



# Effecten van gebruik van tijdelijk opgeslagen CO<sub>2</sub> uit WKK rookgassen op de groei van jonge tomatenplanten

Experimenteel onderzoek in het kader van "Afvangst en tijdelijk opslaan van CO<sub>2</sub> uit WKK rookgassen"

Janneke Grit, Jaco den Bakker, Pieter de Visser

Rapport WPR-1311

## Referaat

Nieuwe technologieën maken het mogelijk CO<sub>2</sub> af te vangen uit de WKK en tijdelijk op te slaan in een CO<sub>2</sub> batterij. Hiermee kan de CO<sub>2</sub> uit de WKK beter benut worden. De vraag bij het gebruik van deze nieuwe technologie is of de kwaliteit van de CO<sub>2</sub> na opslag in de batterij voldoende is voor de tuinbouw. Voor het testen van de fytoxiciteit van CO<sub>2</sub> uit de WKK opgeslagen in de CO<sub>2</sub> batterij van Value Maritime werden jonge tomatenplanten geteeld in begassingskasjes voor ongeveer 2 weken, waarbij één kasje CO<sub>2</sub> kreeg uit de CO<sub>2</sub> batterij en één kasje CO<sub>2</sub> uit gasfles met pure CO<sub>2</sub>. Tijdens de proef werden de planten twee keer per week visueel beoordeeld op schade en aan het einde van de proef werden de belangrijkste groeiparameters gemeten. Tijdens de proef werd er geen visuele schade gevonden door gebruik van WKK CO<sub>2</sub> opgeslagen in een CO<sub>2</sub> batterij. Daarnaast werden er ook geen verschillen in groei waargenomen tussen beide behandelingen. Uit de proef blijkt dat bij jonge tomatenplanten geen negatieve effecten te verwachten zijn bij gebruik van WKK CO<sub>2</sub> opgeslagen in een CO<sub>2</sub> batterij gedurende ongeveer twee weken.

## Abstract

New technologies enable the capture of CO<sub>2</sub> from CHP (Combined Heat and Power) systems and its temporary storage in a CO<sub>2</sub> battery, thereby enhancing the utilization of CO<sub>2</sub> from CHP. The question arising from the adoption of this innovative technology is whether the quality of CO<sub>2</sub> after storage in the battery is suitable for horticulture. To evaluate the phytotoxicity of CO<sub>2</sub> from CHP stored in the CO<sub>2</sub> battery developed by Value Maritime, young tomato plants were cultivated in fumigation mini greenhouses for approximately two weeks. One greenhouse received CO<sub>2</sub> from the CO<sub>2</sub> battery, while another received CO<sub>2</sub> from a gas cylinder containing pure CO<sub>2</sub>. Throughout the experiment, the plants were visually inspected for damage twice a week, and at the end of the trial, the key growth parameters were measured. No visual damage was observed during the experiment due to the utilization of CHP-derived CO<sub>2</sub> stored in the CO<sub>2</sub> battery. Furthermore, no differences in growth were noted between the two treatments. The experiment indicates that no adverse effects are expected on young tomato plants when utilizing CHP-derived CO<sub>2</sub> stored in a CO<sub>2</sub> battery for approximately two weeks.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-1311

Projectnummer: 374235900

DOI: <https://doi.org/10.18174/655055>

## Disclaimer

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

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

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 - 48 56 06

F +31 (0)10 - 522 51 93

[glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)

[wur.nl/glastuinbouw](http://wur.nl/glastuinbouw)

---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>8</b>
2.1 Teelt en behandelingen	8
2.2 Klimaatmetingen	9
2.3 Plantmetingen	9
<b>3 Resultaten</b>	<b>10</b>
3.1 Klimaat	10
3.2 Visuele beoordeling	11
3.3 Destructieve eind oogst	11
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>13</b>
<b>Literatuur</b>	<b>14</b>



---

# Samenvatting

Nieuwe technologieën maken het mogelijk CO<sub>2</sub> af te vangen uit de WKK en tijdelijk op te slaan in een CO<sub>2</sub> batterij. Hiermee kan de CO<sub>2</sub> uit de WKK beter benut worden. De vraag bij het gebruik van deze nieuwe technologie is of de kwaliteit van de CO<sub>2</sub> na opslag in de batterij voldoende is voor de tuinbouw.

Voor het testen van de fytoxiciteit van CO<sub>2</sub> uit de WKK opgeslagen in de CO<sub>2</sub> batterij van Value Maritime werden jonge tomatenplanten geteeld in begassingskasjes voor ongeveer 2 weken, waarbij één kasje CO<sub>2</sub> kreeg uit de CO<sub>2</sub> batterij en één kasje CO<sub>2</sub> uit gasfles met pure CO<sub>2</sub>. Tijdens de proef werden de planten twee keer per week visueel beoordeeld op schade en aan het einde van de proef werden de belangrijkste groeiparameters gemeten. Tijdens de proef werd er geen visuele schade gevonden door gebruik van WKK CO<sub>2</sub> opgeslagen in een CO<sub>2</sub> batterij. Daarnaast werden er ook geen verschillen in groei waargenomen tussen beide behandelingen.

Uit de proef blijkt dat bij jonge tomatenplanten geen negatieve effecten te verwachten zijn bij gebruik van WKK CO<sub>2</sub> opgeslagen in een CO<sub>2</sub> batterij gedurende ongeveer twee weken.



---

# 1 Inleiding

De Nederlandse glastuinbouw heeft de ambitie om een klimaatneutrale sector te worden. Fossiele brandstoffen worden daarbij vervangen door duurzame energiebronnen. Met deze transitie zal de productie van CO<sub>2</sub> op het eigen bedrijf afnemen. Bovendien wordt door de energietransitie de energie- en CO<sub>2</sub>-vraag ontkoppeld. Echter blijft CO<sub>2</sub> essentieel voor de plantengroei. Om die reden wordt al decennialang CO<sub>2</sub> gedoseerd ter verhoging van de productie en/of betere kwaliteit. Op veel bedrijven wordt momenteel CO<sub>2</sub> gedoseerd uit (gereinigde) rookgassen van ketels en installaties voor warmte krachtkoppeling (WKK).

Nieuwe technologieën maken het mogelijk om CO<sub>2</sub> af te vangen en tijdelijk op te slaan in een zogeheten CO<sub>2</sub> batterij, zo ook uit de WKK. Op deze manier is het mogelijk om de CO<sub>2</sub> uit de WKK beter te benutten. De draaiuren van de WKK verschuiven namelijk steeds meer naar uren waar de zon minder schijnt vanwege de elektraprijzen. De opgeslagen CO<sub>2</sub> kan dan gedurende de lichtperiode – als het gewas CO<sub>2</sub> assimileert – weer gedoseerd worden. Uit de gereinigde rookgassen wordt CO<sub>2</sub> af gevangen met behulp van een oplossing met amines en opgeslagen in een zogeheten CO<sub>2</sub> batterij. Op het moment van CO<sub>2</sub> dosering wordt door verhitting de CO<sub>2</sub> vrijgemaakt uit de CO<sub>2</sub> batterij. Deze nieuwe technologie klinkt zeer interessant voor de glastuinbouw, maar brengt wel de vraag met zich mee hoe het zit met de kwaliteit en veiligheid van de CO<sub>2</sub> na opslag in de CO<sub>2</sub> batterij.

Schade door rookgassen is in het verleden al veelvuldig onderzocht (o.a. Van Dijk et al., 2003, Dueck et al., 2008, Van Dijk et al., 2011, Van Dijk et al., 2014). Bij schade door rookgassen maakt men onderscheid tussen twee soorten schade. Acute, meestal zichtbare schade na een korte maar hevige blootstelling en chronische schade als gevolg van langdurige blootstelling aan lage concentraties. De chronische schade leidt vaak tot verminderde groei wat kan resulteren in productieverlies en mindere kwaliteit. Gereinigde rookgassen kunnen naast CO<sub>2</sub> ook toxische componenten bevatten zoals stikstofoxiden en koolwaterstoffen (o.a. benzeen en etheen). Voorgaande gasanalyses door Value Maritime liet zien dat het om verwaarloosbare concentraties aan contaminanten ging, maar alsnog is het de vraag of deze niet nadelig zijn voor de plantengroei. Om de kwaliteit van de CO<sub>2</sub> na opslag in een CO<sub>2</sub> batterij van Value Maritime op planten te testen is een teeltproef uitgevoerd met jonge tomatenplanten in mini begassingskasjes.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Teelt en behandelingen

Voor het testen van de fytoxiciteit van CO<sub>2</sub> uit de WKK opgeslagen in de CO<sub>2</sub> batterij werden jonge tomatenplanten geteeld in begassingskasjes. Per kasje werden 4 planten ingezet met twee stengels met ca. zes bladeren per stengel.

De planten werden blootgesteld in twee onafhankelijk van elkaar werkende begassingskasjes die stonden opgesteld in een loods van het bedrijf South Valley (Figuur 2.1). De luchtdichte begassingskasjes zijn gemaakt van polycarbonaat (lexaan) in een frame van aluminium profielen. De afmetingen van de netto plantruimte van elk kasje zijn: 160x90x135 cm (1,94 m<sup>3</sup>). De bodem bestaat uit een bak afgedekt met een geperforeerde plaat, beide van RVS. Met een centrifugaalventilator wordt de snelheid van de circulatielucht op ca. 0,2 m.sec<sup>-1</sup> gehouden. Verversingslucht wordt met een hoeveelheid van ca. 800L min<sup>-1</sup> aangezogen. Uitgaande lucht wordt rechtstreeks naar de buitenlucht afgevoerd voor middel van afzuigslangen.

De planten werden in de ene behandeling blootgesteld aan CO<sub>2</sub> uit de WKK die was opgeslagen in de CO<sub>2</sub> batterij en in de andere behandeling aan pure CO<sub>2</sub> uit een gasfles van SOL (referentie). De gewenste concentratie CO<sub>2</sub> van 750 ppm werd toegediend aan de ingaande luchtstroom -voor beide behandelingen dezelfde lucht uit de loods- door middel van een manuele flow meter/regulator (Key instruments). De CO<sub>2</sub> vanuit de CO<sub>2</sub> batterij werd in een ballon gepompt en daarna aangesloten op het begassingskasje met daartussen een koolfilter. De CO<sub>2</sub> werd alleen toegediend wanneer de belichting aanstond in de kasjes.

Tijdens de proef werd een daglengte van 18 uur aangehouden (4:00-22:00 uur). De intensiteit was 35 µmol/m<sup>2</sup>/s op plantniveau (90 cm onder de lamp). De temperatuur en luchtvochtigheid konden niet direct gestuurd worden. Deze waren afhankelijk van de omstandigheden in de loods.

**Tabel 3.1**    *Overzicht gegevens experiment tomaat*

Gewas	Tomaat
Rassen	Ronvine (BASF Vegetable Seeds)
Plantdatum (start experiment)	12 december 2023
Plantdichtheid	3,3 planten/m <sup>2</sup> 6,6 stengels/m <sup>2</sup>
Teeltstrategie	Temperatuur en luchtvochtigheid afhankelijk van de klimaatomstandigheden in de loods.
Substraat en watergift	Steenwolblokken, watergift via druppelaars.
Hoogte van het lampenplafond	135 cm tot bovenkant steenwolblok
Lichtintensiteit	35 µmol/m <sup>2</sup> /s op plantniveau (90 cm onder de lamp)
Daglengte	18 uur
Lichtbehandelingen	Witte LEDS
CO <sub>2</sub> concentratie	Streefwaarde 700 ppm als de lampen aanstaan
Einde experiment	28 december 2023





**Figuur 2.1** Foto van de opstelling van de begassingskasjes in de loods bij aanvang van de proef. Links het kasje dat CO<sub>2</sub> kreeg uit de CO<sub>2</sub> batterij en rechts de referentiebehandeling.

## 2.2 Klimaatmetingen

Gedurende de teelt werd het klimaat (temperatuur, CO<sub>2</sub> en relatieve luchtvochtigheid) per begassingskasje gemonitord met een temperatuur- en luchtvochtigheidsensor (Vaisala HMP110) en daarnaast met een CO<sub>2</sub> sensor (Vaisala GMP252).

## 2.3 Plantmetingen

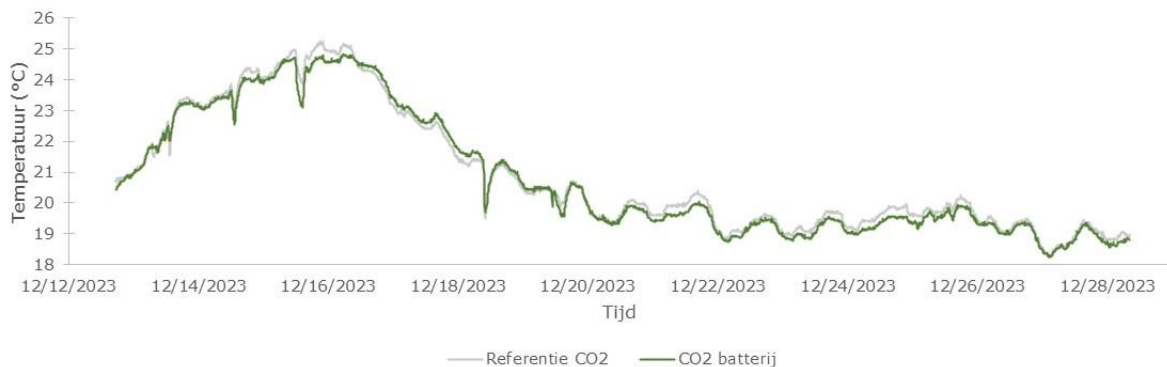
Tijdens de proef werden de planten twee keer per week gecontroleerd op zichtbare symptomen (chlorose, bladbeschadiging, blad/bloem of vrucht abortie, andere bladstand etc.). Na afloop van de proef werden de belangrijkste groeiparameters bepaald (biomassa, plantlengte en bladoppervlak) per stengel. De stengels werden steeds verdeeld in 2 delen: het onderste deel dat was ontwikkeld tijdens de opkweek en het bovenste deel dat was ontwikkeld tijdens de proef, om effecten van het gebruik van CO<sub>2</sub> uit de CO<sub>2</sub> batterij zo goed mogelijk te kunnen meten. Het bladoppervlakte werd bepaald met een LI-3100 bladoppervlaktemeter. Het drooggewicht werd bepaald na 7 dagen op 80°C in de droogoven.

## 3 Resultaten

### 3.1 Klimaat

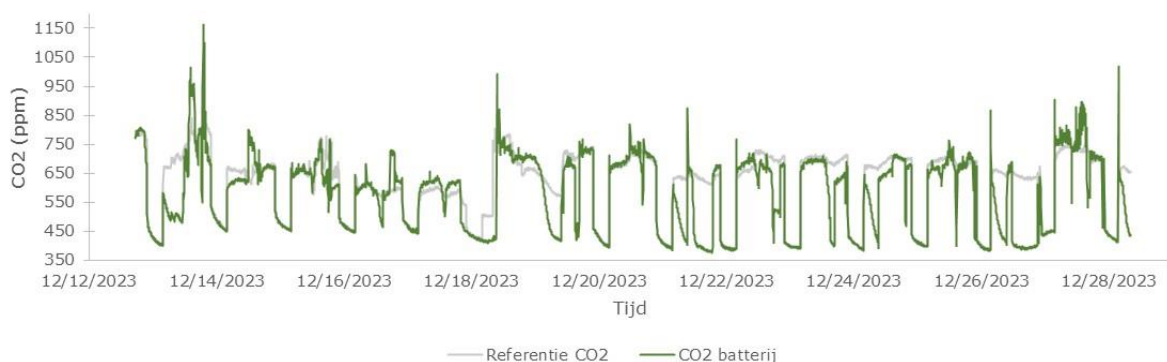
Het gemiddeld gerealiseerde klimaat in het referentiekasje gedurende de proef was een gemiddelde etmaaltemperatuur van 20.9°C met een dag/nacht temperatuur van 21.0°C en 20.7°C respectievelijk. De temperatuur was de eerste dagen van de proef te hoog waarna geprobeerd is de loods koeler te krijgen, zodat de temperatuur in de kasjes rond de 19,5°C was (Figuur 3.1). De relatieve luchtvochtigheid was overdag gemiddeld 48.2% en in de nacht 47.9%. De CO<sub>2</sub> concentratie was 670 ppm overdag en 453 ppm in de nacht.

Het gemiddeld gerealiseerde klimaat in het kasje met CO<sub>2</sub> uit de batterij gedurende de proef was een gemiddelde etmaaltemperatuur van 20.8°C met een dag/nacht temperatuur van 20.9°C en 20.6°C respectievelijk. Het temperatuurverloop was vergelijkbaar met het referentiekasje (Figuur 3.1). De relatieve luchtvochtigheid was overdag gemiddeld 48.2% en in de nacht 47.7%. De CO<sub>2</sub> concentratie was 625 ppm overdag en 454 ppm in de nacht.



**Figuur 3.1** Temperatuurverloop (per 5 min.) in het referentiekasje en in het kasje met CO<sub>2</sub> uit de CO<sub>2</sub> batterij.

De CO<sub>2</sub> concentratie was tijdens de proef niet constant (Figuur 3.2). Tijdens de eerste dagen van de proef zakte de CO<sub>2</sub> concentratie dagelijks iets op onverklaarbare wijze. Daarop is besloten om dagelijks de CO<sub>2</sub> concentratie weer handmatig tot 700 ppm bij te stellen. Hierdoor zijn een aantal keer hoge CO<sub>2</sub> waarden gemeten. De gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie was in het kasje met CO<sub>2</sub> uit de batterij lager vanwege het feit dat een aantal keer de gevulde zak met CO<sub>2</sub> leeg was en er niet direct nieuwe CO<sub>2</sub> voorradig was. Op die momenten zakte de CO<sub>2</sub> terug naar de omgevingsconcentratie.



**Figuur 3.2** CO<sub>2</sub> concentratie (5 min.) in het referentiekasje en in het kasje met CO<sub>2</sub> uit de CO<sub>2</sub> batterij.

## 3.2 Visuele beoordeling

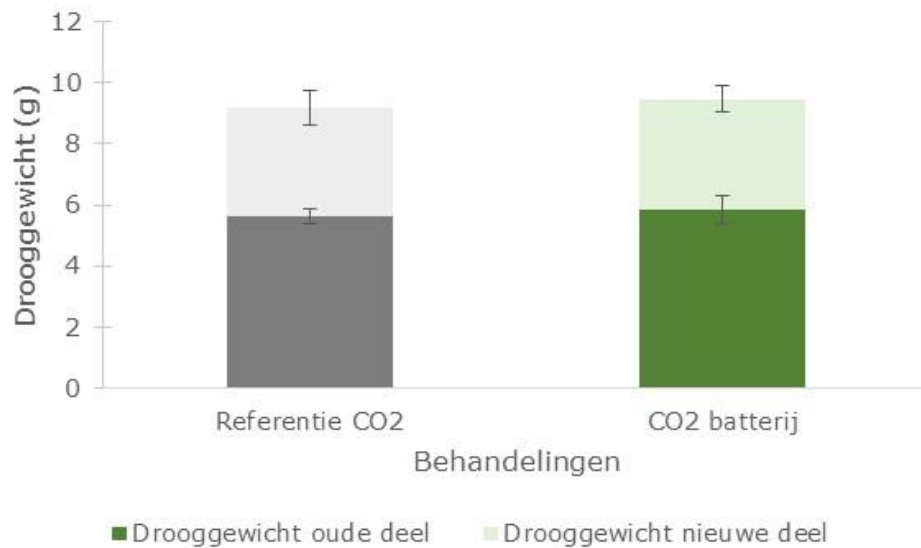
Bij aanvang van de proef was er op de bestaande onderste bladeren transportschade zichtbaar bij alle tomatenplanten. Gedurende proef is tweemaal per week visueel waargenomen of er zichtbare symptomen waren door het gebruik van de CO<sub>2</sub> uit de batterij. Gedurende de proef werden er geen zichtbare verschillen waargenomen tussen de twee behandelingen (Figuur 3.3). Er werden geen zichtbare negatieve effecten van de CO<sub>2</sub> uit de CO<sub>2</sub> batterij op de planten waargenomen.



**Figuur 3.3** Foto van de opstelling aan het einde van de proef. Links het kasje dat CO<sub>2</sub> kreeg uit de CO<sub>2</sub> batterij en rechts de referentiebehandeling.

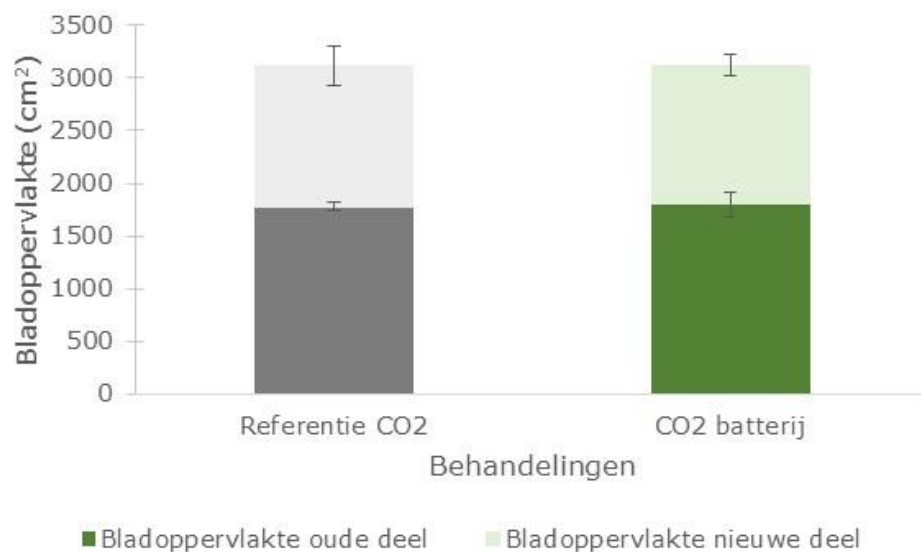
## 3.3 Destructieve eindoogst

Aan het einde van de teelt, na 2 weken en 2 dagen, werden alle planten van beide CO<sub>2</sub>-behandelingen destructief geoogst. De jonge tomatenplanten bleken tussen beide behandelingen nauwelijks te verschillen. Het totale bovengrondse drooggewicht verschilde niet significant tussen de CO<sub>2</sub>-behandelingen aan het einde van de teelt (Figuur 3.4). Dit was voor zowel de oude delen, de nieuw aangelegde delen als het totale drooggewicht.



**Figuur 3.4** Effect van de CO<sub>2</sub>-behandelingen op de totale bovengrondse biomassa opgesplitst in een nieuw en oud deel (plant drooggewicht, 2 stengels per plant) aan het einde van de teelt (n=4). De verticale lijn geeft de standaardfout van het gemiddelde aan.

Het totale bladoppervlak per plant verschilde ook nauwelijks tussen de verschillende CO<sub>2</sub>-behandelingen (Figuur 3.5). Hetzelfde geldt voor de plantlengte, deze was respectievelijk 84 cm voor de referentie en 83 cm voor de behandeling met de CO<sub>2</sub> batterij.



**Figuur 3.5** Effect van de CO<sub>2</sub>-behandelingen op de totale bladoppervlakte per plant opgesplitst in een nieuw en oud deel (2 stengels per plant) aan het einde van de teelt (n=4). De verticale lijn geeft de standaardfout van het gemiddelde aan.

---

## 4 Conclusies en aanbevelingen

De fytoxiciteit van CO<sub>2</sub> uit de WKK opgeslagen in de CO<sub>2</sub> batterij van Value Maritime is getest middels een begassingsonderzoek. Hiervoor zijn jonge tomatenplanten voor ongeveer twee weken geteeld in kleine begassingskasjes, waarbij één kasje CO<sub>2</sub> kreeg uit de CO<sub>2</sub> batterij en één kasje CO<sub>2</sub> uit gasfles met pure CO<sub>2</sub>. Uit de proef blijkt dat bij tomaat geen negatieve effecten, zoals zichtbare bladschade en groeireductie te verwachten zijn bij gebruik van WKK CO<sub>2</sub> opgeslagen in een CO<sub>2</sub> batterij gedurende ongeveer twee weken. Op grond van de proefduur was het niet mogelijk uitspraak te doen over de kwaliteit van de vruchten effecten door langdurige blootstelling aan WKK CO<sub>2</sub> opgeslagen in een CO<sub>2</sub> batterij. Daarnaast is de test uitgevoerd op maar één gewas (groentegewas). Het is daarom aan te bevelen in de toekomst meerdere gewassen te testen waaronder ook siergewassen en daarnaast de proefduur te verlengen zodat ook vruchtkwaliteit en langdurige blootstelling meegenomen kunnen worden.

---

# Literatuur

- Dueck, T. A., van Dijk, C. J., Kempkes, F. L. K., & van der Zalm, T. (2008). Emissies uit WKK installaties in de glastuinbouw: methaan, etheen en NO<sub>x</sub> concentraties in rookgassen voor CO<sub>2</sub> dosering (No. 505). Wageningen UR Glastuinbouw.
- van Dijk, C. J., Meinen, E., & Dueck, T. A. (2011). Grenzen voor luchtkwaliteit: Effecten van discontinue blootstelling aan etheen en stikstofoxiden op paprika (No. 1107). Wageningen UR Glastuinbouw.
- van Dijk, C. J., Meinen, E., & Dueck, T. A. (2014). Kwaliteit biogas-CO<sub>2</sub> voor toepassing in de glastuinbouw (No. 1310). Wageningen UR Glastuinbouw.
- Van Dijk, C. J., Van der Knaap, J. P., Dijkstra, T. J., Hanemaaijer, J., & Tonneijck, A. E. G. (2003). Rookgasschade in beeld? Risico's van NO<sub>x</sub> en etheen bij CO<sub>2</sub> dosering uit WKK-installaties (No. 255). Plant Research International.





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Rapport WPR-1311

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.