. De gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie tijdens de dagperiode in 2012 vergeleken met die van de proef uit 2011.

De gerealiseerde concentraties laten zien deze vrij laag wordt gedurende de zomer. De grootste productie winst op basis van CO<sub>2</sub> concentratie zit in het traject van 400 tot 600 ppm. De gerealiseerde waarde van 500 ppm zit midden in dat traject. Een hogere CO<sub>2</sub> concentratie zou nog een groei winst kunnen opleveren, maar de extra hoeveelheid die daarvoor gedoseerd moet worden is groot omdat de verliezen door ventilatie gaan toenemen. De juiste verhouding is alleen te berekenen met een optimalisatie programma dat de winst in groei berekend, dit omzet in opbrengst en dit vergelijkt met de kosten voor extra CO<sub>2</sub> (Swinkels en De Zwart, 2002).

### 3.4 Bladstructuur

In twee kassen met totaal verschillende proefopzet, beperkt CO<sub>2</sub> doseren en testen van hybride belichting (SON-T top met LED tussenbelichting)(Dueck *et al.* 2013), zijn bladmonsters genomen. Er is vergeleken tussen deze kassen omdat in beide proeven het ras Komeett is gebruikt, de buitenomstandigheden gelijk waren en er voldoende bladmonsters per afdeling konden worden genomen. De vergelijking kon ook gemaakt worden met de kleinere set gegevens uit 2011. Tussen de planten uit de twee teelten blijkt er een verschil in bladdikte, maar niet in de opbouw van het blad. Het verschil in bladdikte kan te maken hebben met de wijze van teelt - de hybride licht proef is tot in april belicht - en in leeftijd van het gewas en uiteraard de CO<sub>2</sub> dosering strategie. Het is niet te zeggen wat de oorzaak van het verschil in bladdikte is. Een dunner blad is voor de CO<sub>2</sub> opname en lichtabsorptie gunstiger dan een dikker blad, omdat de afstanden die licht, maar vooral CO<sub>2</sub> in het blad moeten afleggen kleiner zijn.

Tabel 2. Dikte van parenchym lagen en totale blad in  $\mu\text{m}$ .

Kas	Palissade parenchym	Spons parenchym	Mesofyll	Blad	Palissade/Spons
Beperkt CO <sub>2</sub>	105.1	122.5	227.5	263.2	0.87
Hybride licht	114.7	136.2	250.9	287.6	0.85

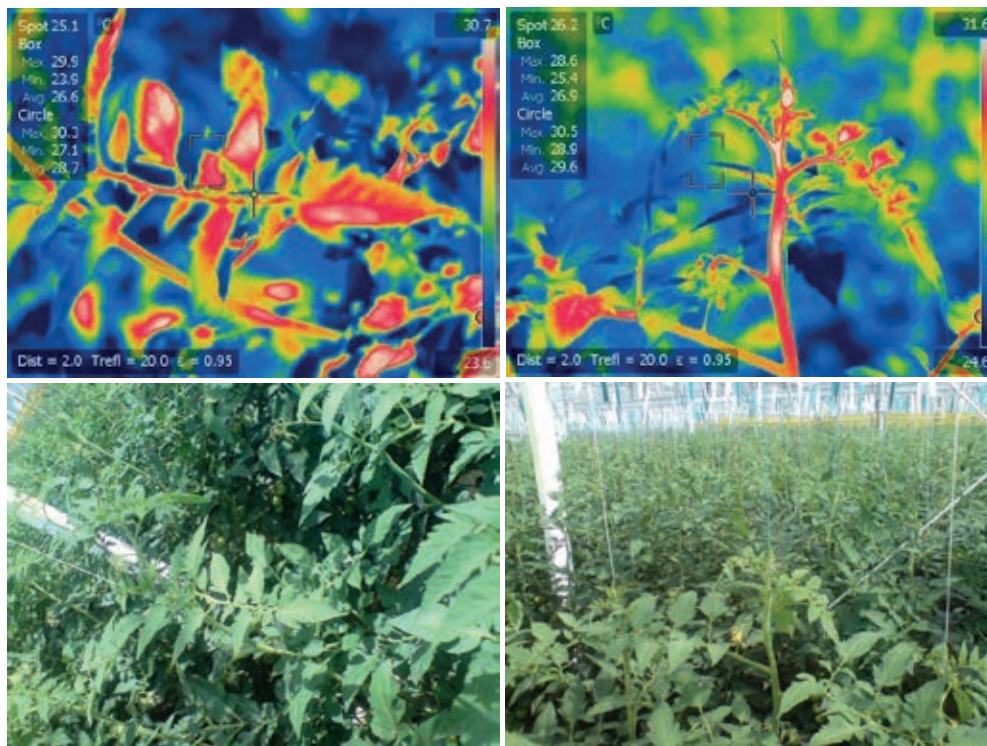
Als gekeken wordt naar het effect van leeftijd van het blad. Dan blijkt dat bij oudere bladeren in de CO<sub>2</sub> proef de verhouding palissade/spons parenchym iets hoger te zijn, maar de verschillen zijn klein (0.06). De bladdikte is iets geringer dan de planten in de er naast staande proef met hybride belichting. De bladdikte neemt wel toe met ouder worden van het blad. Dit gebeurt in beide kassen op een vergelijkbare wijze.

De verhouding palissade/spons parenchym is vergelijkbaar met de verhouding die in 2011 werd gemeten in de afdeling

met normaal CO<sub>2</sub> doseren. Deze uitgebreide metingen bevestigen dus niet de waarneming uit 2011 dat bij beperkt CO<sub>2</sub> de verhouding palissade/ spons parenchym is gewijzigd. Toen was de verhouding bij beperkt CO<sub>2</sub> doseren 0.70 boven in het gewas en 0.78 onderin het gewas. Het lijkt er dus op dat de verhouding palissade/spons parenchym niet gemakkelijk is te beïnvloeden en van meer factoren afhankelijk is.

### 3.5 Bladtemperatuur

In de bladtemperatuur zijn met een infrarood camera grote locale verschillen te zien (opnames gemaakt in mei op een zonnige dag). De stengel is duidelijk warmer dan de bladeren en bij de bladeren is de rand koeler dan het midden gedeelte. Dit is een op zich logische waarneming, omdat het blad meer verdampt en aan de rand minder energie volume heeft.



Figuur 9. Voorbeelden van bladtemperatuurmeting en de daarbij horende normale Foto van het gewas.

De gemeten temperatuurverschillen zijn 7 °C binnen de hele meting en zo'n 5 °C tussen delen van het gewas die dicht bij de camera zijn. De beelden laten zien dat bij de interpretatie onderscheid gemaakt moet worden tussen bladeren en de achtergrond en dat de hoek waaronder gemeten wordt het beeld van de plant bepaald. Als met beeldanalyse software de plant kan worden onderscheiden van de achtergrond, die ook groen is moet tevens onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende plantendelen: blad, bladschijf, stengel.

Een tweede punt dat niet in deze opnames is te zien, is dat de temperatuur waarneming beïnvloed wordt door de stand van de zon en de positie van de IR-opnemer ten opzichte van de zon. Omdat de ontwikkeling van de software om deze beeldanalyse mogelijk te maken niet was voorzien in het project is er niet verder gewerkt aan deze techniek.

Onderscheiden van huidmondjes gedrag, zich uitend in patchyness, op basis van de techniek van planttemperatuurmeting moet eerst in meer fundamenteel onderzoek ontwikkeld worden. Wat wel duidelijk is dat de planttemperatuur tussen plantendelen sterk kan verschillen. Daarmee verschilt dus ook de verdamping want de luchttemperatuur en luchtvochtigheid rond de plant zijn homogener dan de verschillen in planttemperatuur die met IR- warmtebeelden worden gemeten. Dit betekent dat ook het huidmondjes opening binnen een blad kan verschillen.



## 4 Interne geleidbaarheid voor CO<sub>2</sub> en bladstructuur

### 4.1 Inleiding

Om bij lage (voor de fotosynthese limiterende) CO<sub>2</sub> concentratie goed te kunnen telen moet de efficiëntie van de opname en vastleggen van de CO<sub>2</sub> door bladeren zo hoog mogelijk zijn, zodat zoveel mogelijk groei kan plaatsvinden. Daarvoor is kennis nodig over de opname van CO<sub>2</sub> door een blad, het transport van de CO<sub>2</sub> in het blad, hoe dit te sturen is en welk effect dit heeft op de fotosynthese.

De fotosynthese vindt plaats in de chloroplasten, de bladgroenkorrels in de cel. De CO<sub>2</sub> concentratie is daar lager dan de kaslucht. Deze verlaging van de CO<sub>2</sub> concentratie komt door de twee barrières die de CO<sub>2</sub> moet passeren: het huidmondje, en het transport door het blad naar de chloroplast.

Over de huidmondjesweerstand is al veel bekend. Huidmondjes gaan verder open bij veel licht en een hoge luchtvochtigheid, maar sluiten bij een hoge CO<sub>2</sub> concentratie en bij een watertekort. Onder gemiddelde kasklimaatomstandigheden, T = 16-22 °C, RV = 70-90% en licht tussen 0 en 600 W/m<sup>2</sup>, is de huidmondjesopening niet beperkend voor de fotosynthese.

CO<sub>2</sub> beweegt zich in het blad van de huidmondjesholte naar de chloroplast, via de holtes tussen de cellen en door celwanden en celvloeistof. We kunnen met de huidige technieken de afzonderlijke stappen in dit proces niet meten, wel de totale interne geleidbaarheid. Over de weerstand die de CO<sub>2</sub> ondervindt bij het transport door het blad was lang zo weinig bekend, dat het voor het gemak maar verwaarloosd werd. Pas sinds de 1990er jaren weten we dat de interne weerstand zo groot is dat de CO<sub>2</sub> concentratie in de chloroplast aantoonbaar lager is dan in de huidmondjesholte. En dat er een relatie is tussen de interne geleidbaarheid en de fotosynthese: naarmate de interne geleidbaarheid voor CO<sub>2</sub> in het blad hoger is, is de fotosynthese ook hoger. Daarmee zou het sturen van de interne geleidbaarheid een manier zijn om de CO<sub>2</sub> efficiëntie van een gewas te verhogen.

De interne geleidbaarheid wordt bepaald door de structuur van een blad. Het is een voordeel als de bladgroenkorrels, waar de verwerking van CO<sub>2</sub> plaatsvindt, zo dicht mogelijk bij de met lucht gevulde holtes tussen de cellen liggen, omdat dat het transport van CO<sub>2</sub> in het blad vergemakkelijkt. Daarnaast wordt de interne geleidbaarheid bepaald door biochemische factoren, die het transport van CO<sub>2</sub> door de celwanden ondersteunen. Op deze manier kan een plant snel (in 15 minuten) reageren op veranderingen in lichtintensiteit, CO<sub>2</sub> gehalte of vochtdeficiet.

Over interne geleidbaarheid, zeker in glastuinbouwgewassen, is nog lang niet alles bekend. Zeker is al wel dat de interne geleidbaarheid zowel op de lange termijn (door bladstructuur) of de korte termijn te beïnvloeden is door het kasklimaat. En dat het verhogen van de interne geleidbaarheid de fotosynthese kan verhogen, al is voor tuinbouwgewassen, nog niet bekend met hoeveel. Er is meer kennis nodig van deze processen om de mogelijkheden die er zijn om de CO<sub>2</sub> efficiëntie van een gewas te verhogen via de interne geleidbaarheid te benutten. In deze paragraaf geven we een overzicht van wat er in fundamenteel onderzoek over beschreven is.

### 4.2 Huidmondjesgeleidbaarheid

CO<sub>2</sub> wordt uit de buitenlucht opgenomen door het blad via de huidmondjes (stomata). De functie van huidmondjes is het voorkomen van waterverlies uit het blad, maar ook het toelaten van CO<sub>2</sub> in het blad om de fotosynthese mogelijk te maken. De huidmondjesgeleidbaarheid of stomataire geleidbaarheid ( $g_s$ ) wordt bepaald door de grenslaagweerstand van het blad en de openingstoestand van de huidmondjes.

De grenslaag is een dunne laag stilstaande lucht rond het blad, dat een weerstand vormt in de opname van CO<sub>2</sub> en de afgifte van waterdamp door het blad. De grenslaagweerstand is afhankelijk van de luchtsnelheid langs het blad en de mate van turbulentie. De luchtsnelheid langs het blad is weer afhankelijk van de luchtsnelheid in de kas en de structuur

van het gewas (bladgrootte, mate van beharing, insnijdingen van het blad, etc.). In een kas is de luchtsnelheid meestal lager dan buiten, met als gevolg dat de grenslaag in de kas relatief dik is en daarmee de grenslaagweerstand hoog is. Uit modelberekeningen blijkt dat het verdubbelen van de grenslaagweerstand (dikkere grenslaag) de fotosynthese met 1-8% kan verlagen (Gijzen, 1995). Dit effect is het sterkst op zonnige dagen, het minst op donkere dagen. Voor de studie naar luchtcirculatie (De Gelder *et al.* 2004) heeft C. Stanghellini beschreven dat luchtbeweging in een gewas de grenslaagweerstand kan laten afnemen, zonder dat dit gevolgen heeft voor de huidmondjes opening. Een kas waarin de luchtbeweging is geminimaliseerd heeft een nadelig effect op de gasuitwisseling.

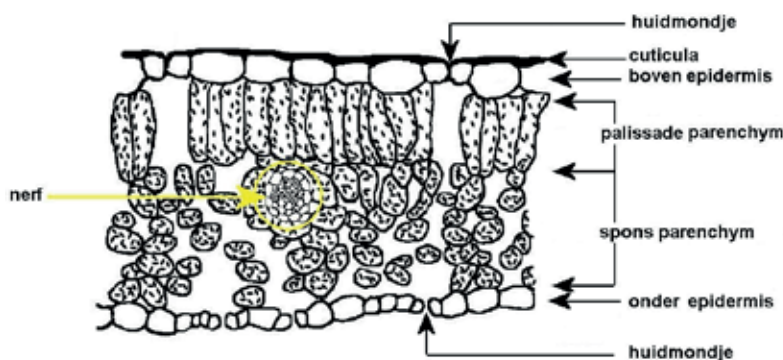
De openingstoestand van de huidmondjes wordt vooral bepaald door de CO<sub>2</sub> concentratie in het blad. Als de CO<sub>2</sub> concentratie in het blad (te) laag wordt, omdat de CO<sub>2</sub> bij hoog licht snel gebruikt wordt in de fotosynthese, gaan de huidmondjes verder open. Verder gaan de huidmondjes verder open bij meer licht, en bij een hogere relatieve luchtvochtigheid (lagere VPD).

Het aantal huidmondjes per mm<sup>2</sup> blad of de grootte van de huidmondjes heeft nauwelijks effect op de huidmondjesgeleidbaarheid (Bakker, 1991). In het algemeen geldt dat een hogere CO<sub>2</sub> concentratie (700 ppm vergeleken met 350 ppm) leidt tot een afname in het aantal huidmondjes van 9% (Woodward en Kelly, 1995). Ook voor tomaat werd een afname in het aantal huidmondjes per mm<sup>2</sup> gevonden bij toenemende CO<sub>2</sub> concentratie (Madsen, 1973). In onderzoek naar gelimiteerd CO<sub>2</sub> bij het nieuwe telen werden zowel hogere als lagere aantallen huidmondjes geteld voor de behandeling met beperkte CO<sub>2</sub> dosering (De Gelder e.a., 2012).

Het belang van een grote geleidbaarheid of lage weerstand van de huidmondjes blijkt als berekend wordt hoe snel de CO<sub>2</sub> voorraad in een blad wordt verbruikt als de huidmondjes gesloten worden. Aangenomen dat een blad 1 mm dik is, 50% van het volume uit intercellulaire ruimte bestaat, de fotosynthese snelheid 15 μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> en de interne CO<sub>2</sub> concentratie 600 ppm is, dan is in alle CO<sub>2</sub> die in het blad aanwezig is binnen een seconde opgebruikt.

### 4.3 Interne geleidbaarheid

Nadat de CO<sub>2</sub> door het blad opgenomen is, beweegt de CO<sub>2</sub> zich in het blad door de met lucht gevulde intercellulaire holtes in het mesofyl (sponsparenchym en palissadeparenchym; Figuur 10.) totdat het een celwand tegenkomt. Bij de celwand gaat CO<sub>2</sub> de vloeibare fase in en diffundeert CO<sub>2</sub> door de celwand, plasmalemma, cytosol en chloroplastenvelop (Figuur 11.) voordat het uiteindelijk het chloroplast stroma bereikt waar het gecarboxyleerd wordt door Rubisco (Warren, 2008). De geleidbaarheid voor CO<sub>2</sub> in het blad wordt de mesofylweerstand (g<sub>m</sub>) of interne weerstand genoemd (g).

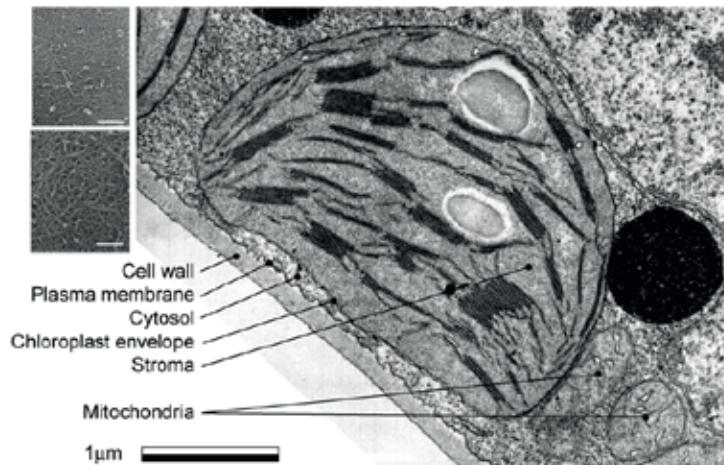


Figuur 10. Dwarsdoorsnede van een blad.

De bladstructuur is van belang bij het efficiënt gebruik van licht. De palissade parenchymcellen vergemakkelijken de lichtdoordringing in het blad. In het sponsparenchym vindt een verstrooiing van het licht plaats, waardoor licht een langere weg af legt in het blad en gemakkelijker onderschept kan worden om gebruikt te worden in de fotosynthese (Vogelmann e.a., 1996).

In een studie uit 1973 werden tomaten geteeld bij een reeks CO<sub>2</sub> concentraties oplopend van 350 ppm naar ruim 3000 ppm.

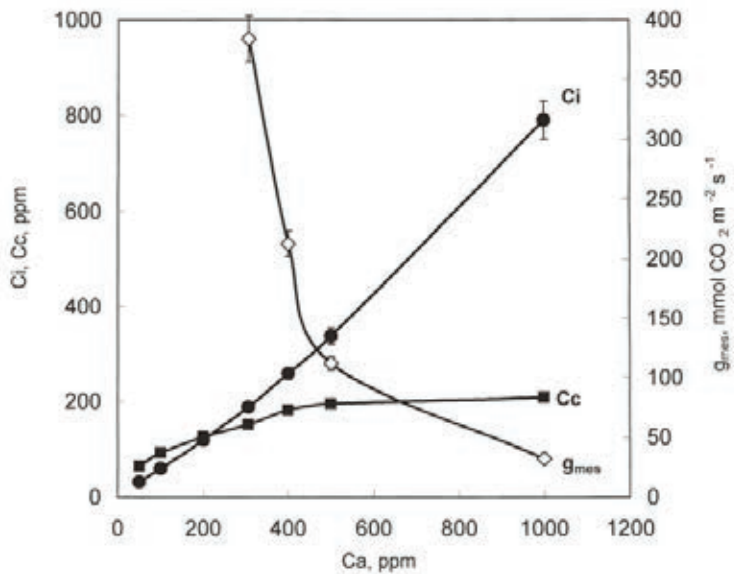
Uit de metingen aan de planten bleek dat de dikte van zowel het sponsparenchym als van het pallisadeparenchym toenam bij toenemende CO<sub>2</sub> concentratie (tot 2000 ppm), maar de verhouding tussen beide veranderde niet (Madsen, 1973).



Figuur 11. De diffusieweg voor CO<sub>2</sub> in de waterige fase door de celwand, plasmamembraan, cytosol, chloroplast envelop en het stroma (uit Evans e.a., 2009).

Op basis van metingen en berekeningen is de weg van CO<sub>2</sub> door een aantal kruidachtige planten (een categorie waar tomaat ook in valt) gekwantificeerd (Warren, 2008). Bij een CO<sub>2</sub> concentratie in de lucht van ongeveer 380 ppm is de maximale fotosynthesesnelheid ca. 18 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. De CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte is ongeveer 260 ppm, en in de chloroplast ongeveer 190 ppm. De CO<sub>2</sub> concentratie op de plaats waar de CO<sub>2</sub> verwerkt wordt (in de chloroplast) is dus ongeveer de helft van de CO<sub>2</sub> concentratie buiten. Uit deze getallen blijkt verder dat de interne geleidbaarheid 40% van de afname in CO<sub>2</sub> concentratie tussen de lucht en de plaats van carboxylatie voor zijn rekening neemt. De andere 60% is de diffusie weerstand door de grenslaag en de huidmondjes (Warren, 2006, 2008).

Bij hogere CO<sub>2</sub> concentraties, gebruikelijk in de glastuinbouw, nemen zowel de interne geleidbaarheid als de huidmondjesgeleidbaarheid af. In een onderzoek waarin fotosynthesekarakteristieken van druivenbladeren werden gemeten bij een reeks CO<sub>2</sub> concentraties van 50 tot 1000 ppm, bleek dat de fotosynthese al maximaal was bij een CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte (C<sub>i</sub>) van 350 ppm (Figuur 12.). Bij een toenemende CO<sub>2</sub> concentratie in de buitenlucht nam de CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte lineair toe. De CO<sub>2</sub> concentratie in de chloroplast daarentegen nam toe tot de CO<sub>2</sub> concentratie buiten 500 ppm was. Bij CO<sub>2</sub> concentraties in de buitenlucht boven de 500 ppm nam de interne geleidbaarheid zeer sterk af, met als gevolg dat de CO<sub>2</sub> concentratie op de plaats waar de CO<sub>2</sub> in het blad verwerkt wordt nauwelijks toenam bij hogere CO<sub>2</sub> concentraties in de buitenlucht (Düring, 2003).



Figuur 12. De CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte (Ci), in de chloroplast (Cc) en de interne geleidbaarheid (mesofylgeleidbaarheid, g<sub>mes</sub>) als een functie van de CO<sub>2</sub> concentratie buiten het blad (Ca) (Düring, 2003).

Ook bij komkommer bleek dat de interne geleidbaarheid sterk afnam met een toenemende CO<sub>2</sub> concentratie in de buitenlucht (Flexas e.a., 2007), met als gevolg dat de CO<sub>2</sub> concentratie in de chloroplast met toenemende CO<sub>2</sub> concentratie in de buitenlucht niet in verhouding toenam. Uit deze metingen blijkt dat de veronderstelling dat interne geleidbaarheid constant is bij verschillende CO<sub>2</sub> concentraties niet juist is.

### 4.3.1 De onderdelen van de interne geleidbaarheid

De interne geleidbaarheid voor CO<sub>2</sub> bepaalt hoe snel CO<sub>2</sub> zich in het blad beweegt vanaf de huidmondjesholte naar de chloroplast. CO<sub>2</sub> diffundeert door de intercellulaire holtes gevuld met lucht van het mesofyl totdat het een celwand tegenkomt. Bij de celwand gaat het de vloeibare fase binnen en diffundeert door de celwand, plasmalemma, cytosol en chloroplastenvelop voordat het uiteindelijk het chloroplast stroma bereikt waar het gecarboxyleerd wordt door Rubisco. De huidige meettechnieken kunnen deze afzonderlijke stappen niet onderscheiden (Warren, 2008). De interne geleidbaarheid kan worden berekend op basis van metingen van gasuitwisseling en koolstofisotopenonderscheiding tegelijkertijd, of gasuitwisseling en fluorescentie tegelijkertijd (Warren, 2006). Echter, de meest eenvoudige benadering is de berekening op basis van de kromming van de A/C<sub>i</sub> curve (curve waarin de fotosynthese uitgezet wordt tegen een reeks CO<sub>2</sub> concentraties), waarvoor alleen A/C<sub>i</sub> data nodig zijn (Sharkey e.a., 2007). Omdat alle methodes hun beperkingen hebben, wordt het aanbevolen om een combinatie van twee van bovenstaande methodes te gebruiken om de interne geleidbaarheid te berekenen (Pons e.a., 2009).

De interne weerstand kan verdeeld worden in twee fasen, de weerstand in de gasfase, en de weerstand in de vloeibare fase.

#### 4.3.1.1 Interne geleidbaarheid - gasfase

CO<sub>2</sub> beweegt zich van de huidmondjesholte door de met lucht gevulde holtes tussen de mesofylcellen naar de celwand. Daar gaat het de vloeibare fase in, en diffundeert het door de celwand. Het lastige van het kwantificeren van de diffusie van CO<sub>2</sub> door de holtes is het feit dat het een driedimensionaal proces is. Naar alle waarschijnlijkheid verschilt het belang van de diffusie in de gasfase tussen soorten (afhankelijk van het type blad) en gedurende de ontwikkeling. Omdat de diffusie door lucht ca. 10.000 keer sneller is dan door een vloeistof, wordt aangenomen dat de weerstand door de gasfase klein (0-25% van de totale interne weerstand) is vergeleken met dat in de vloeibare fase, zeker voor soorten met de huidmondjes aan beide kanten van het blad (Evans e.a., 2009; Tholen e.a., 2012b).



#### 4.3.1.2 Interne geleidbaarheid - vloeibare fase

Na het transport van de CO<sub>2</sub> door de holtes tussen de cellen, wordt de CO<sub>2</sub> door membranen en celvocht getransporteerd, de vloeibare fase. Omdat de diffusie hier veel langzamer gaat dan in de gasfase is de bijdrage van deze fase aan de totale interne weerstand verhoudingsgewijs veel groter dan de gasfase, ook al zijn de afstanden in de vloeibare fase veel kleiner dan in de gasfase.

Het transport in de vloeibare fase bestaat uit de volgende stappen:

1. Passage van de celwand van de parenchymcellen  
Naarmate bladeren cellen met dikkere celwanden bevatten, blijken ze een lagere interne geleidbaarheid te hebben, hetgeen gepaard gaat met een lagere fotosynthesesnelheid per eenheid chloroplastoppervlakte (Evans e.a., 2009).
2. Passage van de plasmamembraan  
De CO<sub>2</sub> diffusie door de plasmamembraan gaat via twee parallelle wegen: door de membraan zelf en door speciale kanaaltjes voor watertransport (aquaporins) die ook doorlaatbaar zijn voor CO<sub>2</sub> (Terashima e.a., 2006).
3. Passage door het cytosol  
De chloroplasten liggen tegen de celwanden van de parenchymcellen met daartussen een dunne laag cytosol. De dikte van deze laag heeft invloed op de interne geleidbaarheid: naarmate de laag cytosol dikker is, is de interne geleidbaarheid lager.
4. Passage van de chloroplast envelop  
De chloroplast envelop bestaat uit twee membranen. Net als bij de plasmalemma geldt hier dat CO<sub>2</sub> beweging over de membraan door de membraan zelf kan en via speciale kanaaltjes, de aquaporins. De doorlaatbaarheid van de chloroplast envelop voor CO<sub>2</sub> was ongeveer 5 maal minder dan dat van de plasmamembraan, hetgeen aangeeft dat de chloroplast envelop een belangrijke component is van de mesofyl weerstand.
5. Passage door het stroma (Figuur 11.).  
Als de CO<sub>2</sub> de chloroplast is binnengegaan, volgt nog een diffusieweerstand in de vloeibare fase. Deze weerstand is echter maar beperkt van omvang.

Met de huidige stand van de techniek kan geen van deze stappen afzonderlijk gemeten worden aan een intact blad. Op basis van de fysische eigenschappen van betrokken stoffen kunnen wel inschattingen gemaakt worden van de grootte van de weerstanden van elk van deze stappen. Zo is de weerstand voor CO<sub>2</sub> diffusie te berekenen met:

Waarbij geldt:

$\theta_x$  is de dikte van laag x

$\tau_x$  is de mate van kronkeling van de weg door het element

$\phi_x$  is de porositeit van het element

$D_x$  is de diffusiteit van CO<sub>2</sub> in het oplosmiddel van het element (water of lipiden)

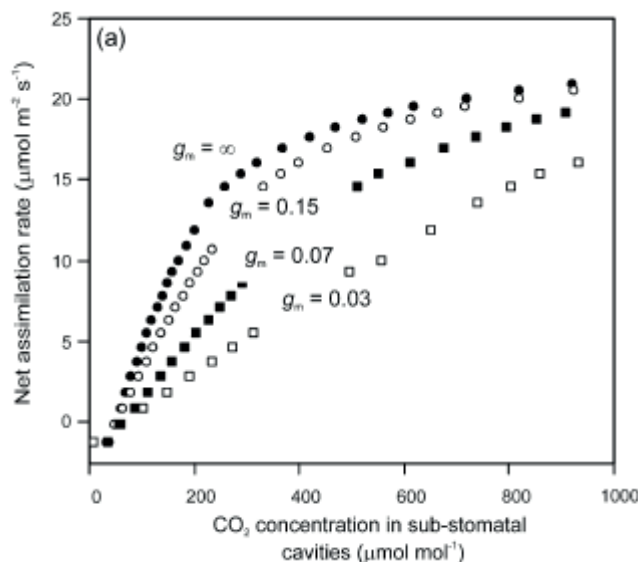
$K_x$  is de verdelingscoëfficiënt van het oplosmiddel naar water voor CO<sub>2</sub> (voor water en lipiden is K gelijk aan 1 respectievelijk 1.5-1.7) (Evans, 2009).

De weerstanden van de celwand (25-50%) en de chloroplast envelop (24-76%) zijn de belangrijkste componenten van de totale interne weerstand (Tholen & Zhu, 2011). De bijdragen van het cytosol en het stroma aan de weerstand voor CO<sub>2</sub> in het blad zijn (veel) kleiner volgens berekeningen met bovenstaande formule (Evans e.a., 2009). De resultaten van deze berekeningen blijven benaderingen, omdat niet alle waarden voor de parameters in bovenstaande formule bekend zijn voor plantencellen, waardoor er inschattingen gebruikt moesten worden (Warren, 2008).

### 4.3.2 Effect van de interne geleidbaarheid op de fotosynthese

In de discussie over het verbeteren van opbrengst, heeft de mogelijkheid om de fotosynthese te verhogen via aanpassingen in bladmorphologie nauwelijks aandacht gehad (Tholen e.a., 2012a). De interne geleidbaarheid is gerelateerd aan de

anatomie van het blad. Sinds de 1990er jaren weten we dat de interne weerstand zo groot is dat de CO<sub>2</sub> concentratie in de chloroplast aantoonbaar lager is dan de CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte, en dat de interne geleidbaarheid daarmee een effect heeft op de fotosynthese (Evans e.a., 1986; Loreto e.a., 1992). Uit metingen gecombineerd met berekeningen bleek dat er een sterke correlatie is tussen de interne geleidbaarheid en de CO<sub>2</sub> assimilatiesnelheid (fotosynthese) (Evans e.a., 1994; von Caemmerer & Evans, 1991). Von Caemmerer & Evans (1991) lieten zien dat wanneer de fotosynthese (CO<sub>2</sub> gasuitwisseling) toeneemt van 10 tot 45 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, voor een aantal verschillende plantensoorten, de bijbehorende interne geleidbaarheid lineair toeneemt van 0.15 tot 0.5 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> bar<sup>-1</sup>. Uit berekeningen blijkt dat als het mogelijk zou zijn de interne geleidbaarheid te verdubbelen, de (maximale) fotosynthesesnelheid bij hoog licht 20% hoger zou worden (Zhu e.a., 2010). Niinemets *et al.* (2009) hebben metingen en berekeningen gedaan aan het effect van een reeks interne geleidbaarheden op de fotosynthese (Figuur 13.). Daaruit blijkt dat met name bij CO<sub>2</sub> concentraties tussen 300 en 600 ppm in de huidmondjesholte (C<sub>i</sub>), het effect van een hogere interne geleidbaarheid op de fotosynthese behoorlijk groot is. Dit zijn CO<sub>2</sub> concentraties in de lucht van ca. 400 tot 800 ppm, voor de tuinbouw zeer relevante waarden. Uit de metingen van de fotosynthese karakteristiek de afgelopen jaren voor Komeett en Cappricia blijkt dat Komeett met 150 μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (De Gelder *et al.* 2012) een hogere initiële fotosynthese snelheid heeft dan Cappricia (115 μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, Qian *et al.* 2012). Dit kan gerelateerd zijn met de interne geleidbaarheid voor CO<sub>2</sub>.



Figuur 13. Berekende response van de netto fotosynthese op de CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte (C<sub>i</sub>) voor verschillende waarden van de interne geleidbaarheid (mesofylgeleidbaarheid, g<sub>m</sub>; Niinemets e.a., 2009).

### 4.3.3 Bladanatomie en interne geleidbaarheid

De bladanatomie heeft een grote invloed op een aantal van de componenten die de basis vormen van de interne geleidbaarheid (Tholen e.a., 2012a). De ruimtes tussen de cellen vormen de eerste (gas)fase van de weerstand voor CO<sub>2</sub>. Gegeven dat de diffusie in lucht 10.000 x sneller is dan in een vloeistof is de bijdrage van de diffusie door de lucht beperkt, ondanks het feit dat de diffusieweg in de gasfase langer is dan in de vloeibare fase. Na de diffusie door de intercellulaire holtes, lost CO<sub>2</sub> op in de celwanden. De langzame diffusie van CO<sub>2</sub> door de celwand vormt een belangrijke beperking in de fotosynthesesnelheid. Naarmate de celwand dikker is blijkt de interne weerstand voor CO<sub>2</sub> hoger te zijn. Uit meerdere studies, zowel theoretisch en experimenteel is gebleken dat de celwand verantwoordelijk is voor 20-50% van de interne weerstand (Evans e.a., 2009). De volgende stap in de diffusieweg voor CO<sub>2</sub> is de diffusie door het stroma naar de chloroplast envelop. Hoe dichter de chloroplast bij de celwand zit, hoe korter de diffusieweg en hoe lager de weerstand. Het blijkt dat de interne weerstand goed correleert met het oppervlakte van de chloroplasten direct aan de intercellulaire luchtholtes (Evans e.a., 1994; Tholen e.a., 2012a). Dit is een eigenschap die niet makkelijk te meten is, maar wel een goede indicatie is van de interne geleidbaarheid in een blad.

De structuur van het blad wordt beïnvloed door de klimaatomstandigheden tijdens de teelt. Bij populier, geteeld bij 350 en

700 ppm CO<sub>2</sub> bleek dat bij hogere CO<sub>2</sub> concentraties het blad dikker was (Radoglou & Jarvis, 1990). Zowel de bovenste als de onderste epidermis waren dikker bij bladeren die bij hoog CO<sub>2</sub> aangelegd en uitgegroeid waren, evenals de lagen palissade parenchym en sponsparenchym. Er waren geen verschillen in de ratio's van palissade/sponsparenchym, sponsparenchym/bladdikte en palissade parenchym/totale bladdikte. De verschillen in dikte waren voornamelijk het resultaat van een toename in sponsparenchym (Radoglou & Jarvis, 1990). Daarmee samengaan waren ook de holtes tussen de cellen groter, hetgeen mogelijk de diffusie van CO<sub>2</sub> door het blad vergemakkelijkt.

#### 4.3.4 Snelle aanpassingen in interne geleidbaarheid

In de voorgaande paragrafen hebben we gezien dat de interne weerstand het gevolg is van een serie weerstanden tussen het huidmondje en de chloroplast. Op basis daarvan is gedurende lange tijd verondersteld dat de interne geleidbaarheid van een blad voor CO<sub>2</sub> een intrinsieke eigenschap van het blad was. Er werd altijd aangenomen dat interne geleidbaarheid constant was over periodes van 1 dag (Evans & Von Caemmerer, 1996), waardoor werd aangenomen dat blad anatomie en -morfologie de belangrijkste elementen waren in de interne geleidbaarheid. De veronderstelling was dus dat bladeren een constante interne weerstand zouden hebben, tenzij de eigenschappen van de diffusieweg (i.e. het blad) zouden veranderen (Von Caemmerer e.a., 1994). Verder werd aangenomen dat de interne geleidbaarheid zo groot was dat de CO<sub>2</sub> concentratie in de chloroplast ongeveer de CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte was. Dit is ook de aanname in het fotosynthesemodel van Farquhar, von Caemmerer en Berry uit 1980.

Sinds de 1990er jaren weten we dat de interne weerstand zo groot is dat de CO<sub>2</sub> concentratie in de chloroplast aantoonbaar lager is dan de CO<sub>2</sub> concentratie in de huidmondjesholte, en daarmee een effect te hebben op de fotosynthese (Evans e.a., 1986; Loreto e.a., 1992). Dat betekent dat de veronderstelling dat de interne geleidbaarheid geen factor is om rekening mee te houden onjuist is. Net zo goed als dat de huidmondjesgeleidbaarheid een rol speelt in een efficiënte opname en gebruik van CO<sub>2</sub> door de plant, speelt de interne geleidbaarheid ook een rol. In paragraaf 4.3.2 hebben we al gezien dat het verhogen van de interne geleidbaarheid kan leiden tot een verhoging van de fotosynthese.

Nog recentere resultaten tonen aan dat de interne geleidbaarheid geen vaststaande eigenschap van een blad is, maar een korte termijn reactie (minuten) en een langere termijn aanpassing (dagen) aan een veranderende omgeving vertoont (Warren, 2008). De interne geleidbaarheid kan aantoonbaar veranderen binnen 5-10 minuten als de CO<sub>2</sub> concentratie, temperatuur, lichtintensiteit of lichtkwaliteit verandert (Flexas e.a., 2007). Een verhoging van de CO<sub>2</sub> concentratie verlaagt de interne geleidbaarheid, vergelijkbaar met het effect op de stomataire geleidbaarheid. Bij komkommer was bij een CO<sub>2</sub> concentratie van 200 ppm de interne geleidbaarheid 0.18 mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, en bij een CO<sub>2</sub> concentratie van 1400 ppm nog 0.04 mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Deze afname van de interne geleidbaarheid bij een toenemende CO<sub>2</sub> concentratie was sterker bij hoog licht dan bij laag licht. De veranderingen in CO<sub>2</sub> concentratie van 1500 naar 400 ppm leidden in ongeveer 15 min tot een nieuw evenwicht in de interne geleidbaarheid terwijl de stomataire geleidbaarheid daar ongeveer 45 min over doet (Flexas e.a., 2007). Bij hogere lichtintensiteiten is de interne geleidbaarheid voor CO<sub>2</sub> hoger (evenals de stomataire geleidbaarheid), evenals de fotosynthese. De reactie op waterdampdeficiet is tot nu toe slechts voor één soort bepaald, waarbij geen effect werd gevonden. De interne geleidbaarheid verdubbelt bijna wanneer de temperatuur toeneemt van 10 naar 20 °C (Warren, 2008). Soorten verschillen in hun respons bij temperaturen groter dan 20 °C (tot 30 °C); bij sommige soorten neemt de interne geleidbaarheid verder toe, bij anderen blijft die min of meer gelijk. Een vraag die hiermee gekoppeld kan worden: als interne geleidbaarheid zo sterk afhankelijk is van temperatuur, moet je dan voor de lagere temperatuur compenseren door een hogere CO<sub>2</sub> concentratie aan te houden? Dit zal per gewas uiteraard verschillen.

De interne geleidbaarheid verandert tijdens de ontwikkeling van het blad (Flexas e.a., 2007). De interne geleidbaarheid neemt toe met de bladontwikkeling totdat het blad volledig gestrekt is, en neemt dan af met het verouderen van het blad. Dit is hetzelfde verloop als de fotosynthese van een blad. De anatomie van het blad speelt hierin een rol, een van deze factoren is het oppervlakte van de chloroplasten dat tegen de holtes tussen de cellen aan ligt. Dan kan zowel een direct effect zijn van leeftijd, als wel van het feit dat naarmate een blad ouder wordt, het in een veranderende omgeving komt (met bijvoorbeeld minder licht).

Nu bekend is dat interne geleidbaarheid geen vaststaande eigenschap is, maar zich aan kan passen aan de

klimaatomstandigheden, richt de zoektocht zich op de biochemische factoren die ook bepalend zijn voor de interne geleidbaarheid (Bernacchi e.a., 2002; Warren, 2008). Twee van de mogelijkheden die genoemd worden zijn een betere diffusie door het enzym carbo-anhydrase (CA), dat de omzetting van CO<sub>2</sub> en water in bicarbonaat versnelt, of watertransportkanalen (aquaporins). Dit zijn eiwitten in de plasmamembranen die ook betrokken kunnen zijn bij het transport van CO<sub>2</sub> door de membraan (Warren, 2008). Deze kunnen beide zorgen voor een betere diffusie van CO<sub>2</sub> waardoor de interne geleidbaarheid (tijdelijk) verhoogd zou kunnen worden als reactie op veranderingen in de omgeving (Tholen e.a., 2012b).

## 4.4 Conclusie

Aan het begin van dit hoofdstuk is gesteld dat kennis nodig is over de opname van CO<sub>2</sub> door een blad, het transport van de CO<sub>2</sub> in het blad, hoe dit te sturen is en welk effect dit heeft op de fotosynthese. Uit de literatuur komt naar voren dat de diffusie van CO<sub>2</sub> in het blad voor 40% wordt bepaald door diffusie door de celwanden- de vloeistoffase- en voor 60% door diffusie via de grenslaag en de huidmondjes en de ruimte tussen de cellen. Van de gasfase is diffusie door de grenslaag en de huidmondjes de bepalende factor. De diffusieweerstand van de gasfase in het blad is kleiner dan de weerstand van de vloeibare fase. Een korte diffusie afstand is voor beide transportfases gunstig. Dun blad, smal blad, met weinig beharing met grote intercellulaire ruimtes is gunstig voor een snel transport in de gasfase. Het aantal huidmondjes per cm<sup>2</sup> is daarbij minder belangrijk. Chlorofyll (chloroplasten) dat dicht tegen dunne celwanden, die grenzen aan de intercellulaire ruimte, aanligt is gunstig voor een snel transport in de gasfase. De diffusie weerstand neemt toe bij toenemende CO<sub>2</sub> concentratie. De plant gaat dus efficiënter om met lagere concentraties aan CO<sub>2</sub>. Deze effecten zijn in de tot nu toe gebruikte metingen voor CO<sub>2</sub> efficiëntie niet zichtbaar maar een integraal onderdeel van de uitkomsten. Ze passen wel bij de waarnemingen dat tot concentraties van 600-700 ppm CO<sub>2</sub> in kaslucht de fotosynthese sterk toeneemt en daarboven minder sterk. Voor een efficiënte fotosynthese zijn op basis van de literatuur dunne, bladeren beter. De interne geleidbaarheid van een blad kan zich snel aanpassen aan veranderde CO<sub>2</sub> concentraties in de lucht. Het sturen op bladeigenschappen die gunstig zijn voor optimale fotosynthese is weinig of niet onderzocht.

## 5 Realisatie doelstellingen, praktische toepassing en discussie

De doelstelling was om met niet meer dan 18 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> per jaar een goede productie te realiseren. Uiteindelijk is 17 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> gebruikt. Daarmee is de CO<sub>2</sub> doelstelling gerealiseerd.

Dit is bereikt door lichtafhankelijk CO<sub>2</sub> te doseren. Dit kan als er zuivere CO<sub>2</sub> wordt gebruikt. Om CO<sub>2</sub> dosering gericht te sturen zijn in deze proef twee instellingen gebruikt:

- Aan-Uit regeling: CO<sub>2</sub> mocht worden gedoseerd als er licht was en de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas lager was dan 600 ppm.
- Als de regeling aan stond was de gedoseerde hoeveelheid licht afhankelijk. Tot 200 W/m<sup>2</sup> straling werd de de minimum capaciteit gebruikt. In het geval van de proef 40 kg/ha.uur. Bij een hogere lichtintensiteit werd de capaciteit lineair verhoogd tot de maximum capaciteit van 130 kg/ha.uur bij 800 W/m<sup>2</sup>. Hierdoor wordt voor tomaat altijd meer CO<sub>2</sub> gedoseerd dan door het gewas wordt vastgelegd in de fotosynthese en zal de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas boven de buitenwaarde blijven.

*Telers die gebruik maken van zuivere CO<sub>2</sub> kunnen op hun eigen klimaat computer een vergelijkbare instelling realiseren. Belangrijk is dat de CO<sub>2</sub> meter in de kas goed geijkt is en regelmatig (minimaal 2 ker per jaar) geijkt wordt. Ook de afstelling van de doseerunit moet goed zijn.*

Deze lichtafhankelijke dosering is lastiger te realiseren met CO<sub>2</sub> uit een ketel of WKK omdat dan de hoeveelheid beschikbare CO<sub>2</sub> bepaald wordt door de branderstand of het vermogen van de WKK. De lichtafhankelijke regeling is geen geoptimaliseerde regeling die rekening houdt met kosten van CO<sub>2</sub> doseren en de verwachte groei en opbrengst, zoals beschreven door Swinkels en De Zwart (2002).

Uitgangspunt van de lichtafhankelijke regeling is om de ventilatie verliezen van CO<sub>2</sub>, die gepaard gaan met doseren met geopende luchtramen, tot een algemeen niveau te verlagen.

Een vraag bij de productie is of er een goede productie is gerealiseerd. De productie is in vergelijking met 2011 vanaf het begin iets lager. De productie is met 62.6 kg/m<sup>2</sup> in een jaar niet hoog. Daarbij moet wel worden aangetekend dat de laatste oogst al in half november was, terwijl de plantdatum eind december was. In een normale praktijk zou de teeltduur dus nog 2 tot 3 weken langer kunnen zijn. Een langere teeltperiode resulteert in een iets hogere productie (ca 2 kg/m<sup>2</sup>) maar ook in een hoger energie gebruik. Het energiegebruik was met 26 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> al iets hoger dan geraamd. In hoofdstuk 3.1 is aangegeven dat er veel discussie is geweest over de temperatuurstrategie in de begeleidingscommissie. De teeltstrategie, die door Peter Klapwijk als teeltadviseur wordt voorgestaan is een sterk generatieve sturing met een lage nacht temperatuur. Regelmatig is in de begeleidende groep de discussie gevoerd of de temperatuur in de nacht niet te laag was voor Komeett. De gemiddelde nachttemperatuur is in de maanden februari - maart geruime tijd op 15 °C gebleven. Ter vergelijking in 2011 was dit 16 °C in die periode. De uiteindelijke productie in 2012 kwam voor Komeett uit op 62.6 kg/m<sup>2</sup>; in 2011 was dit 64.7 kg/m<sup>2</sup>. Dit is geen hoge productie voor Komeett. Er is niet te bewijzen waar dit door wordt veroorzaakt, maar het lijkt er op dat de teeltwijze hierop invloed heeft.

Omdat er geen vergelijkbare teelt is geweest waarin meer CO<sub>2</sub> is gedoseerd kan niet worden aangetoond of de lage productie toch het gevolg is van een beperktere hoeveelheid CO<sub>2</sub> of van de algemene teeltstrategie.

Een tweede doelstelling is om door uitgebreide studie van de morfologie en het functioneren van het blad beter te kunnen beschrijven hoe de opname van CO<sub>2</sub> in het blad optimaal verloopt.

In hoofdstuk 4 is dit beschreven op basis van de literatuur. Daaruit komt naar voren dat CO<sub>2</sub> transport door de vloeibare fase in de cel binnen het onderzoek lange tijd als factor voor de CO<sub>2</sub> opname is onderschat. De weerstand voor CO<sub>2</sub> transport van uit de intercellulaire ruimte naar de chloroplast is 40% van totale weerstand die moet worden overwonnen bij CO<sub>2</sub> opname door bladeren. Bladeren met veel contact oppervlak tussen intercellulaire ruimtes en celwanden zouden op basis van deze waarneming in het voordeel zijn. Een dunner blad is voor de CO<sub>2</sub> opname en lichtabsorptie gunstiger

dan een dikker blad. Bij de metingen die aan de bladstructuur zijn gedaan is geen verschil in opbouw van het blad gevonden tussen op verschillende hoogte in het gewas. De verhouding palissade/spons parenchym is vergelijkbaar met de verhouding die in 2011 werd gemeten in de afdeling met normaal CO<sub>2</sub> doseren. De metingen bevestigen dus niet de waarneming uit 2011. Het lijkt er dus op dat de verhouding palissade/spons parenchym niet gemakkelijk is te beïnvloeden en ook niet de belangrijkste factor is. Het gaat meer om het contact oppervlak tussen intercellulaire ruimte en celwand. Bij een dikkere laag palissade parenchym is deze in verhouding tot het celvolume kleiner.

Voor de fotosynthese zijn licht en CO<sub>2</sub> belangrijke voorwaarden. Zonder licht of CO<sub>2</sub> geen fotosynthese. Licht en CO<sub>2</sub> komen langs verschillende wegen - straling respectievelijk diffusie - in de chloroplasten. De twee wegen beïnvloeden elkaar niet. Het licht heeft geen direct effect op de processen van CO<sub>2</sub> opname en diffusie.

Licht kan wel een indirect effect hebben. Als licht meer diffuus in de kas komt, heeft dit gevolgen voor de intensiteit van het licht dat lokaal op het blad komt. Als het meer diffuus licht is zal de warmtebelasting lokaal op het blad minder zijn. Bij een hoge plaatselijke warmtebelasting kunnen huidmondjes sluiten en zo de beschikbaarheid van CO<sub>2</sub> in het blad verminderen en dat zou nadelig zijn voor de fotosynthese. Ook is bekend dat huidmondjes kunnen reageren op een specifieke lichtkleur. Blauw licht in combinatie met CO<sub>2</sub> heeft als effect een snellere opening in de morgen (Snel en Dieleman, 2009).

Uit de literatuur over CO<sub>2</sub> diffusie komt geen afname in absolute waarden van deze diffusie bij een hoge CO<sub>2</sub> concentratie naar voren. De toename van de diffusie wordt wel kleiner, maar deze gaat niet terug. Als een plant de aangeboden CO<sub>2</sub> niet verwerkt wordt de opname van CO<sub>2</sub> automatisch minder, omdat de gradienten in het CO<sub>2</sub> transport kleiner worden. Alleen planten die CO<sub>2</sub> opslaan (planten met een C<sub>4</sub> of CAM metabolisme) kunnen dit meer onafhankelijk van het licht opnemen, maar ook daar neemt dit af bij toenemende voorraad vastgelegd CO<sub>2</sub>. Voor CO<sub>2</sub> is uitputting van de hoeveelheid door de fotosynthese een bedreiging van de groei. Er kan wel schade van hoog CO<sub>2</sub> optreden, maar dat gaat dan niet via een direct effect op de fotosynthese, maar door vervorming van de bladeren.

*Het feit dat CO<sub>2</sub> in een blad zeer snel door de plant wordt gebruikt betekent dat de aanvoer van CO<sub>2</sub> uit de omgeving goed moet zijn. Enige luchtbeveiliging in een kas is hiervoor noodzakelijk. Lucht is altijd in beweging. Het transport van CO<sub>2</sub> van het doseersysteem naar de plant heeft profijt van een minimale luchtbeveiliging (< 0.1 m/s).*

*Sluiting van huidmondjes door hoge instraling moet worden voorkomen. Hiervoor moet zonnig een zonwerende doek en krijgt worden gebruikt. Het sluiten van huidmondjes is alleen indirect af te leiden uit verdamping of planttemperatuur.*

Een derde doelstelling is kennisoverdracht. De proef is onderdeel geweest van opendagen bij het Improvement Centra, zoals het Energiek Event 2012. Via Samenwerken aan Vaardigheden zijn de weekrapporten openbaar gemaakt. Elly Nederhoff heeft bij een bijeenkomst van de maandgroep een toelichting gegeven over haar visie op CO<sub>2</sub> doseren en daar een weblog voor Energiek2020 over geschreven inclusief een tabel met een algemeen advies (Bijlage 1). De telers uit de maand- en weekgroep hebben de kennis actief ingebracht op hun bedrijven en bij excursiegroepen. De kennis overdracht is vooral sterk geweest in het eerste half jaar van de proef. Naar het einde toe is er minder gecommuniceerd. De resultaten gaven geen aanleiding om terughoudend te zijn met de berichtgeving, maar parallel aan dit onderzoek werden ook gegevens over CO<sub>2</sub>-dosering bij Gerbera gemeld, waardoor er via twee projecten aandacht aan CO<sub>2</sub> dosering werd besteed.

Een bekend ervarings feit is dat elk onderzoek altijd weer nieuwe vragen oproept. In dit rapport is daar niet uitvoerig bij stilgestaan. Toch is het goed om met de kennis wordt beschreven daarover na te denken. Dan komen de volgende vragen naar boven

- Kan vorm, dikte -lengte verhouding, met dunne en lange bladeren worden benut om de fotosynthese en dus de groei van een gewas te verhogen?
- Kan in de teelt gestuurd worden op een verhoging van de interne geleidbaarheid?
- Zijn er cultivar verschillen in fotosynthese voor CO<sub>2</sub> gevoeligheid en zijn die te benutten om met lagere CO<sub>2</sub> concentraties al de optimale groei te halen? Is dit vooral het gevolg van een betere interne geleidbaarheid of van vergroting van de fotosynthese capaciteit?

- Welk effect heeft verlaging van de temperatuur op de fotosynthese via de verlaging van de diffusie snelheid en moet je daarvoor compenseren door bij lagere temperatuur een hogere CO<sub>2</sub> concentratie te hanteren en is dit gewas afhankelijk?
- Is het mogelijk om de fotosynthese capaciteit in de plant te vergroten, via teelt maatregelen of veredeling, zonder dat de plant groter wordt?





## 6 Literatuur

Bakker, J.C., 1991.

Effects of humidity on stomatal density and its relation to leaf conductance. *Scientia Horticulturae* 48: 205-212.

Caemmerer, S. von, Evans, J.R., Hudson, G.S., Andrews, T.J., 1994.

The kinetics of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase in vivo inferred from measurements of photosynthesis in leaves of transgenic tobacco. *Planta* 195: 88-97

Dueck, T.A. ; Gelder, A. de; Janse, J. ; Baar, P.H. van; Eveleens, B.A. ; Grootcholten, M. 2013.

Het Nieuwe Belichten bij tomaat met minder CO<sub>2</sub>. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapporten GTB 1232) - 44p.

Düring, H., 2003.

Stomatal and mesophyll conductances control CO<sub>2</sub> transfer to chloroplasts in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 42(2): 65-68.

Evans, J.R., Kaldenhoff, R., Genty, B., Terashima, I., 2009.

Resistances along the CO<sub>2</sub> diffusion pathway inside leaves. *Journal of Experimental Botany* 60(8): 2235-2248.

Evans, J.R., Sharkey, T.D., Berry, J.A., Farquhar, G.D., 1986.

Carbon isotope discrimination measured concurrently with gas exchange to investigate CO<sub>2</sub> diffusion in leaves of higher plants. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 281-292

Evans, J.R., von Caemmer, S., Setchell, B.A., Hudson, G.S., 1994.

The relationship between CO<sub>2</sub> transfer conductance and leaf anatomy in transgenic tobacco with a reduced content of Rubisco. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 475-495.

Evans, J.R., von Caemmerer, S., 1996.

Carbon dioxide diffusion inside leaves. *Plant Physiology* 110: 339-346.

Flexas, J., Diaz-Espejo, A., Galmes, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H., Ribas-Carbo, M., 2007.

Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves. *Plant, Cell and Environment* 30: 1284-1298.

Gelder, A. de, J. Campen en C. Stanghelli. 2004.

Luchtcirculatie, Kasklimaat en Productie Deel rapportage maart - oktober. PPO project rapport PPO 41616052.

Gelder, A. de, Warmenhoven, M.G., Kromdijk, J., Meinen, E., Zwart, H.F. de, Stolker, H., Grootcholten, M., 2012.

Gelimiteerd CO<sub>2</sub> en het nieuwe telen tomaat. Wageningen UR Glastuinbouw, rapport GTB 1159, 76 pp.

Loreto, F., Harley, P.C., Di Marco, G., Sharkey, T.D., 1992.

Estimation of mesophyll conductance to CO<sub>2</sub> flux by three different methods. *Plant Physiology* 98: 1437-1443.

Madsen, E., 1973.

Effect of CO<sub>2</sub> concentration on the morphological, histological and cytological changes in tomato plants. *Acta Agriculturae Scandinavica* 23: 241-246.

Nederhoff, E.M., 1994.

Effects of CO<sub>2</sub> concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. Proefschrift Landbouwniversiteit te Wageningen

Niinemts, U., Diaz-Espejo, A., Flexas, J., Galmes, J., Warren, D.R., 2009.

Importance of mesophyll diffusion conductance in estimation of plant photosynthesis in the field. *Journal of Experimental Botany* 60(8): 2271-2282.

Pons, T.L., Flexas, J., Von Caemmerer, S., Evans, J.R., Genty, B., Ribas-Carbo, M., Brugnoli, E., 2009.

Estimating mesophyll conductance to CO<sub>2</sub>: methodology, potential errors, and recommendations. *Journal of Experimental Botany* 60(8): 2217-2234.

Radoglou, K.M., Jarvis, P.G., 1990.

Effects of CO<sub>2</sub> enrichment on four poplar clones. I. Growth and leaf anatomy. *Annals of Botany* 65: 617-626.

Sharkey, T.D., Bernacchi, C.J., Farquhar, G.D., Singsaas, E.L., 2007.

Fitting photosynthetic carbon dioxide response curves for C3 leaves. *Plant, Cell and Environment* 30: 1035-1040.

Snel, J. en A. Dieleman, 2009.

Naar een verbetering van de CO<sub>2</sub> efficiëntie van glastuinbouwgewassen. Wageningen UR Glastuinbouw Nota 646.  
Swinkels, G.L.A.M en H.F.de Zwart, 2002.

Optimaal gebruik van CO<sub>2</sub> in de glasgroenteteelt. Wageningen IMAG nota P 2002.68, 32 pp.

Terashima, I., Hanba, Y.T., Tazoe, Y., Vyas, P, Yano, S., 2006.

Irradiance and phenotype: comparative eco-development of sun and shade leaves in relation to photosynthetic CO<sub>2</sub> diffusion. *Journal of Experimental Botany* 57: 343-354.

Tholen, D., Boom, C., Zhu, X.G., 2012a.

Prospects for improving photosynthesis by altering leaf anatomy. *Plant Science* 197: 92-101.

Tholen, D., Ethier, G., Genty, B., Pepin, S., Zhu, X.G., 2012b.

Variable mesophyll conductance revisited: theoretical background and experimental implications. *Plant, Cell and Environment* 35: 2087-2103

Tholen, D., Zhu, X.G., 2011.

The mechanistic basis of internal conductance: a theoretical analysis of mesophyll cell photosynthesis and CO<sub>2</sub> diffusion. *Plant Physiology* 156: 90-105.

Vogelmann, T.C., Nishio, J.N., Smith, W.K., 1996.

Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. *Trends in Plant Science* 1(2): 65-70.

Warren, C.R., 2006.

Estimating the internal conductance to CO<sub>2</sub> movement. *Functional Plant Biology* 33: 431-442.

Warren, C.R., 2008.

Stand aside stomata, another actor deserves centre stage: the forgotten role of the internal conductance to CO<sub>2</sub> transfer. *Journal of Experimental Botany* 59(7): 1475-1487.

Woodward, F.I., Kelly, C.K., 1995.

The influence of CO<sub>2</sub> concentration on stomatal density. *New Phytologist* 131: 311-327.

Zhu, X.G., Long, S.P., Ort, D.R., 2010.

Improving photosynthetic efficiency for greater yield. *Annual Review of Plant Biology* 61: 235-261.

# Bijlage I Publicaties.

Bouwman-van Velden, P. (2012)

'Slim sturen met CO<sub>2</sub> geeft een gewas dat in balans is ' : Herbert Stolker filosofeert over juiste strategie \ Onder glas [Artikel]

Bouwman-van Velden, P.; Gelder, A. de (2012)

CO<sub>2</sub>-dosering tomaat is interessant stuurmiddel voor de toekomst (interview met o.a. Arie de Gelder)  
Onder Glas 9 (9). - p. 55.

Florentine Jagers: CO<sub>2</sub>-dosering koppelen aan ventilatie. Energiek2020:

22 mei 2012 (Inclusief tabel)

<http://www.energiek2020.nu/efficienter-fossiel/externe-co2/meer/detail/co2-dosering-koppelen-aan-ventilatie/>

Gelder, A. de (2012)

Beperkt CO<sub>2</sub>-dosereren kan alleen met nauwkeurige meters

Energiek2020.nu,, 2012-06-25

Gelder, A. de (2012)

CO<sub>2</sub> doseren met mate

Tinte : Wageningen UR Glastuinbouw, Bijeenkomst Belichtingsgroep LTO Groeiservice, 2012-11-08

Gelder, A. de (2012)

'CO<sub>2</sub>-dosering kan flink omlaag zonder productieverlies' (interview met Arie de Gelder)

Vakblad voor de Bloemisterij 67 (22). - p. 40.

Gelder, A. de (2012)

Efficiënt inzetten van CO<sub>2</sub>

Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, Bijeenkomst tomatentelers, 2012-07-02

Gelder, A. de (2012)

Optimizing CO<sub>2</sub> - An experiment

Wageningen : Wageningen UR Greenhouse Horticulture, bijeenkomst van het Veksthus uitwisselings project met Noorwegen, 2012-06-13

Gelder, A. de; Dieleman, J.A. (2012)

Proef met gelimiteerd CO<sub>2</sub> op koers (Onderzoekers Arie de Gelder en Anja Dieleman aan het woord)

LTO Groeiservice,, 2012-08-31

Marcelis, L.F.M.; Stanghellini, C.; Beerling, E.A.M.; Blok, C.; Voogt, W.; Os, E.A. van; Dueck, T.A.; Gelder, A. de;

Dieleman, J.A. (2012)

Irrigation and CO<sub>2</sub> in greenhouse horticulture

Bleiswijk : Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Floriade morning seminar, 2012-09-10

**Verhoudingen CO2 dosering, opname en verlies (in kg/ha/uur) - voorbeeld met fictieve getallen.**

Toenemende CO2 dosering: CO2 niveau (ppm) stijgt langzaam; opname stijging vlakt af; verlies stijgt explosief.

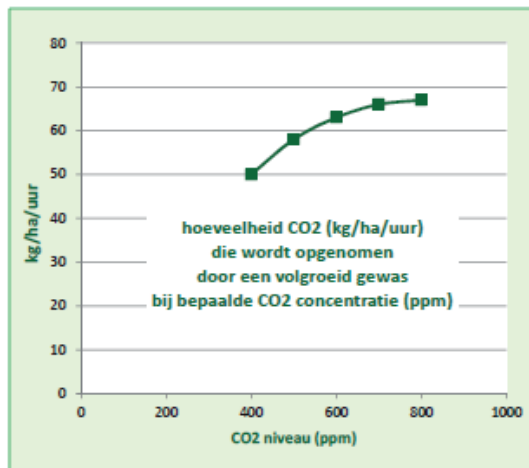
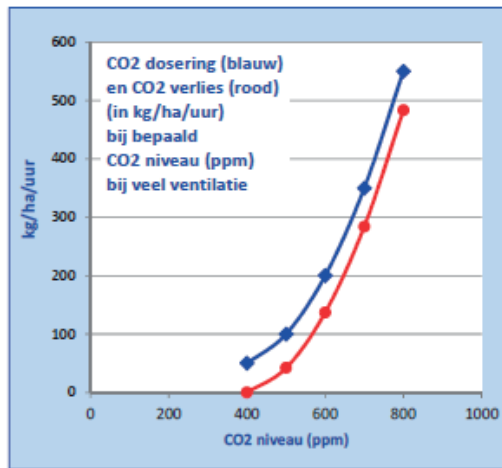
Dit is bij veel ventilatie (case 1-5).

Met luchtramen dicht (case 6 & 7) wordt groot deel van CO2 wel opgenomen.

Fig 1: bij stijgende dosering stijgt verlies heel hard. Fig 2: bij stijgende dosering stijgt opname nauwelijks.

Dus bij veel dosering gaat gewoon de meeste CO2 direct naar buiten.

SITUATIE	DOSERING kg/ha/uur	CO2 NIVEAU ppm	OPNAME kg/ha/uur	VERLIES kg/ha/uur	OPN / DOS %	VERLIES / DOS %
<b>MET VEEL VENTILATIE</b>						
1	50	400 ppm	50	0	100 %	0 %
2	100	500 ppm	58	42	58 %	42 %
3	200	600 ppm	63	137	32 %	69 %
4	350	700 ppm	66	284	19 %	81 %
5	550	800 ppm	67	483	12 %	88 %
<b>MET LUCHTRAMEN DICHT</b>						
6	50	400 ppm	50	0	100 %	0 %
7	100	700 ppm	66	34	66 %	34 %



16 Mei 2012 - "CO2 niet meer dan genoeg"

Elly Nederhoff - CropHouse Ltd - New Zealand - Ely@crophouse.co.nz

## Bijlage II Teeltbeoordeling

7 februari 2012

Het gewas heeft een mooie opbouw. De kop is aan de dunne kant. Er staat nu een redelijk goede dief in de kop. Het plan was om deze te verwijderen omdat dit niet volgens het teeltplan was, maar het advies is om deze aan te houden. De dief ziet er goed uit en het is niet zeker of de volgende dief dezelfde kwaliteit heeft.

1e tros is niet goed, maar vanaf de tweede tros ziet het er goed uit. 4e tros begint te bloeien.

Vorige week is er 1.31 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> gas equivalent in de afdeling gegaan.

15 februari 2012

Veel meeldauw in het gewas. Er had eerder gespoten moeten worden. De behandeling van deze week met Fungaflor en Enzicur twee keer herhalen, om de druk echt onder de knie te krijgen.

De sporedruk is hoog. Op het hele IC is meeldauw flink aanwezig. Onder het plastic realiseer je makkelijker een lage VD. Ook staat dit gewas naast de belichte afdeling en zijn de ergste plekken te zien bij de deur.

Ook mineervlieg moet in de gaten gehouden worden, want dat wordt hier en daar waargenomen.

Het gewas staat er nu heel scherp op. In de praktijk staat Komeett er in het algemeen wat grover bij. Maar het gewas zoals het nu in afdeling 6 staat is wel een mooi voorbeeld van hoe het vaker te zien is in het Improvement Centre. We gaan iets terug in dag temperatuur. Ook omdat er nu een dief aangehouden gaat worden, moeten we het beschikbare licht over meer koppen verdelen.

Ongelijkheid naar de gevels toe en hier en daar een splittros

22 februari 2012

Het gewas staat er goed op, mooi in balans. De kleur is goed. Wel is er een groot verschil tussen de dieven te zien. Advies is (zoals ook in de praktijk gebeurt) om een tros te verwijderen bij dieven die achter blijven. Dit om de dieven een zet in de rug te geven.

Meeldauw is nu eenmaal gespoten met Fungaflor. Dit wordt deze en volgende week nogmaals gedaan. Zwavel staat aan voor 1 uur per nacht. Macrolophus is uitgezet. Zwavel is schadelijk voor de ontwikkeling van deze roof mijt en daarom staan de verdampers maar voor 1 uur aan.

Tegen de gevels zie je dat het gewas het een stuk kouder heeft gehad.

27 februari 2012

Het gewas staat mooi in balans, wel was de kop aan de donkere kant.

De dief is de laatste week een stuk bij gekomen. Om de extra dief extra helpen moeten de trossen van de zwakke dieven gesnoeid worden op 4. Dus niet de hele tros verwijderen, maar 1 of twee trossen op 4 snoeien.

Watergift gaat goed. Mooie doorworteling van de matten. De EC in de mat was 4.5 (gemeten met de WC meter). pH van rond de 5 is ook goed.

De EC van de drain is wat hoger dan dat er gemeten wordt met de WC meter. Deze zal de aankomende weken nog lichtjes zakken.

Er is nu twee keer gespoten met Fungaflor (laatste keer ook met Enzicur er doorheen). Dit moet deze week nog een keer gedaan worden. De meeldauw druk lijkt goed onder controle. De zwavel potten zullen minder lang aangaan omdat Macrolophus ingezet gaat worden.

Ook mineervlieg moet in de gaten gehouden worden, want dat wordt hier en daar waargenomen.

7 maart 2012

Toen we de kas in gingen, was het scherm nog dicht. Dit begon om 10:30 open te lopen.

Kijkend naar het gewas, kan deze al het licht wat er is goed gebruiken. Het gewas heeft een lichte kleur en is er erg dun in de kop.

Het advies is dan ook om eerder open te gaan met het scherm. Dat we hierdoor meer energie moeten gebruiken moet geaccepteerd worden. Deze extra vraag van energie is momenteel nodig om de planten weer in balans te krijgen en staat los van de beperking van CO<sub>2</sub>.

Er wordt geadviseerd om eerder te stoppen met de dag. Dit is op het huidige moment 17:45 en het advies is om de dag te eindigen om 17:00 uur.

Ook moet voorkomen worden dat de temperatuur op de dag te snel gaat stijgen.

Dit kan gerealiseerd worden door tussen 8:00 en 9:00 uur in de ochtend te zorgen dat de pijpen niet vol inkomen.

Op de ochtend wordt geadviseerd om 17 °C +1 °C licht verhoging in te stellen en deze niet in te laten komen tussen 8 en 9 uur bij een lichtsomcorrectie tussen 500 en 800 Joules/cm<sup>2</sup>.

De Ec in de mat was volgens de Grodan meter 4. Er moet voorzichtiger water gegeven worden. De stralingssom zal aangepast worden. Deze is nu ingesteld op elke 100 Joules/cm<sup>2</sup> en zal worden verhoogd worden naar 125 Joules/cm<sup>2</sup>.

14 maart 2012

De planten staan er dun op. Ze zijn de afgelopen week wel wat verbeterd, maar het gaat nog niet hard.

De kleur in het gewas is aan de bleke kant. Ec wat gemeten wordt is momenteel 4 en dit is aan de lage kant.

Hier en daar zien we wat begin plekjes ontstaan met botrytis. Dit moet aangepakt worden om verdere verspreiding tegen te gaan.

De klimaat instellingen blijven gehandhaafd. Dit houdt in voornacht van 12 graden, nanacht van 17 °C +1 °C en een dag temperatuur van 19 °C +4 °C. con

De geveltemperatuur blijft duidelijk achter op de rest van de afdeling. Doordat er nu veel verwarmd wordt met de groeibuis, lopen er maar 2 van de 6 buizen aan de gevel mee.

Vier buizen lopen mee met de buisrail en 2 buizen lopen mee met de groeibuis. Ook tijdens de koude periode in februari werd er veel met de groeibuis gestookt en is er dus een groot temperatuurverschil ontstaan in de kas, met lage temperaturen langs de gevels

21 maart 2012

De bloeiende tros is erg slecht gezet. Dit is het gevolg van te hoge temperaturen tijdens de donkere periode in week 9. De trossen moet wel goed gesnoeid worden, om onregelmatigheid in de trossen te voorkomen.

De slechte kwaliteit van deze tros is niet het gevolg van de CO<sub>2</sub> strategie of vervuilde gassen.

Ook komen we meer plekken met Botrytis tegen. Deze moeten rigoureuus verwijderd worden. Bij planten die verwijderd zijn, moet er een extra dief aangehouden worden.

Behandel beginnende plekken met Scomid. Er zit erg veel meeldauw in de top van de plant. Dit moet wekelijks bestreden worden. Wissel verschillende middelen af.

In het telvak van de afdeling is de laatste plant aan de linkerkant afwijkend, kleine vruchten en niet goed groeiend. Deze moet verwijderd worden en een andere telplant moet in de registratie worden opgenomen.

Bij het registeren van geoogste vruchten moet ook het afval worden meegenomen.

In de middag bij zonnige dagen langer de temperatuur aanhouden op basis van stralingssom.

Ec mag aankomende dagen niet oplopen. En meer drain creëren.

11 april

Het gewas staat er momenteel goed op. De koppen van de planten zijn wat licht van kleur. Halverwege het gewas is de kleur van het gewas hard groen en de vruchten zijn ook donker. Dit kan een gevolg zijn van de hoge mat EC die twee weken geleden gemeten was. De EC van de drain is momenteel rond de 4.

Deze week ontvangen we weer een analyse. Naar aanleiding van deze analyse moeten we bepalen of we door blijven gaan met het geven van grote beurten.

Meeldauw is alleen te zien ter hoogte van 70 cm onder de kop. Het ziet er naar uit dat de meeldauw onder controle is, want het breidt zich niet meer uit en we zien geen nieuwe plekjes in de kop van de planten.

De wonden drogen goed op en vormen geen invalsplekken voor botrytis op dit moment.

De Macrolophus komt goed op gang en mede daarom gaan we 3 uur per nacht zwavel verdampen. Deze week geen bespuiting tegen meeldauw uitvoeren.

Aan het klimaat zal een kleine aanpassing gedaan worden: de voornacht stond ingesteld op 12 °C + 2° bij een lichtsom tussen 1000 en 1400 J/cm<sup>2</sup>. De voornacht wordt nu ingesteld op 14 °C vast en de ventilatielijn komt hier 0,5 °C boven.

18 april 2012

Planten staan goed in balans. Dit lijkt het resultaat te zijn van een goede lichtafhankelijke klimaat strategie. De kop lijkt, als gevolg van de wat donkere periode, wat dunner te worden.

Weinig aanpassingen in de strategie geeft een rustig klimaat.

De licht invloeden worden wat verder gezet. Ook moet de P-band lang ingesteld worden.

Maximale P-band luv moet ingesteld worden 18 °C

Minimale P-band luv moet ingesteld worden 1 °C

Maximale P-band wind: 25 °C

Minimale P-band wind: 3 °C

Er moet gestreefd worden naar tijdig luchten.

Het is beter om vroeg een beetje te luchten, dan met grote raamstand de warmte uit de kas te luchten.

Deze periode kenmerkt zich door grote wisselingen in buiten omstandigheden.

Meeldauw is nog steeds aanwezig.

Advies is om 3 keer om de 5 dagen een bespuiting uit te voeren.

25 april 2012

De kop van de plant staat nog aan de scherpe kant, het is wat dun geworden de laatste dagen. Het is daarom verstandig om geen wijzigingen aan het klimaat te doen.

Het meeldauw probleem is nog niet helemaal onder de knie, maar er wordt nu kort op gezeten. Minimaal 3 keer spuiten met een interval van 5 dagen moet de meeldauw een gevoelige slag geven.

Tomaten zijn klein, 130 gram voor Komeett is niet veel. De vruchten die aan de plant hangen worden wel groter. Plant belasting is momenteel 8 trossen per plant.

Deze week 2 bladeren aan de onderkant verwijderen. Geen blaadjes uit de kop halen, want het is nog niet heel vol bovenin. De plant heeft geen grote bladeren

Wittevlieg komt af en toe voor.

Op de 4e goot staat aan de rechterkant een wilde plant, deze moet verwijderd worden

Energie verbruik moet in gaten worden gehouden.

Tot en met week 16 is het aardgas verbruik 14,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Het verwachte energie verbruik was 19,95 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

2 mei 2012

Door het donkere week de afgelopen dagen is de kop weer wat spichtiger komen te staan.

Dit is ook niet verwonderlijk met de relatief donkere dagen die we momenteel hebben.

Vermoedelijk zullen de nieuwe trossen krot worden. Wel is het gewas hard en er worden dan ook geen bladrandjes in het gewas gevonden.

Botrytis druk is erg laag.

Afgelopen twee weken zijn er drie bespuitingen tegen meeldauw gedaan. Advies is om volgende week nogmaals een bespuiting te doen. We moeten hier kort op blijven zitten om de meeldauw onder de knie te houden.

pH van de mat is rond de 5. Dit wordt niet als een probleem gezien. Bij een sterk groeiend gewas, kan de pH makkelijk omhoog gaan.

De watergift is globaal gelijk aan drie keer de straling.

Vandaag werden er twee blaadjes aan de onderkant van het blad verwijderd

Advies is om geen wijzigingen aan het klimaat te doen. De weersverwachting voor aankomende week ziet er niet zonnig uit.

9 mei 2012

In verhouding tot de buitenomstandigheden staat het gewas in afdeling 6 van het IC er goed op. Wel is de kop vrij dun, maar er is nog wel wat kracht over en de trossen zien er sterk uit.

Op maandag is de lichtverhoging verlaagd van 5,5 naar +3 (tussen 200 en 750 watt/m<sup>2</sup>).

Doordat het buiten niet warm is, werd er weinig gelucht en voelde het klam aan in de kas.

Begin van de week zag de kop er minder stevig uit. De kop was lichter van kleur en het bovenste blad was wat vlekkelig. De koppen werden ook wat ongelijk. Dit was het gevolg van de tegenvallende lichthoeveelheid, waar we momenteel mee te maken hebben 8 trossen hangen er aan de plant. Wat veel is onder deze omstandigheden. Wel zijn de planten vrij van bladrandjes.

Ook belangrijk om voorzichtig te zijn met het openen van de windzijde. Om zoveel mogelijk CO<sub>2</sub> binnen te houden, mag de windzijde niet te ver open gaan.

Meeldauw is onder controle. Maandag 14 mei is er voor het laatst gespoten. Zwavel potten staan voor 4 uur aan per nacht. Doordat er veel tegen de meeldauw is gespoten, is de *Macrolophus* populatie nog erg zwak. Wel zien we de druk van wittevlug hier en daar toenemen. Tegen meeldauw wordt volgende week niet gespoten. Dit blijft wel een belangrijk aandachtspunt. Eventueel blaadjes met encarsiapoppen van een andere afdeling naar afdeling 6 brengen, om de witte vlieg bestrijding te ondersteunen. Botrytis is geen probleem in de afdeling.

25 mei 2012

Aan het gewas is te zien dat het wat last heeft van de snelle stijging van het lichtniveau. Zwakke planten laten wat slappe blaadjes in de kop zien. Er zijn op dinsdag 22-05 al aanpassingen gedaan, om snelle stijging van de temperatuur te voorkomen. De lichtverhoging is op de dag verlaagd en op de dag wat trager naar de dagtemperatuur laten opbouwen (dus sneller luchten).

Vorige week is er goed geoogst in de afdeling. Deze week wordt de rommeltros verwijderd. Trossen van 4, 3 of 2 vruchten per tros gaan er nu af.

40-50 cm onder de kop waren toch nog wat stippen te zien van meeldauw. Besloten is om geen behandeling hier tegen te doen. De planten moeten met deze hoeveelheden licht zelf de meeldauw kunnen weerstaan.

Hier en daar is wel wat wittevlug te zien. Houdt dit in de gaten.

De wortels blijven achter. De intering in de ochtend is op dit moment zo'n 9%. Dit is inclusief een nachtbeurt. Er zal nu later gestart worden met tellen van Joules voordat er water gegeven mag worden.

Er ontstaat hier en daar een bladrandje. Wel is de afdeling vrij schoon van Botrytis. Vorige week tijdens het verwijderen van blad, zijn er ongeveer 3 planten met Botrytis verwijderd.

Het gebruik van energie licht boven de verwachte hoeveelheid. Een reden dus om nog eens kritisch naar de instellingen te kijken:

Om 3:00 uur komt er een minimumbuis in van 40 °C. De maximum temperatuur is terug gezet van 60 naar 50 °C.

Ook is het inkomen van de minimumbuis verlaagd naar 4:30 (1 uur voor zon op).

De dag is ook wat verlengd om meer vocht in de kas te houden.

30 mei 2012

De kop van het gewas is dun en staat erg generatief. De afgelopen nacht is de nachttemperatuur naar 13 graden gegaan. De energie gaat nu voornamelijk naar de tomaten en niet naar de opbouw van een stevige kop. We zien ook dat de trossen hoog in de plant zitten. Om deze reden wordt de voornacht verhoogd. Deze stond ingesteld op 13 graden, maar gaat nu naar 15,5 °C. vorige week zagen we wat slappe blaadjes in de kop. Deze week zien we wat bladverbranding bij deze blaadjes. Eind vorige week was de RV van de buitenlucht gedaald van 75% naar 30%. De blaadjes die vorige week slap gingen laten nu zien dat ze het moeilijk hebben gehad. 50% van de blaadjes net onder de kop is of verbrand of te klein.

Vanaf 18:00 uur moet de raamstand beperkt worden, om het vocht in de kas te houden.

Tot en met 22:30 uur moet de maximale raamstand staan ingesteld op 20%.

Windzijde moet helemaal dicht zijn.

Onder de 200 Watt/m<sup>2</sup> instraling moet het licht geknepen worden.

Om vocht te sparen in de middag moet er in de middagperiode een stralingsomverhoging worden ingesteld op de ventilatielijn.

Minimum buis op vocht komt er in als het VD getal onder de 3 gr/m<sup>3</sup> lucht komt.

Tussen de 150 en 275 Watt wordt in de ochtend de minimum buis er uitgestuurd

6 juni 2012

Aan het begin van de week kwamen we hier en daar slappe koppen tegen. Deze waren op woensdag grotendeels niet meer zichtbaar.

De plant belasting is erg hoog, 8 trossen aan de plant, maar de vruchten zijn erg grof.

Waarschijnlijk is dit het gevolg van de koude voornachten die er een lange tijd in hebben gestaan.



In het gevolg van de bladeren die vorige week slap gingen is goed te zien aan de verdroogde bladeren hier en daar. De kleur van de kop is wel fris groen, maar het blad onder de kop volt wat stug aan.

Om de planten meer mogelijkheid te bieden om te herstellen, worden de planten vanaf nu geclipt in plaats van draaien.

Er komen gescheurde vruchten voor. Advies is om twee keer (anders 3 keer per 2 weken) te oogsten.

Watergift gaat in principe goed, intering rond de 10%. Start en stoptijden zijn goed. Maar om niet teveel water in de mat te houden, is het voorstel om een extra draingat te maken in de mat. Door de hoge plantbelasting is het van groot belang om de wortels goed te houden. En voorzichtig te zijn met de haarwortels.

Preventief gebruik van Previcur wordt aangeraden, ook mogelijk om eenmalig kaliumfosfiet toe te dienen (als shot).

13 juni 2012

In vergelijking met afgelopen week, is de kop zich wel wat aan het herstellen. Maar het is nog wel goed zichtbaar dat we afgelopen week niet constant veel zon hebben gehad.

Er wordt momenteel twee keer in de week geoogst, wat de plant belasting naar beneden haalt. Ook is er begonnen met het knippen van de planten. Knippen geeft een betere groei van de planten en minder beschadigingen en vallen van vruchten. Het is goed te zien dat dit helpt om de plant weer meer kracht te geven.

Door het toepassen van het nieuwe telen, wordt er minder gelucht in de afdeling. De luchtbeweging die door de ontvochtingsinstallatie wordt opgewekt, is minder dan als er gebruik wordt gemaakt van het openen van de ramen.

Meer luchtbeweging in de plant zal de planten eerder aanzetten om te verdampen en de planten zullen dus meer geactiveerd worden.

Het opstoken in de ochtend is nu anderhalf uur verschoven naar achteren. Door later in de ochtend naar de dag temperatuur te gaan, blijft de etmaaltemperatuur lager en zal er in de ochtend eerder en sneller gelucht worden, wat de afvoer van vocht zal versnellen.

Ook is het advies om minimum raamstand in te zetten op de windzijde. In de ochtend 3% minimum raamstand op zowel wind- als luwezijde. Deze wordt er uitgeregeld als de temperatuur onder de stooklijn komt. Zo wordt voorkomen dat er te veel koudelucht naar binnen wordt gehaald en opgewarmde lucht wordt afgevoerd.

De kwaliteit van de geoogste trossen is erg goed. Een enkele gescheurde vrucht komt voor, maar dat wordt in de hand gehouden door twee maal per week te oogsten.

Het advies is om de trossen op 5 te blijven snoeien. Ook al staat de kop er nog niet heel sterk voor. Trossen die moeite hebben om 5 goede vruchten te zetten, moeten op 4 gesnoeid worden, maar dit moet heel selectief gebeuren.

Is de stand van het gewas het gevolg van het verlaagde CO<sub>2</sub> gebruik?

Hiervoor moet een vergelijk gemaakt worden met het verloop van de proef van vorig jaar.

Ook toen zagen we een dunner gewas staan in de afdeling waar beperkt CO<sub>2</sub> gedoseerd werd. Maar niet zo dun als dit jaar. Nu hebben we ook een stuk minder licht gehad dan vorig jaar, wat een deel van de dunne gewasstand verklaard.

27 juni 2012

Aan het gewas is duidelijk te zien dat er herstel plaats vind. In de kop is goed te zien dat de kracht weer terug komt.

De koppen zijn dikker, de dieven die er opstaan zijn sterk. het herstel is ook duidelijk te zien aan de stengel. 50 centimeter onder de kop is de stengel dun en houtig, 20 centimeter onder de kop is de stengel dikker en malser. Ook zien we dat nieuwe bladeren beter strekken dan voorheen. Elke week zien we de planten beetje bij beetje herstellen. Om deze reden doen we ook geen aanpassingen aan de klimaat strategie.

Om 10 uur in de kas voelde het wat fris aan. Er stond aardig wat tegenlucht in en buiten was het ook nog fris. Daarbij komend was het vochtig in de kas met een VD van rond de 2g/m<sup>3</sup>.

Lucht uitwisseling is om deze reden gunstig. Ook staat er op dit moment weinig wind. Om deze redenen is de tegenlucht te verklaren.

Qua arbeid hoeft er deze week weinig gedaan te worden. Deze week slaan we het blad snijden over. Het gewas is vrij open. Oogsten moet volgende week op dinsdag gebeuren.

Stengels worden vandaag nog (27-06) in de beugels gehangen.

Begin volgende week nog eenmaal spuiten tegen meeldauw, om de cyclus van 3 keer af te maken. Deze keer een combinatie maken van Fungaflor met Enzicur.

De tomaten worden, ondanks de matige hoeveelheid licht, nog redelijk grof (deze week 160 gram). Dit toont aan dat de huidige plantafstand van 3,4 aan de dunne kant is.

4 juli 2012

Er zit duidelijk groei in het gewas en het herstel wat we afgelopen weken hebben gezien, zet door. De gezette trossen, zijn hier en daar onregelmatig. Dit is het gevolg van een wat zwakkere stand afgelopen periode en het tekort aan zonlicht.

Op maandag zijn er een aantal aanpassingen gedaan aan de klimaat instellingen. De lichtinvloeden die op de ventilatie lijn stonden ingesteld, zijn verlaagd. De opwarming in de ochtend is vertraagd en de naloop van de windzijde op de luwezijde is verlaagd. Er mag in de ochtend meer gedaan worden met de windzijde. In de avond wordt de windzijde dicht gestuurd tussen 19.00 uur en 0:00. Dit is op dinsdag ingesteld (maandag was deze regeling er per ongeluk uitgehaald).

Het weer is momenteel erg wisselvallig. Bij warme vochtige avonden met er ook met de windzijde in de avond geventileerd worden. Als het niet vochtig en warm is, moet er minimaal met de windzijde geventileerd worden. Het is dus belangrijk dat er kort op de ventilatie strategie wordt gezeten.

Plaatselijk is er Botrytis gevonden. Dit is behandeld met Scomid. Regelmatig moet de kas nagelopen worden om te behandelen tegen Botrytis

Boven de 2000 Joules/cm<sup>2</sup> per dag wordt een nachtbeurt gegeven. Bij warme vochtige nachten moet deze uit de niet gegeven worden.

11 juli 2012

Het gewas heeft het moeilijk met de huidige buiten omstandigheden. De koppen zijn iets dunner geworden, maar dat is inherent aan de lage instraling.

De kleur van het gewas is goed. Boven in fris van kleur en donker groen in het midden van de plant. De plantbelasting is niet hoog, 6 trossen per plant. Maar het gewicht van de planten is nog aardig.

De klimaat instellingen blijven behouden, zoals ze staan. In de ochtend voelt het koel aan.

Maar boven in het gewas voelt het een stuk aangenamer. Er is weinig te halen in de instellingen. Maandag en dinsdag was de etmaal temperatuur 18,5 °C.

Op buis vraag is ging afgelopen dagen, het scherm een paar uur dicht. Dit is verwijderd uit de instellingen.

18 juli 2012

De planten staan er gezond op. Het geheel staat goed in balans en niet meer heel scherp.

De tros is van goede kwaliteit. Het gewas staat niet meer gevaarlijk scherp. Op het moment dat wij in de kas waren, stond er een behoorlijke wind. Op dit moment moet

de windzijde meer geknepen worden afhankelijk van de windsnelheid. Het stond op dit moment te veel wind in de kas.

Het gewas heeft niet veel blad oppervlakte. De bladeren zijn klein en de plant afstand van 3,4 pl/m<sup>2</sup> is ook laag, dus voorzichtig met bladsnijden.

Er worden geen wijzigingen gedaan aan het klimaat.

Het wachten is nog steeds op de zon.

De kop is dun (8,2 mm), afgelopen periode is het lichtniveau constant te laag geweest.

Het gewas staat klaar om licht te ontvangen en te herstellen.

Op een paar plekken met Botrytis na is het gewas schoon van ziekte en plagen.

In deze proef wordt gekweekt volgens Het Nieuwe Telen. De planten zijn voor deze teeltmethode erg schoon van Botrytis

De planten worden met de week sterker in de kop. Zeker na de mooie dagen van afgelopen week. Hier hebben we lang op gewacht. Ondanks de scherpe zon, staat het gewas er goed op. Het heeft geen last van de warmte.

Wel is duidelijk te zien dat de oogstbare trossen het tijdens de zetting moeilijk hebben gehad.

Veel last van groene punten aan de tros. Door de zwakke zetting en de trage uitgroei van de trossen, komen ook gele kronen voor.

Door de hogere temperatuur, komt de plantbelasting ook weer terug.

Er was een korte discussie over het gebruik van de groeibuis (groeipijp). Deze staat nu ingesteld op: 40 graden inkomend vanaf 1 uur voor zonop tot 200 watt instraling.

Dit blijft de aankomende periode ingesteld staan, mede omdat de vooruitzichten voor volgende week alweer minder gunstig zijn.

Het is een feit dat in de afdeling de botrytis druk erg laag is. Dit kan een gevolg zijn van het intensieve gebruik van de groeibuis.

Om nog efficiënter van de aangeboden CO<sub>2</sub> gebruik te maken, moet er gekeken worden of het mogelijk is om in de avond de windzijde nog sterker te knippen. Nu staat deze vanaf 20:30 op 50%, maar geprobeerd moet worden om hier 5% van te maken, met een beveiliging op temperatuur. Dit moet ingaan om 19:00 uur.

Besloten is ook om de doseerstrategie voor CO<sub>2</sub> naar voren te schuiven. De maximale capaciteit van 110kg/ha/uur zal nu ingesteld worden op 600 Watt/cm<sup>2</sup>, omdat er bij de huidige instraling meer gelucht moet worden, dan in vergelijking met het voorjaar.

Voor het optimaliseren van de CO<sub>2</sub> doseerstrategie zijn ook ventilatievoud en temperatuur van belang.

31 juli 2012

Er staat een gezond gewas. De planten stonden bij ons bezoek vorige week sterker in de kop. Dat is echter niet doorgezeten. Kop ziet er fris uit, maar bladstrekking en kopdikte (nu 8 mm) zijn niet toegenomen. Planten zijn afgelopen week met de eerste week dit jaar van boven 14000 Joules, niet flauw gegaan. Al het licht is benut voor de assimilatie.

De plant heeft echter (te) veel assimilaten omgezet in vrucht. Dat is duidelijk te zien aan de groeivruchten, en de trossen die over 2-3 weken worden geoogst. De verhouding plant/vrucht, die ideaal 30/70 hoort te zijn, is hier nu 20/80. De plant moet wel voldoende voor zichzelf blijven zorgen, om al deze vruchten te kunnen grootbrengen. Deze tendens zit echter nu in het gewas, die krijg je er niet zomaar uit.

De EC is flink opgelopen in de lichte week. Dit kan voorkomen worden door de druppel EC wat te verlagen tijdens zo'n warme week, en door iets meer water te geven. Het drain % van 20% op de 2500 Joules dagen is niet hoog. De 3 cc per joule werden dan wel ruimschoots gehaald, maar blijkbaar had het gewas meer nodig.

Er is goed aandacht voor de starttijd water geven in de morgen. In dit jaargetijde komt de zon in de morgen maar erg traag op gang. De wortels zijn niet mooi, vooral de laag die onderin de mat licht. Die hebben waarschijnlijk toch zuurstoftekort gehad. De weekgroep adviseert hier nu een Previcur Energy behandeling te doen.

8 augustus

Er staat een gezond gewas. Kop ziet er fris uit, bladstrekking en kopdikte (nu 9 mm) zijn toegenomen. Stengels worden plat, er staan veel diefjes te groeien. Trossen zijn mooi langer aan het worden. Plant stopt nu meer energie in zijn gewas. Dat is een goede ontwikkeling.

De trend in dit gewas dat er zoveel assimilaten in vruchten worden gestopt, en soms te weinig in het gewas, noemt Ted de potentiële lijn van een gewas. De lijn is hier een sterk, maar dun, taai, generatief gewas, met in het begin geteeld bij lage temperaturen. Mede hierdoor ook erg weinig Botrytis?

Drain % is hoger, EC is aan het zakken, prima.

Wortels zijn iets opgeknapt, maar kunnen wel een boost gebruiken. De weekgroep adviseerde vorige week een Previcur Energy behandeling te doen. Dat is nog niet gebeurd, maar zal worden beetgepakt.

De vochtregeling in de nacht wordt weer een punt van aandacht. Met weinig verschil tussen binnen- en buitentemperaturen, met hoge vochtigheden buiten, kun je bijna te kas niet drogen. Voorlopig proberen we toch in de voornacht zonder minimumbuis te werken. Wel de installatie volop laten draaien voor luchtbeweging. Rondom einde voornacht en in de nanacht moet de buis inkomen voor vocht.

15 augustus

Er staat een gezond gewas. Kop ziet er fris uit, maar wordt weer iets dunner. Het trosje is iets aan het verzwakken. Ook zien we wat miszetting op de juist afgeronde tros, vaak de eerste en soms het tweede vruchtje. Dit is nog niet schokkend, maar wel een aandachtspunt voor de komende weken. Dit is net als verleden jaar iets zwakheid op de

tros, en wat Macrolophus schade. We zien echter zowel Macrolophus als witte vlieg, dus Macrolophus afdoden is nu niet wenselijk.

Drain % is hoger, EC is stabiel laag in het weekverslag. Ik wil graag even de hoogte van de EC in het monster afwachten, het is waarschijnlijk raadzaam om na de warme periode weer langzaam met de EC gift te gaan stijgen. De klimaatsinstellingen blijven ongewijzigd. Er gaat een heel klein beetje meer warmte in dan begroot, maar teelt en gewasgezondheid zijn positief.

29 augustus

Het gewas is gezond en staat er mooi op. Het gewas staat behoorlijk generatief. De kop is nog dun, maar voor de tijd van het jaar is dit goed. Afgelopen maandag werd er vlak onder de kop een enkel slap blaadje gevonden. Wat de reden van dit slappe blaadje is, is niet bekend. Ook zien we een paar blaadjes met bruine bladrandjes, dit is het gevolg van het hete weekend twee weken geleden. Over het algemeen staat het er goed op.

Besloten is om geen kopblaadje te verwijderen.

Wel gaan we naar 12 tot 13 bladeren per stengel (dit was 15).

Volgens GreenScheduler moet in week 36 de kop uit de plant verwijderd worden om in week 45 voor het laatste oogsten.

Hier en daar zit een witte vlieg, maar ook Macrolophus is goed aanwezig. Botrytis komt op een enkel plekje voor. Het is van belang om dit goed in de gaten te houden. Planten met oude plekken gaan nu weg vallen. Deze moeten verwijderd worden uit de kas.

De EC gift is iets verhoogd naar 2.8. De intering van het mat gewicht is momenteel 15%, wat goed is. De wortels zien er goed uit.

Klimaat instellingen zijn licht aangepast

Omdat de dagen kortere worden, maar de nachten nog best warm kunnen zijn (de kou komt tijdens de ochtend) is de voornacht verlengd.

Om niet te veel energie in de kas te stoppen, moet de maximum groeibuis temperatuur ingesteld worden op 45 °C

5 september 2012

Het gewas staat goed. Het is goed gezond. Er worden geen aanpassingen aan het klimaat gedaan.

Het is opvallend, hoe weinig Botrytis in het gewas zit. De relatie tussen minder CO<sub>2</sub> en minder Botrytis is moeilijk te maken. 5 weken geleden is de CO<sub>2</sub> strategie aangepast. Dit is terug te zien in het verbruik.

Bijkomend aspect is de hogere instraling van de afgelopen weken. Hierdoor lopen we iets in op de geprognoseerde hoeveelheid CO<sub>2</sub>.

Hier en daar komt een beschadiging van Macrolophus tegen. Dit zal voor de toekomst een aandachtspunt blijven. Nu er tijdens de start van de populatie opbouw, bijgevoerd wordt met Ephestia, is de populatie na de zomer op volle sterkte. In het eerste deel van de kweek geeft dit goede ervaringen, maar aan het eind dus kans op beschadigingen. Dit is wel ras

afhankelijk. Cocktailtomaten zijn meer gevoelig dan grove tomaten blijkt. Zo tegen de eind van de zomer kan Entomophthera ook weer de kop op steken (schimmelinfectie bij Macrolophus). Dit kan de populatie ook uitdunnen.

Eind volgende week de kop verwijderen uit de plant. Dit moet gebeuren op 1 blaadje boven de tros die gaat bloeien.

12 september 2102

De kop is deze week verwijderd. Het gewas ziet er nog gezond uit. Hier en daar een plekje met meeldauw. Dit komt weer wat opzetten.

De Botrytis druk is laag, maar toch komen er nu hier en daar wat zieke planten opzetten. Dit moet na gelopen worden.

De wortels zijn wat bruin van kleur. Water strategie is aangepast. Kortere op de dag water geven (tussen 11 en 14 uur) en grote beurten met grote tussenpozen. Ook een keer preventief Previcur doseren wordt geadviseerd.

Intering van 15% gaat goed, maar mag iets meer worden in verband met de donkere wortel en vochtige

omstandigheden in de mat.

Vanaf volgende week beginnen met extra blad verwijderen. Bij 6 trossen naar 9 tot 10 bladeren per plant.

Het snoeien van de tros moet gebeuren zodra de trossen iets groter zijn.

Als de vruchten van de laatste tros gezet zijn, kan de EC met 0,5 mS/cm verlaagd worden

De naloop van de windzijde op luwe zijde is aangepast van 0,5 °C naar 1 °C

19 september 2012

De kop is vorige week verwijderd. Deze week mag er terug gegaan worden met bladeren.

Bij 7 trossen aan de plant, mogen er 10 bladeren aangehouden worden.

Wel is hier en daar meeldauw te zien. Vorige week is er een keer gespoten. Dit moet deze week herhaald worden. Op verschillende plekken in het gewas zien we grijze vlekken op de stengels ontstaan. Het is niet met zekerheid vast te stellen wat dit zou kunnen zijn. Er wordt plantmateriaal opgestuurd voor controle. Mogelijk is het een soort van aantasting van meeldauw.

Het ingestelde klimaat voor afdeling 6 blijft gehandhaafd.

Om genoeg energie naar de vruchten te sturen, blijft een goede koele nacht van belang. In de middag moet de plant wel even geactiveerd worden voor de gezondheid van de planten.

Even 2 uur lang 21 °C aantikken blijft belangrijk.

10 oktober 2012

Scherm gaat over het algemeen open tussen 8:30 en 8:45. Dit is goed, niet later, want het gewas moet goed geactiveerd worden.

Het gewas is erg gezond. De kleur van de bladeren is mooi donker groen. Het is goed om op de dag de plant te activeren door te stijgen naar 21 °C.

Twee bladeren in de top van de plant verwijderen, omdat het boven erg vol wordt.

Zorgen dat de dieven goed verwijderd worden. Ook moet er extra aandacht gegeven worden aan Botrytis verwijderen. Vooral in de eerste tralie is botrytis een probleem aan het worden. belangrijk is om er kort op te blijven

Meeldauw is nu geen probleem meer.

Deze week nog een wortel behandeling doen met Previcur. Op dit moment hebben we nog een paar mooie dagen, waardoor Previcur nog goed kan worden opgenomen.





