



# Het Nieuwe Gewas

Sturen van de plantvorm voor verhoogde lichtbenutting

Arie de Gelder, Jan Janse en Mary Warmenhoven

Rapport GTB-1407

## **Referaat**

In het project "Het Nieuwe Gewas" is Wageningen UR Glastuinbouw in opdracht van Kas als Energiebron op zoek gegaan naar de gewasopbouw die optimaal bijdraagt aan de doelstelling van energie-efficiënt en dus energiezuinig produceren, door 33, 44 of 55 % van de bladeren in een jong stadium weg te nemen. Op 10 oktober 2014 is het experiment gestart met getopte planten van het tomatenras Briosso geënt op Maxifort. De biomassa productie gemeten in kg droge stof was bij het zeer open gewas het laagste, maar de verdeling hiervan over vruchten en plant was bij het zeer open gewas meer naar de vruchten. Hierdoor produceerde dit gewas in de winter onder assimilatie belichting het meeste. In de zomer was de standaard behandeling het beste en werd de productie in deze behandeling het hoogste.

De planten in de zeer open behandeling bleven korter met kleinere bladeren, dan de planten van de standaard behandeling. Dit is mogelijk te verklaren uit een veranderde rood:verrood verhouding van het licht in het gewas. Bladplukken in een jong stadium draagt bij aan het beter sturen van assimilaten naar de vruchten. Dit kan als gewasmanagement maatregel worden gebruikt als de plant in de winter te veel blad ontwikkelt.

## **Abstract**

Wageningen UR Greenhouse horticulture searched in the "The New Crop" project for the crop structure that best contributes to the goal of energy-efficient production and therefore energy saving, by removing 33, 44 or 55% of the leaves at a young stage. On October 10<sup>th</sup> 2014 the experiment started with topped plants of the tomato variety Briosso grafted on Maxifort. Dry matter production was lowest in the very open crop, however partitioning to the fruits was highest in that treatment. Therefore, this crop produced in the winter under assimilation lighting most. In summer, the standard treatment was the best and the production in this treatment was highest.

The plants in the very open treatment were shorter and had smaller leaves than the plants of the standard treatment. This is might be due to a different red: far red ratio of light in the crop. Leaf picking at a young stage contributes to better distribution of assimilates to the fruits. This can be used as a crop management measure as the plant in winter develops too much leaves. The project was funded by the Dutch energy transition program "Kas als Energiebron".

## **Rapportgegevens**

Rapport GTB-1407

Projectnummer: 3242194400

## **Disclaimer**

© 2016 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl), [www.wageningenUR.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenUR.nl/glastuinbouw). Wageningen UR Glastuinbouw.

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

## **Adresgegevens**

### **Wageningen UR 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

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Probleemstelling	7
	1.2 Doelstelling	8
	1.3 Begeleiding	9
<b>2</b>	<b>Proefopzet en metingen</b>	<b>11</b>
	2.1 Teelt	11
	2.1.1 Teeltcondities	11
	2.1.2 Plantenziektes en gewasbescherming	12
	2.2 Metingen	12
	2.2.1 Registratie kasklimaat	12
	2.2.2 Lichtmetingen van de kas	12
	2.2.2.1 Lichttransmissie van de kas	12
	2.2.2.2 Lichtverdeling van de lampen	12
	2.2.3 Waterverbruik en voedingsopname	12
	2.2.4 Energie- en elektriciteitsgebruik	13
	2.3 Plantregistraties	13
	2.3.1 Gewasgroei	13
	2.3.2 Productie	13
	2.3.3 Vruchtkwaliteit	13
	2.3.4 Plantstructuur en drogestofgehaltes	13
	2.3.5 Fotosynthesemetingen	14
	2.3.6 Lichtonderschepping	14
	2.3.6.1 Lichtverdeling in het gewas	14
	2.3.6.2 Lichtonderschepping door het gewas	14
	2.3.6.3 Lichtspectrum tussen het gewas	14
	2.3.7 Suiker- en zetmeelanalyses	14
<b>3</b>	<b>Gewasbeoordeling</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Klimaat, Licht, Water en Energie</b>	<b>19</b>
	4.1 Gerealiseerd klimaat	19
	4.1.1 Kasluchttemperatuur	19
	4.1.2 Planttemperatuur	20
	4.1.3 Raamopening en relatieve luchtvochtigheid	21
	4.1.4 CO <sub>2</sub> concentratie	22
	4.2 Lichtmetingen	24
	4.2.1 Lichtplan en realisatie belichting	24
	4.2.2 Lichttransmissie van kas	25
	4.2.3 Lichtverdeling van de lampen	25
	4.3 Waterverbruik en opname voeding	26
	4.3.1 Waterverbruik	26
	4.3.2 Opname voeding	27
	4.4 Energieverbruik	28

<b>5</b>	<b>Plantregistraties en productie</b>	<b>31</b>
5.1	Plantregistratie	31
5.2	Productie	33
5.3	Kwaliteit en houdbaarheid	35
5.4	Destructieve plantmetingen	37
5.4.1	Bladoppervlak in relatie tot bladlengte en bladbreedte	38
5.4.2	Droge stof gehalte van bladeren	39
5.5	Fotosynthesemetingen	40
5.6	Lichtonderschepping	41
5.6.1	Continue registratie lichtonderschepping	41
5.6.2	Lichtonderschepping door het gewas	41
5.6.3	Lichtspectrum tussen het gewas	42
5.7	Suikers en zetmeel analyses	43
<b>6</b>	<b>Discussie en Conclusies</b>	<b>45</b>
6.1	Open gewasstructuur en lichtefficiëntie	45
6.2	Besparing op elektriciteit en warmte	46
6.3	Praktische kennis	46
	<b>Bijlage 1 Publiciteit</b>	<b>49</b>
	<b>Bijlage 2 Lichtverdeling lampen</b>	<b>51</b>
	<b>Bijlage 3 Lichtspectra tussen het gewas</b>	<b>55</b>
	<b>Bijlage 4 Fotosynthese metingen</b>	<b>57</b>

# Samenvatting

In het project 'Het Nieuwe Gewas' zijn we op zoek gegaan naar de gewasopbouw die optimaal bijdraagt aan de doelstelling van energie-efficiënt en dus energiezuinig produceren.

Op 10 oktober 2014 is het experiment gestart met getopte planten van het tomaten ras Briosio geënt op Maxifort. De plantdichtheid was 2.5 stengels.m<sup>-2</sup> met twee stengels per plant, tijdens de teelt is dit verhoogd naar 3.75 stengels.m<sup>-2</sup>. Het experiment stond in 3 afdelingen en per afdeling is één bladplukstrategie gevolgd en deze is de hele teeltduur volgehouden.

Behandeling	Bladplukken	Bladeren per tros	Volgroeide bladeren per stengel
Standaard	33 %	2,2,2	12
Open gewas	44 %	2,1,2	10
Zeer open gewas	55 %	2,1,1	8

Het gerealiseerde klimaat in de afdelingen was vergelijkbaar. Alleen in de zomer was bij het zeer open gewas de luchtvochtigheid iets lager.

De planten van het zeer open gewas bleven gemiddeld korter en hadden kortere bladeren dan de beide andere behandelingen.

De biomassaproductie gemeten in kg droge stof was bij het zeer open gewas het laagste, maar de verdeling hiervan over vruchten en plant was bij het zeer open gewas meer naar de vruchten. Hierdoor produceerde dit gewas in de winter onder assimilatiebelichting het meest. In de zomer was de standaardbehandeling het best en werd de productie in deze behandeling het hoogst.

De fotosynthesecurves laten geen verschil zien in fotosynthesecapaciteit. Voor dit aspect is de lichtefficiëntie als potentiële productie van assimilaten in gram per mol licht niet veranderd. Een lagere LAI en een andere verdeling over de hoogte van het gewas was in de winter niet nadelig voor de lichtonderschepping. Dit heeft daarom ook geen effect op de lichtbenuttingsefficiëntie gehad. In de zomer was de lichtonderschepping in het zeer open gewas wel lager.

De hoeveelheid versproduct 'geogste tomaten' was in het begin van de teelt voor de bladplukstrategieën hoger. Dit gold vanaf de start tot begin maart. In het begin was de lichtbenuttingsefficiëntie in de zeer open behandeling hoger en aan het eind lager dan de standaard teelt.

Uit spectrale metingen met de Jaz blijkt de lichtabsorptie in het gewas te veranderen, waardoor de rood:verrood verhouding wijzigt en dit heeft gevolgen voor de gewasstrekking en bladgrootte.

De verdamping werd bij de lagere LAI van de zeer open kas met veel bladpluk iets geremd. De warmte input was op jaar basis in de standaard behandeling 5% hoger ten opzichte van de beide bladpluk behandelingen.

De opener gewasstructuur heeft geen gunstig effect gehad op de warmteverdeling en daarmee op de afrijping van de trossen.

Op belichting wordt niet bespaard als gekeken wordt naar belichtingsuren. De drogestof productie is ook niet anders geworden. Er is wel sprake van enige verbetering van de lichtbenuttingsefficiëntie door een gewijzigde assimilatenverdeling.

Dit onderzoek over bladpluk strategieën heeft de telers nadrukkelijk aan het denken gezet en geleid tot het praktisch experimenteren met deze strategie, vooral in de start van de belichte teelt. Aanvankelijk werd gedacht dat dit extra arbeid zou kosten, maar al snel werd duidelijk dat arbeid die er bij het blaadje wegnemen in gestopt wordt, later bij bladplukken weer ruimschoots wordt gecompenseerd.

De trosontwikkeling in het begin is belangrijk voor de verdere ontwikkeling en doorkleuring tijdens de groei en rijping. Een hapering in de zetting en ontwikkeling van de vrucht in de week van zetting van de tros uit zich later in ongelijktijdige afrijping van de vruchten op de tros en daarmee heeft het een negatief effect op de productie en vruchtkwaliteit. Het risico op verschillen tussen planten is groter bij meer bladplukken.

# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Voor groei en productie van bloemen en groenten wordt uitgegaan van een Leaf Area Index (bladoppervlak per oppervlak bodem) groter dan  $3 \text{ m}^2/\text{m}^2$  om een optimale lichtonderschepping te krijgen. Uit praktijkervaring en modelsimulaties is bekend dat het belangrijk is hoe deze LAI tot stand is gekomen. Een open gewas zou gunstiger zijn voor de lichtbenuttingsefficiëntie. In de tomatenteelt wordt bij veel rassen als standaard behandeling het weghalen van een blad in de kop gedaan, met als belangrijkste reden dat de plant dan geen energie in dit blad hoeft te investeren, maar deze energie kan gebruiken voor de aanmaak en uitgroei van vruchten. Uit het onderzoek met diffuus glas komt naar voren dat ook een betere lichtverdeling over bladeren gunstig is voor de totale gewasfotosynthese en -productie. Een open gewasstructuur is daarbij gunstig voor de lichthoeveelheid die op de vruchten valt en meer licht op de vrucht lijkt gunstig te zijn voor de snelheid van afrijping en vruchtstevigheid. De ervaring dat onder diffuus glas door de gewasreactie een sterkere generatieve groei ontstaat, suggereert dat de stengeldichtheid verhoogd kan worden onder diffuus glas. Een hogere stengeldichtheid leidt weer tot een minder open structuur.

In de praktijk wordt naar een bepaald planttype – generatief, met een gelijke bladverdeling die niet de afrijpende vruchten bedekt – gestreefd. De vraag is of deze praktijkervaring de beste oplossing is. De ervaring is ook dat een schraal ogend gewas een goede productie kan leveren. Bij Wageningen UR leverde in het belichtingsonderzoek van 2012-2013 het gewas in de afdeling met alleen SON-T belichting een goede productie, terwijl het gewas op het oog er altijd het minste bijstond en er het meeste blad weggenomen moest worden vanwege aangetaste bladranden. Ook in de praktijk geven schrale gewassen veelal hoge producties.

De bouw van de plant wordt bepaald door gewas, watergift, nutriënten, onderstam, planttype en klimaat. Menselijk ingrijpen zoals bladwegnemen, trossnoei, indraaien, oogsten, bladplukken, stengels bijmaken zijn volgend op het resultaat van het natuurlijke ontwikkelingsproces. Stap 1 is dus het natuurlijke proces zo sturen dat we een gewenste plant krijgen die in stap 2 zo nodig door menselijk handelen nog beter in vorm is te krijgen. In de winter moet er een gewas staan dat optimaal profiteert van het licht en dat naar de zomer toe goed blijft groeien. Voor het onderzoek dat in dit verslag wordt beschreven gebruiken we de titel: **Het Nieuwe Gewas** omdat we op zoek gaan naar de gewasopbouw die optimaal bijdraagt aan de doelstelling van energie-efficiënt en dus energiezuinig produceren.

Het nieuwe gewas maakt voldoende stevige stengels en trosstelen en vruchten met veel droge stof, het blad is dun en "goed" verdeeld, zodat elk blad een hoog rendement heeft voor de fotosynthese en maximaal bijdraagt aan de ontwikkeling van vruchten.

Als de glastuinbouwsector minder groeilicht wil gaan gebruiken dan zal bij gelijke productie de efficiëntie van het gebruik van het licht door de plant omhoog moeten. De vraag is hoe dit is te bereiken.

Deze vraag kan worden omgezet in een aantal gerichte vragen:

- Welk blad moet welke hoeveelheid licht onderscheppen? De bovenste bladeren hebben in metingen de hoogste maximale fotosynthese, maar bij assimilatiebelichting is de lichtintensiteit niet zo hoog dat deze maximale fotosynthese wordt benut. Is het dan toch gewenst dat deze bladeren het grootste deel van het licht opvangen of moeten juist de lagere bladeren meer van het beschikbare licht onderscheppen?
- In hoeverre past een blad zich aan de lagere lichtniveaus die dieper in het gewas heersen aan? Dus zijn bladeren lager in een opener gewas efficiënter dan bladeren onderin een dicht gewas?
- Hoeveel licht moet dit blad onderscheppen? Met de vraag welk blad moet licht onderscheppen hangt samen de vraag hoeveel licht dat blad moet ontvangen en onderscheppen.
- Hebben bladstructuur en bladstand effect op de lichtabsorptie, reflectie en transmissie?
- Wat is het effect van licht op de vrucht?
- Wordt door een open gewasstructuur de verdeling van assimilaten tussen blad en vrucht gewijzigd?

De eerste algemene hypothese voor dit onderzoek is dat met een open gewasstructuur en een lagere LAI van ca. 2 toch een goede lichtbenutting en hogere lichtbenuttingsefficiëntie is te bereiken vergeleken met een normale gewasstructuur en een LAI die bij een volgroeid gewas ongeveer 3 is.

Deze hypothese is gebaseerd op de volgende veronderstellingen. Een open gewas met een lagere LAI heeft in vergelijking met een gewas met een normale gewasstructuur waarbij de LAI van een volgroeid gewas ongeveer 3 is een hogere lichtbenuttingsefficiëntie voor de fotosynthese. Ook al is de lichtonderschepping iets lager, zorgt dat toch voor een hogere gewasfotosynthese. Het aanhouden van minder blad leidt tot een lagere onderhoudsademhaling en een hogere beschikbaarheid van assimilaten voor de vruchten en dit totaal leidt tot een hogere productie bij een open gewasstructuur bij een lagere LAI dan bij een normale gewasstructuur waarbij de LAI van een volgroeid gewas ongeveer 3 is.

Dit effect geldt niet alleen voor het assimilatielicht maar ook voor het natuurlijke licht dat daarmee efficiënter wordt gebruikt.

Deze hypothese kan opgedeeld worden in een aantal aspecten:

- Als van een segment (tros plus drie bladeren) een of twee bladeren worden weggehaald, strekken de resterende bladeren zo dat dit nauwelijks effect heeft op de bladoppervlakte per segment.
- Als er meer bladeren geplukt worden (opener gewas) dringt het licht dieper door in het gewas en krijgen lager gelegen bladlagen meer licht.
- In een opener gewas is de fotosynthese van een lager gelegen blad hoger dan in een dicht gewas.
- In een opener gewas is dan ook de bijdrage van de lager gelegen bladlagen aan de gewasfotosynthese groter dan in een dicht gewas, waar voornamelijk de bovenste bladeren bijdragen aan de gewasfotosynthese, en is de totale gewasfotosynthese hoger.
- In een opener gewas gaan er naar verhouding meer assimilaten naar de vruchten (en wortels) dan in een gesloten gewas, omdat het aandeel assimilaten in de bladeren kleiner wordt.

De tweede hypothese is dat een verandering van de gewasstructuur tot minder gewasverdamping leidt. De hoeveelheid energie die tijdens het stookseizoen gebruikt moet worden voor het verdampen van het water en vervolgens de vochtbeheersing, wordt daarmee lager. Bij een betere beheersing van de luchtvochtigheid neemt het risico op schimmelaantasting af. Wanneer minder verdampt en minder gelucht wordt, wordt het rendement van de gedoseerde CO<sub>2</sub> ook hoger omdat minder CO<sub>2</sub> verloren gaat via de ramen.

Uit het onderzoek in de Venlow Energy kas en de Sunergie kas komt naar voren dat een hoge luchtvochtigheid in de nacht niet nadelig hoeft te zijn voor het gewas en productie. De vraag is of er door verschillen in LAI in de winter, bij lage buitentemperaturen, verschillen ontstaan in luchtvochtigheid die effect hebben op de ontwikkeling van het gewas zoals extra strekking van het blad.

Een open gewasstructuur moet ook bijdragen aan een betere warmteverdeling in het gewas. Hierdoor zal de vrucht uitgroeit regelmatig zijn, waardoor trossen minder lang aan de plant blijven hangen, wat gunstig zou moeten zijn voor de uniformiteit.

Uit onderzoek is bekend dat het ongeveer 30 minuten duurt voordat de fotosynthese bij het aanzetten van assimilatiebelichting op normale sterkte is. Voor energiebesparing is het daarom vereist dat de belichting in fases kan worden aangeschakeld.

## 1.2 Doelstelling

Toetsen van de hypothese of een open gewasstructuur in combinatie met een LAI van ca. 2 een hogere lichtbenuttingsefficiëntie geeft dan een normale gewasstructuur.

Toetsen van de hypothese dat bij een betere lichtbenuttingsefficiëntie van 10% en bij een gelijke productie 10% op de assimilatiebelichting kan worden bespaard, en dat door de lagere verdamping 5 % op warmte input kan worden bespaard.

Het project moet uiteindelijk leiden tot praktische kennis voor een betere lichtbenutting in de belichte en onbelichte teelt bij hoog opgaande groentegewassen.



## 1.3 Begeleiding

Het onderzoek is begeleid door een commissie van telers en adviseurs, onder voorzitterschap van LTO-Glaskracht. Deze kwamen om de 6 weken bijeen. Voor de teeltuitvoering kwam een teler praktisch elke week de proef bezoeken.

Bij de vergaderingen van de begeleidingscommissie is gelijktijdig gesproken over de ontwikkelingen in het project 'Optimalisatie lichtbenutting in de winterperiode' van Proeftuin Zwaagdijk.



## 2 Proefopzet en metingen

Het onderzoek is uitgevoerd met tomaat in een belichte teelt. Voorafgaande aan de teelt was een opzet gemaakt met een belichtings- en energieplan. In deze opzet was uitgegaan van drie behandelingen, waarbij in de meest extreme behandeling per tros slechts 1 blad zou worden aangehouden. In overleg met de begeleidingscommissie zijn de behandelingen aangepast naar bladplukstrategieën waarbij één blad per tros of in verschillende mate één of twee bladeren per tros werden geplukt (Tabel 1).

Tabel 1  
*Behandelingen.*

Behandeling	Bladplukken	Bladeren per tros	Volgroeide bladeren per stengel	Afdeling
Standaard	33 %	2,2,2	12	6.08
Open gewas	44 %	2,1,2	10	6.09
Zeer open gewas	55 %	2,1,1	8	6.07

De behandelingen zijn gestart begin november 2014 en de hele teelt volgehouden. In de begeleidingscommissie is regelmatig discussie gevoerd over het stopzetten van de extreme mate van bladplukken, maar voor de proefuitvoering is het wel doorgezet tot het einde van de teelt.

Het bladplukken van oudere bladeren is in alle behandelingen op een gelijke hoogte van trosnummer gedaan, zodat er per stengel een verschillend aantal volgroeide bladeren aanwezig was.

### 2.1 Teelt

#### 2.1.1 Teeltcondities

Locatie	Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk
Kasafdelingen	Afdelingen 6.06, 6.07 en 6.08
Oppervlakte	afdelingen 144 m <sup>2</sup> ; lengte 15 m, breedte 9.6 m. Kolomhoogte 5.50 m met doorlopende nokluchting
Klimaatcomputer	Hoogendoorn ISII
Ras:	Brioso (RijkZwaan) geënt getopt op Maxifort
Zaaidatum:	18 augustus 2014
Plantdatum:	10 oktober 2014
Stengeldichtheid:	Plantdichtheid 2.5 stengels.m <sup>-2</sup> met twee stengels per plant, half december (week 50) naar 3.13 stengels.m <sup>-2</sup> en half januari (week 4) naar 3.75 stengels.m <sup>-2</sup>
Trossnoei:	Eerste tros op 10 vruchten, daarna afhankelijk van trosontwikkeling met een maximum van 9 vruchten
Goot:	30 cm boven de grond
Gewasdraad:	4.45 m boven de grond
Substraatmat:	Cultilene excellent, afmetingen 100 x 15 x 7.5 cm
Scherm:	Energiescherm (Luxous 1347FR) en lichthinderscherm (Obscura 9950 FR W 99.5%), beide van Svensson
Glas:	Diffuus glas met hemisferische transmissie van 83.6% en haze factor van 73% (DA glas)
Belichting:	240 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> SON-T Master GreenPower Plus TD (efficiency 1.9 μmol.J <sup>-1</sup> ) Lichtplan van Hortilux Schröder
Lampen:	12 HSE-NXT2 lampen met Beta reflector en 6 HSE-NXT2 lampen met asymmetrische reflector

Lamp hoogte: 4.70 m boven de grond  
Verwarming: Buisrailnet (51 mm) en groeibuis (35 mm)  
CO<sub>2</sub> dosering: Het setpoint voor de CO<sub>2</sub> concentratie -Mass flow controlled- (<500 ppm max dosering - >625 ppm dosering stopt)  
Einde experiment: 31 augustus 2015

### 2.1.2 Plantenziektes en gewasbescherming

De gewasbescherming is zoveel mogelijk gebaseerd op biologische bestrijding. Er zijn gele plaklinten gebruikt tegen de witte vlieg. In juni en juli zijn er bestrijdingen uitgevoerd tegen witte vlieg met Oberon. Op 13 oktober 2014 zijn de planten besmet met verzwakt virus PMV-01 (DCM-Nederland).

Net na de start van de proef zijn er bestrijdingen uitgevoerd tegen rupsen (Fame), tot eind december 2014 is deze bestrijding nog viermaal uitgevoerd. Er is in november 2014 eenmaal een bestrijding uitgevoerd tegen de tomatenmineermot (Tuta absoluta).

In maart is in de standaard kas botrytis op de bladpunten waargenomen. Hier is geen behandeling voor uitgevoerd. Er zijn geen problemen met de gewasgezondheid geweest die de resultaten van het experiment hebben beïnvloed.

## 2.2 Metingen

### 2.2.1 Registratie kasklimaat

Het gerealiseerde klimaat in de afdelingen werd elke 5 minuten geregistreerd met een Hoogendoorn klimaatcomputer. Daarbij werden de kasluchttemperatuur, planttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, CO<sub>2</sub> concentratie, raam- en schermstanden, PAR straling in de kas en globale straling buiten de kas gemeten en opgeslagen.

Verder werden met 2 meetboxen de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid onder in het gewas en boven in de kas gemeten. Deze gegevens werden eveneens per 5 minuten opgeslagen.

### 2.2.2 Lichtmetingen van de kas

#### 2.2.2.1 Lichttransmissie van de kas

Op 6 oktober 2014 is de transmissie van de kas bepaald door PAR metingen van LICOR puntsensoren (LI 190). Eén meter stond om de twee seconde buiten te loggen en de ander binnen. De binnenmeting is uitgevoerd op 50 cm onder de gewasdraad. Door de metingen van buiten en binnen te vergelijken met de globale straling buiten, werd de transmissie van de kas bepaald.

#### 2.2.2.2 Lichtverdeling van de lampen

Op 10 november 2014 is de lichtverdeling in de kas onder brandende lampen gemeten door in het horizontale vlak lichtmetingen uit te voeren met een LICOR puntmeter (LI 190). De metingen zijn op 60 cm onder de gewasdraad gedaan boven elke carousel met een onderlinge afstand van 50 cm. De hoogte onder de gewasdraad is ongeveer op de kophoogte van een volgroeid gewas.

### 2.2.3 Waterverbruik en voedingsopname

De watergift is berekend aan de hand van de druppelcapaciteit en -tijden. Op basis hiervan in combinatie met de drain is de hoeveelheid water benodigd voor de groei en verdamping van de hele afdeling geschat.

#### 2.2.4 Energie- en elektriciteitsgebruik

Het aantal branduren van de lampen is geregistreerd in de klimaatcomputer. Het elektriciteitsverbruik van de SON-T is berekend aan de hand van de specificaties van de lampen en het oppervlak van de afdelingen. Het geïnstalleerde vermogen van de SON-T was  $129 \text{ W.m}^{-2}$ . De belichting kon in alle afdelingen in drie stappen worden geschakeld. Het geïnstalleerde vermogen per module was  $43 \text{ W.m}^{-2}$ .

## 2.3 Plantregistraties

### 2.3.1 Gewasgroei

De gewasgroei is wekelijks in alle behandelingen gemonitord door per behandeling de volgende parameters te registreren:

- Lengtegroei.
- Plantlengte cumulatief.
- Kopdikte.
- Bladlengte.
- Trosbloei.
- Bloeisnelheid.
- Aantal gezette vruchten.
- Plantbelasting.

### 2.3.2 Productie

Bij de oogst werd per oogstdatum het netto gewicht van de geoogste trossen bepaald van drie carrouzels (dubbele rijen) per behandeling. Van een van deze carrouzels en van twee meetvelden werd per oogstdatum het aantal trossen en het aantal vruchten geteld en het totaal vers gewicht bepaald, daaruit is het gemiddeld vruchtgewicht berekend.

### 2.3.3 Vruchtkwaliteit

Maandelijks zijn tijdens de teelt smaakmetingen aan circa 30 tomaten bij alle behandelingen verricht. Hierbij zijn metingen uitgevoerd met behulp van een digitale refractometer en de Instron druktrembank. Met dit laatste apparaat is de stevigheid van de vruchtwand gemeten. Aan de hand van de gegevens is de smaak berekend met behulp van het smaakmodel ontwikkeld door Wageningen UR Glastuinbouw.

Daarnaast is op 27 maart en 27 mei aan dezelfde vruchten per behandeling het vitamine C gehalte gemeten. De houdbaarheid in dagen werd bij tomaten afkomstig uit alle behandelingen regelmatig bepaald. De bewaring vond plaats bij een temperatuur en RV van respectievelijk  $20^{\circ}\text{C}$  en 80%.

### 2.3.4 Plantstructuur en drogestofgehaltes

Vijftien keer is een aantal geoogste vruchten gedroogd in de droogstoof bij  $80^{\circ}\text{C}$  om het droge stof percentage van de rijpe vruchten te bepalen.

Wekelijks werd bij het bladplukken de hoeveelheid geplukt blad en het droge stof gehalte van dit blad bepaald.

Tijdens de teelt zijn er maandelijks 3 planten per behandeling uit de afdelingen verwijderd en destructief geoogst. De planten werden verdeeld in segmenten (tros + steel + blad). Per segment werd een scheiding gemaakt in blad (1 of 2 en bij het bovenste segment mogelijk meer), steel, trossteel en vruchten. Eventuele dieven werden apart geregistreerd. Per deel zijn de volgende parameters genoteerd:

- Per blad - Bladlengte en maximale bladbreedte, aantal bladschijven met bladsteel en zonder.
- bladsteel, bladoppervlak, vers gewicht en drooggewicht.
- Stengel - Lengte segment, vers gewicht en drooggewicht.
- Trossteel – Versgewicht en drooggewicht.
- Vruchten – Aantal, vers gewicht eerste 4 vruchten van een tros, vers gewicht overige vruchten, drooggewicht eerste 4 vruchten van een tros, drooggewicht overige vruchten.
- Het topsegment - Aantal bladeren, bladoppervlak (de kop boven de zichtbare tros die nog niet bloeit is als één stuk behandeld), vers gewicht blad, vers gewicht steel, drooggewicht blad, drooggewicht steel.
- Dieven – Lengte, bladoppervlak, vers gewicht, drooggewicht.

### 2.3.5 Fotosynthesemetingen

Tijdens de proef is de netto bladfotosynthese gemeten in december 2014, februari en mei 2015.

De netto bladfotosynthese werd gemeten met een draagbare fotosynthesemeter (Licor 6400) aan bladeren op verschillende hoogtes in het gewas. Voor de bovenste bladlaag werd gemeten aan het bovenste bijna volgroeide blad, dat niet beschaduwd werd door hoger gelegen bladeren. Voor de middelste bladlaag werd gemeten 40 cm onder het bovenste blad. Voor de onderste bladlaag werd gemeten aan bladeren 80 cm onder het bovenste blad. De fotosynthesemeter meet de CO<sub>2</sub> concentratie en de dampspanning van de lucht die de bladkamer binnenkomt en uitgaat. Op basis van het verschil in CO<sub>2</sub> concentratie wordt de netto fotosynthesesnelheid ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) berekend. Op basis van het verschil in dampspanning worden verdamping en stomataire geleidbaarheid berekend.

De lichtresponscurves van bladeren op de drie verschillende hoogtes in het gewas in alle behandelingen werden gemeten. Hiervoor werden lichtniveaus aangelegd tussen 0 en 1500  $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Er werd gemeten bij een CO<sub>2</sub> concentratie van 700 ppm, een temperatuur van 23°C en een dampdrukdeficit van 0.8 - 0.9 kPa.

### 2.3.6 Lichtonderschepping

#### 2.3.6.1 Lichtverdeling in het gewas

De lichtverdeling in het gewas werd continu gevolgd door midden tussen twee gewasrijen een reeks van 6 lijnsensoren te installeren van boven naar beneden (Apogee-sensoren, SQ-311) op een onderlinge afstand van 77 cm. De laagste sensor zat net boven de splitsing van de plant op 27 cm vanaf mat. De hoogste sensor hing net boven de gewasdraad.

#### 2.3.6.2 Lichtonderschepping door het gewas

Om de lichtonderschepping door het gewas te bepalen werd de lichtverdeling in het gewas gemeten op verschillende hoogtes boven de kop van het gewas tot net boven de groeibuis met een Sunscan. De metingen werden uitgevoerd op 13 juli 2015 bij bewolkt weer.

#### 2.3.6.3 Lichtspectrum tussen het gewas

In maart 2015 zijn de lichtspectra opgenomen tussen het gewas met een Jaz spectrometer (Ocean Optics). De spectra zijn in drievoud opgenomen op de corresponderende hoogte van de onderste vier Apogee- sensoren in het gewas, onder alleen lamplicht en onder daglicht. Aan de hand van de resultaten zijn de Rood : Verrood verhoudingen van het licht op verschillende hoogte berekend.

### 2.3.7 Suiker- en zetmeelanalyses

Op 31 maart 2015 zijn monsters genomen om glucose, fructose, sucrose en zetmeel te bepalen. De monsters zijn genomen op twee tijdstippen op de dag ('s morgens om 9:00 uur en 's middags om 16:00 uur).

### 3 Gewasbeoordeling

Voor de beschrijving van de teelt is een samenvatting van het verloop gemaakt. Deze is gebaseerd op de gewasbeoordeling volgens de verslagen die van de BCO-bijeenkomsten zijn gemaakt, en bevat enkele quotes uit deze bijeenkomsten.

#### Oktober

Er is gestart op vrijdag 10 oktober met goede planten met een goede bloei. Eind oktober is begonnen met de behandelingen. De plant heeft dan ca. 4 trossen aangelegd.

#### November

De planten staan er begin november nog sterk bij. In de loop van de maand moet er steeds meer belicht worden om voldoende lichtsom per dag te realiseren. De oudere bladeren worden op een gelijke hoogte van trosnummer geplukt. Hierdoor zullen er ongeveer 12 (Standaard), 10 (Open) en 8 (Zeer Open) grote bladeren per stengel zijn.

De hommels in de open behandeling vliegen niet goed. Daarom is er getikt, maar er is ook wat miszetting.

#### December

Het gewas in de standaard behandeling oogt vrij vol, vegetatief met vrij zacht blad. Het klimaat voelt wat vochtig aan. Om de temperatuur te halen is het scherm begin december overdag enkele dagen grotendeels dicht geweest. Dit is voor de hommels niet goed.

*Open gewas:* Klimaat voelt minder benauwd aan, maar in VD weinig verschil met standaard afdeling.

Later in de maand voelt het drukkend warm aan in de kas. Dit wijst op een hoge luchtvochtigheid in de kas.

Eind van de maand heeft vooral het gewas in de standaard behandeling een vegetatieve stand met sterke, maar wat bleke kop. Naarmate er in de behandelingen meer klein blad wordt weggenomen, heeft het overblijvende blad meer verschijnselen die lijken op Mg-gebrek.

Er is een lichte storing (onregelmatigheid) in de ontwikkeling binnen de tros die bloeide rond 1<sup>e</sup> oogst. Enkele bloemen zijn niet goed gezet.

De nieuwe trossen in het zeer open gewas, zijn aan het eind van de maand nog steeds krachtig.



Standaard



Zeer Open

**Figuur 1** Openheid van het gewas op 4 december 2014 in de standaard behandeling en de zeer open behandeling. (Het verschil in openheid is met het oog altijd te zien geweest, op een foto dit verschil goed vastleggen is veel moeilijker).

## Januari

*Standaard:* Kas met goede tomaten, goede kop en zetting. Heeft meestal de meeste bloemknoppen per tros, dus moet het meest worden gesnoeid.

*Open:* Ook goede gewasstand, veel herstel te zien, vruchten in punten van tros zijn grof. Wel is te zien dat de 2 à 3 weken geleden ontstane tros wat minder is, waarschijnlijk door lichtgebrek.

*Zeer open:* In deze kas staan er mindere planten tussen. In deze kas zijn de plantverschillen het grootst. Het gewas staat minder krachtig en het onderste blad is het meest gelig gevlekt. De laatste weken is te zien dat meer bladplukken ook korter blad en een dunnere stengel betekent. Staat vooral aan het eind van de maand het meest generatief.

*Algemeen:* 55% blad verwijderen lijkt nu wat teveel van het goede: dit gewas zal waarschijnlijk straks productie in gaan leveren. Vruchten worden fijner.

Met 10 à 11 trossen is het aantal trossen aan de plant aan de hoge kant: het streven is 9. Oogstsnelheid is echter gelijk aan aanmaak. Er wordt toch veel met groeibuisje gestookt en omdat we maximaal 13 uur belichten, moet er in de rest van de tijd soms ook flink worden gestookt.

Zwakkere trossen worden bij alle behandelingen al enkele weken op 9 gesnoeid.

Voor de grofheid blijkt beugelen belangrijk: eventuele kniktrossen vallen in gewicht tegen.

*Algemeen:* Om minder te hoeven stoken tijdens de nacht zou de belichting voor een deel eerder aan moeten. 2/3 van de belichting zal nu 1.5 uur eerder worden aangezet en 1/3 gedeelte 3 uur naar achteren schuiven t.o.v. voorheen.

## Februari

Begin van de maand

*Standaard:* "Het gewas staat er fantastisch bij". Zou mogelijk iets hoger in de kop mogen bloeien. Neemt punten van trossen qua grootte goed mee; trossen zijn in het algemeen plat. Het gewas in deze kas lijkt steeds meer het optimale te benaderen.

*Open:* Het gewas staat iets minder dan bij de standaard. Dieven hebben het moeilijker, wat te zien is in het aantal bloemetjes in de jongste trossen. Als gevolg van minder spontane zetting zullen er in de toekomst hier meer groene vruchten worden geoogst. Het gewas oogt van bovenaf gezien wel mooi.

*Zeer open:* Duidelijk verschil met gewas in andere kassen. De dieven hebben het moeilijk; onderlinge plantverschillen worden groter. Gewas oogt nu van boven grateriger dan voorheen. Hier hangen de meeste kleinere trossen aan. Trossen zijn ook minder plat dan in standaardkas.

## Maart

*Standaard:* Goede groei, wel oogt het gewas erg vol en staat het te vegetatief. De bladpunten zijn gevoelig voor Botrytis. Om gewas meer generatieve richting op te sturen, zijn er in week 11 nog 3 bladeren halverwege de plant eruit gehaald. Half maart sterke kop en trossen.

*Open:* Gewas is duidelijk opener, plant heeft genoeg blad, trosje lijkt echter minder dan in de standaard behandeling. Blad is niet aangetast door Botrytis.

*Zeer open:* Gewas is de laatste weken erg opgeknapt, goede bladkwaliteit en geen Botrytis. De trosjes zijn gelijk aan de open behandeling. Het vruchtgewicht is de laatste weken iets hoger dan in de andere behandelingen. Er wordt wel meer vruchtsnoei toegepast en planten hebben ook de laagste belasting.

## April

*Standaard:* De trossen blijven mooi uniform qua grootte, ook in de 'buik' van het gewas. De tros die in week 13 gezet is, is zwak en dun als gevolg van te weinig instraling. Eind april staat het gewas eigenlijk te vegetatief met stekkerige trossen.

*Open:* De trossen zijn minder uniform als in de standaard behandeling blad weghalen, daarnaast zijn er sommige stengels die meerdere zwakke trossen hebben. Eind april staat het gewas hier het best.

*Zeer open:* In de 'buik' van dit gewas zijn de trossen het meest ongelijk en kleiner. Hier heb je soms trossen die geen 10 tomaten hebben omdat de kop van de plant hiervoor te zwak is. Toch lijkt het erop dat dit gewas tijdens de periode met weinig licht hier het beste mee om is gegaan!



## Mei

*Standaard:* De stand van het is gewas de laatste weken van mei verbeterd : donkerder kleur kop, meer kracht in kop, sterkere trossen met goede zetting. Wel halverwege/onderin veel kniktrossen. Aan plant 12 à 13 bladeren.

*Open:* Gewas toont mooi, niet te open en ook hier is kwaliteit verbeterd. Onder in het gewas worden nog wel enkel kniktrossen waar genomen. Aantal bladeren aan plant ca. 10 à 11, wat genoeg lijkt te zijn. Aantal vruchten aan tros 9 à 10, trossen worden nog niet groter, goede zetting.

*Zeer open:* Gewas is ook krachtiger geworden, aantal vruchten aan tros vergelijkbaar met open behandeling.

## Juni

*Standaard:* Een mooie kas tomaten met mooie trossen die niet meer knikken en goed doorkleuren. De kop van de plant is ook mooi en paars dus heeft nog kracht over en de tros die nu zet is mooi generatief.

*Open:* Ook in deze kas onderaan de plant mooie tomaten. Wel valt op dat sommige tomaten in de tros niet goed gezet zijn, of de oorzaak hommels zijn of wat anders is lastig te verklaren. Deze kas heeft 20% mindere planten hoewel deze planten wel strekken en voldoende bladlengte hebben.

*Zeer open:* 50 % van de planten nu een mindere groei (stengeldikte), hoewel de planten wel normaal strekken en bladlengte hebben. De trossen die nu zetten zijn kleiner.

In de 2<sup>e</sup> helft van juni wordt de kop door de snelle ontwikkeling wat zwakker en de komende tijd als het buiten warmer wordt kun je niet meer goed sturen. We hebben wat donkere dagen achter de rug en daar hoort een lagere etmaaltemperatuur bij.

In standaard en open kas is de zetting nog goed. In de zeer open kas zijn er enkele planten met problemen.

In de zeer open kas staat echt een open gewas. Daardoor minder blad beschikbaar voor handhaven klimaat.

## Juli

Geconstateerd werd dat de standaard afdeling er het beste bij stond. De open afdeling heeft wat zwakke planten. De zeer open afdeling had lepelvormig blad. Mindere zetting en miskleuring van de vruchten. Zeker op kniktrossen. De hittegolf en de warme dagen eind juni/begin juli heeft het gewas kwalitatief geen goed gedaan. We zijn hier over de grens van het toelaatbare heen gegaan.

Het gewas heeft zich nog wel redelijk gehouden, het is niet helemaal afgebrand, maar het is kwalitatief niet te accepteren. Vruchten waren vlekkerig van kleur.

15 juli is in alle afdelingen een kleine top uit het gewas gehaald. Er bleven daarbij nog 2 bladeren boven de tros zitten.

Eind juli: Nu de kop uit het gewas is en de zetting afgerond moet de etmaaltemperatuur op 21-22°C gaan komen. De etmaaltemperatuur is de afgelopen dagen (25-31 juli) te laag en wordt de vrucht te grof.

De zetting in de standaard kas is goed, in het open gewas ca 10% miszetting van trossen en in de zeer open kas wel 30% miszetting is de schatting.

Wat ook opvalt zijn de groene punten aan de trossen.

**Samenvattend:** De start van de teelt was goed, met duidelijke verschillen in gewasontwikkeling tussen de behandelingen. Het gewas in de standaard afdeling werd veelal beoordeeld als te vegetatief. Tot begin januari werden de planten in de zeer open kas en de open kas als goed ontwikkeld beoordeeld. Daarna kwamen in de zeer open behandeling de grootste verschillen tussen de planten naar voren. Dit gewas werd vanaf februari als kwalitatief het minst goed ontwikkeld beoordeeld. In de zeer open kas was de doorkleuring op de tros, na januari iets minder goed. Er kwamen in de zeer open kas meer groene vruchten aan het eind van de tros. In de zomer had het zeer open gewas een te laag aantal bladeren, om een voldoende hoge luchtvochtigheid te handhaven.



# 4 Klimaat, Licht, Water en Energie

## 4.1 Gerealiseerd klimaat

### 4.1.1 Kasluchttemperatuur

Tijdens de teelt is er naar gestreefd om de kastemperatuur in alle afdelingen gelijk te houden. Dat is over de hele teelt heen goed gerealiseerd (Tabel 2 en Figuur 2 en Figuur 3). Ook de relatieve luchtvochtigheid kwam gemiddeld redelijk overeen. Er was geen grote temperatuurgradiënt of vochtgradiënt van boven naar beneden. In het verloop van de relatieve luchtvochtigheid kwam wel enig verschil voor (zie 4.1.3)

Overdag werd een temperatuur rond de 23°C aangehouden en nachts rond de 19°C bij belichting. De nachttemperatuur is tijdens de zomermaanden verlaagd om de gemiddelde etmaaltemperatuur te kunnen realiseren. In de donkerperiode daalde de temperatuur tot ca 15.5 °C in de eerste periode van 2015.

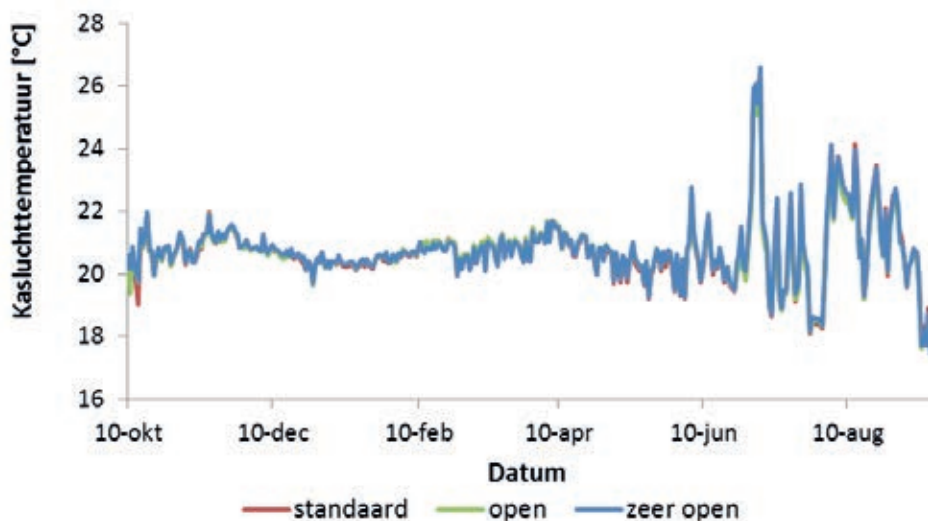
*Tabel 2*

*Gemiddelde temperatuur en luchtvochtigheid op 3 hoogten in de behandelingen. Regel is de meetbox waarop het klimaat is geregeld en deze hangt op kop hoogte. Boven in een meetbox boven het gewas en onder is een meetbox net boven de substraatmat.*

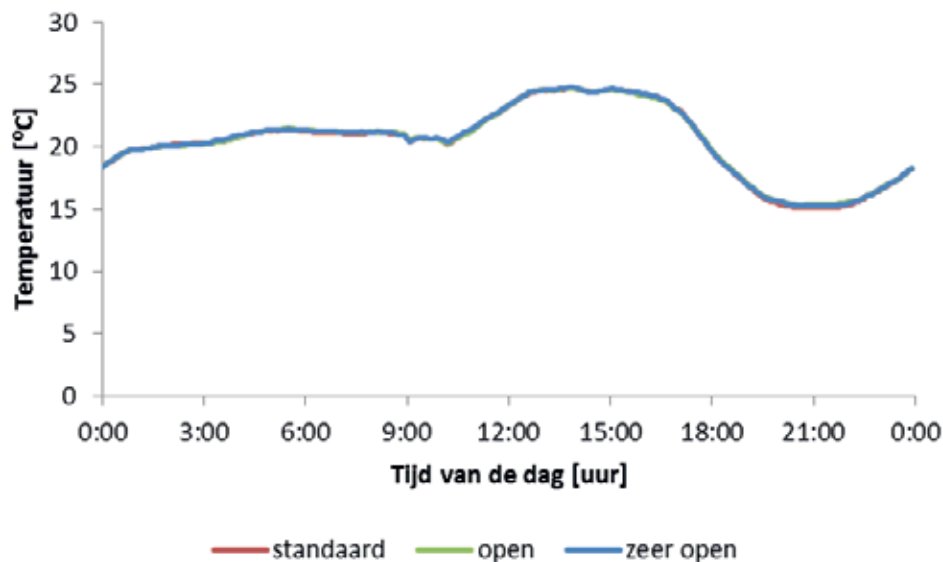
Afd	T regel	T boven	T onder	RV regel	RV boven	RV onder
Zeer open Afd 607	20.5	20.8	20.1	86.1	84.4	84.3
Standaard Afd 608	20.4	20.6	20.2	87.4	86.1	86.1
Open Afd 609	20.4	20.7	20.4	86.6	86.3	86.3

Figuur 2 geeft het verloop van de gemiddelde kasluchttemperatuur tijdens de proef. Daarin blijkt dat inderdaad de temperaturen nagenoeg gelijk zijn geweest. Begin juli was er sprake van een hoge buitentemperatuur, zodat het in de kas ook warm was.

In het belichtingsseizoen is de etmaaltemperatuur vrij constant met 20.5-21 °C. Ook het verloop binnen een etmaal was zeer gelijk tussen de behandelingen. In Figuur 3 wordt het gemiddelde verloop per etmaal in de eerste 6 weken van 2015 gegeven.



**Figuur 2** Verloop van de gemiddelde etmaaltemperatuur in de behandelingen tijdens de proef.

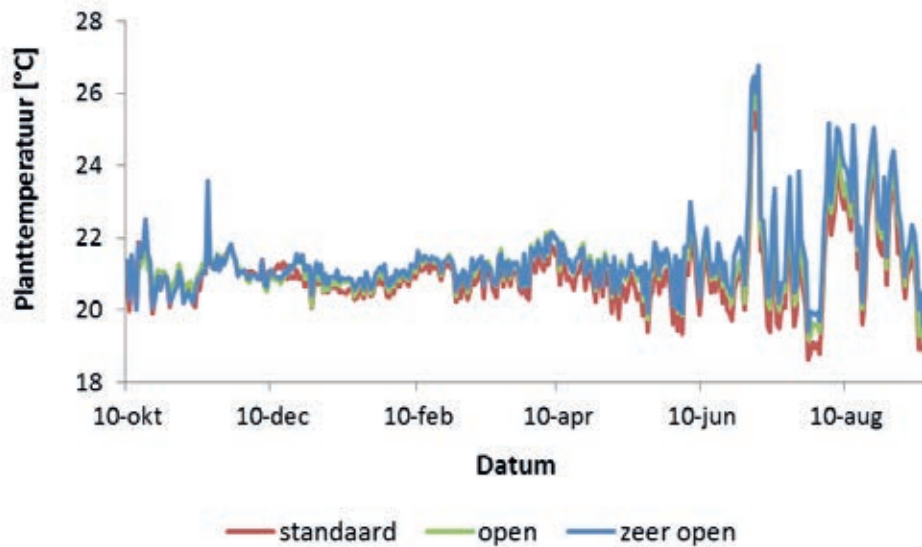


**Figuur 3** Verloop van de temperatuur over een etmaal tijdens de eerste 6 weken van 2015 in de behandelingen. (De lijnen vallen vrijwel helemaal over elkaar).

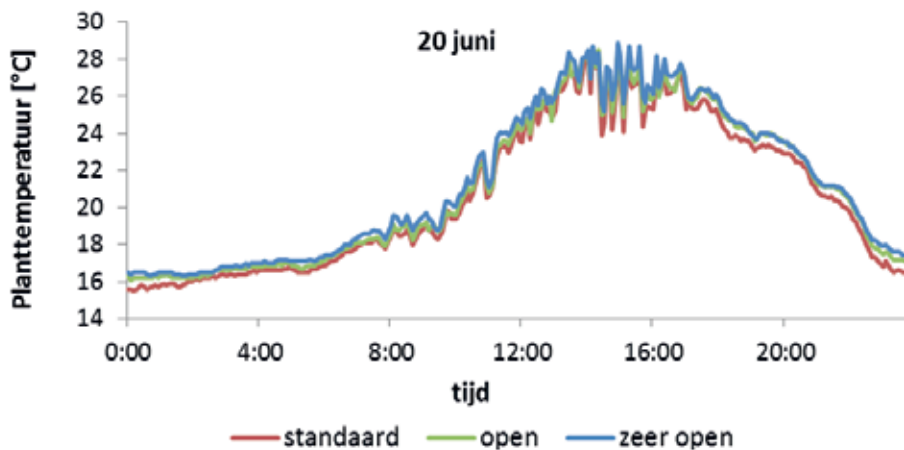
#### 4.1.2 Planttemperatuur

De planttemperatuur bij de behandelingen is in het begin van de teelt vergelijkbaar met elkaar (Figuur 4). Vanaf december 2014 is de planttemperatuur in de standaard kas steeds een 0.5 tot 1 °C lager dan de open behandelingen (Figuur 4 en Figuur 5). De verschillen zijn waarschijnlijk een gevolg van de mate van verdamping van het gewas. Daarbij kan in de standaard kas mogelijk meer bladoppervlak door de IR camera zijn gemeten ten opzichte van andere plantendelen en kasconstructie elementen. Dit vergroot het verschil in gemeten temperatuur. Een hogere verdamping leidt tot een lagere planttemperatuur.

In de zomermaanden liep de planttemperatuur in de zeer open behandeling wel 0.5 – 1.0°C hoger op ten opzichte van de andere behandelingen (Figuur 5). Dit wijst op een gebrek aan verdampend oppervlak en verdampend vermogen van het blad.



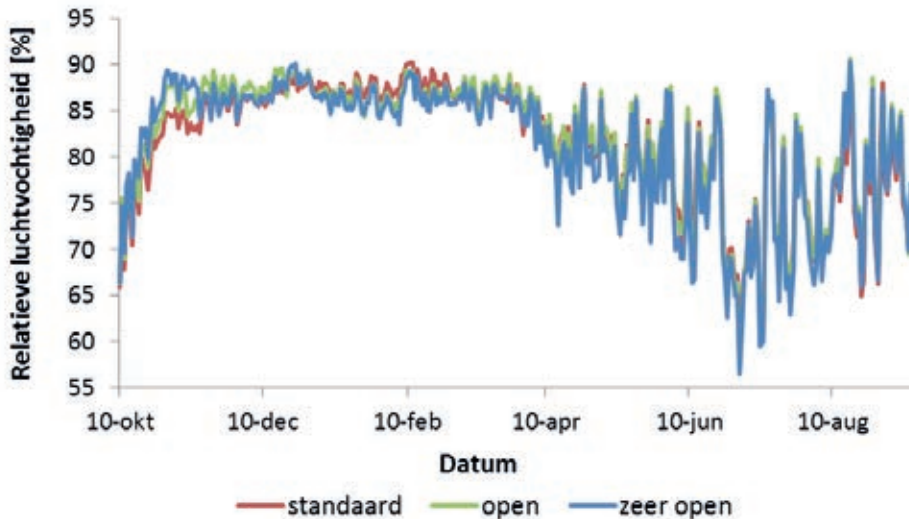
**Figuur 4** Verloop van de etmaal planttemperatuur in alle behandelingen.



**Figuur 5** Verloop van de planttemperatuur op 20 juni 2015.

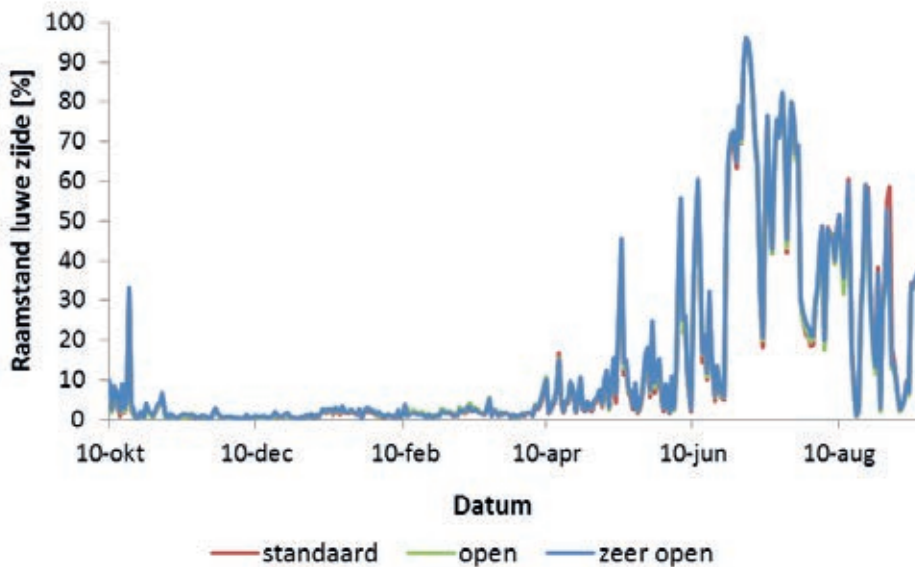
#### 4.1.3 Raamopening en relatieve luchtvochtigheid

In de eerste weken van de teelt lag de relatieve luchtvochtigheid in de open en zeer open behandeling 3 tot 5% hoger dan in de standaard afdeling (Figuur 6). In januari en februari is de relatieve luchtvochtigheid in de standaard afdeling juist steeds iets hoger. Het is niet duidelijk wat de oorzaak hiervan was. Het luchttingsregime was tijdens de teelt nagenoeg gelijk (Figuur 7). In de winter is gemiddeld zeer weinig geventileerd. Effecten van de kleine verschillen in luchtvochtigheid op de gewasgroei zijn nihil.



**Figuur 6** Verloop van de relatieve luchtvochtigheid.

Vanuit de begeleidingsgroep is geregeld gesteld dat er niet "luchtig" genoeg geteeld werd. Een strategie waarbij met meer ventilatie en een lagere luchtvochtigheid wordt geteeld is een strategie die ook een hogere warmtevraag tot gevolg heeft. Het gewas wordt dan wel gestimuleerd tot meer verdamping. Vooral de temperatuur bij de kop van het gewas kan daardoor dalen, wat leidt tot een iets tragere ontwikkeling. Dit zou moeten zorgen voor de ontwikkeling van iets sterkere trossen en een meer generatieve ontwikkeling. Dergelijke kleine verschillen in gewasontwikkeling zijn in onderzoeken moeilijk te bewijzen, omdat de ontwikkeling van de tros en de kop op dit detailniveau lastig is te beschrijven in getallen. Toch is dit wel een verschil dat voor de teeltprestatie belangrijk is. Een zwakke trosontwikkeling leidt tot dunnere trosstelen en een mindere opvolging van de vruchten binnen een tros.



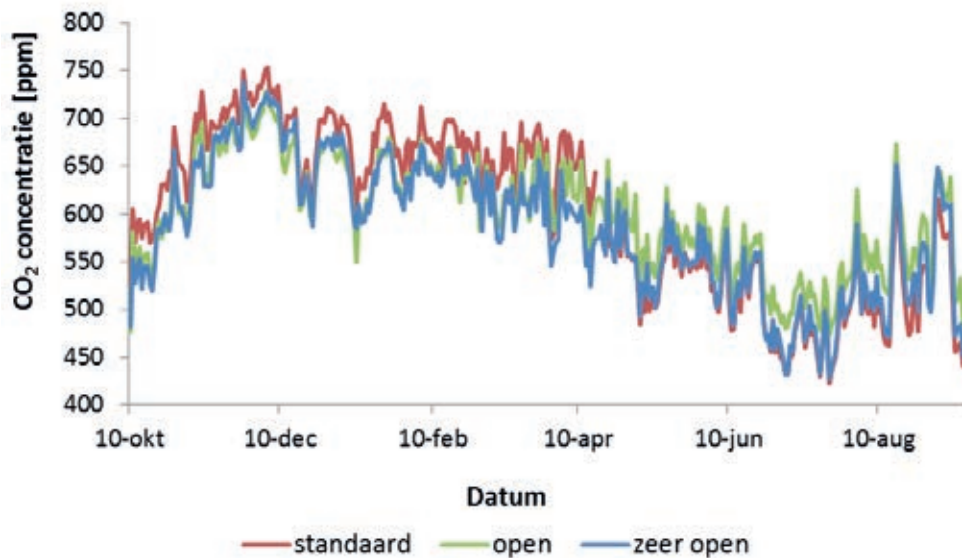
**Figuur 7** Verloop van de raamopening aan de luwe zijde.

#### 4.1.4 CO<sub>2</sub> concentratie

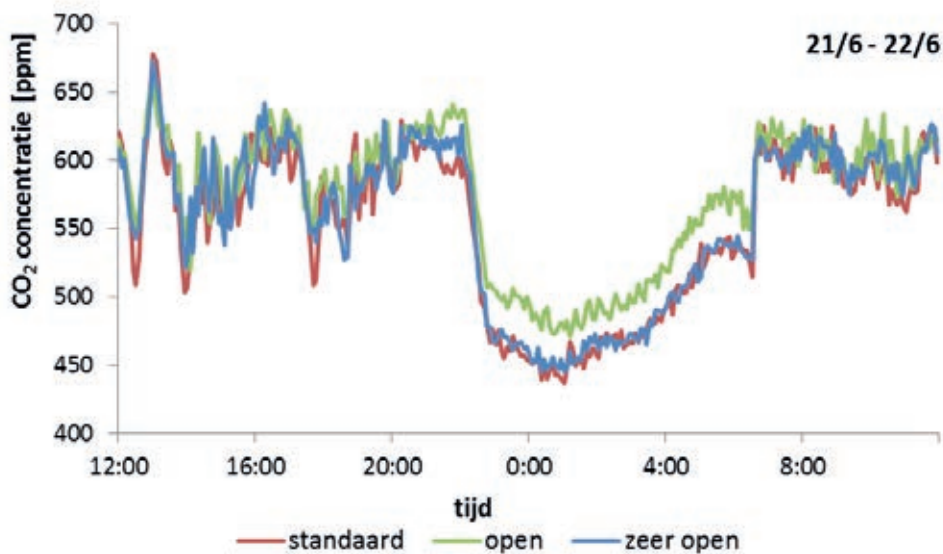
In Figuur 8 is het verloop van de gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie in de lichte periode tijdens de teelt te zien. Die is in de uren dat er assimilatielicht brandt of de zon schijnt redelijk vergelijkbaar tussen de afdelingen.

Alleen in de open afdeling wordt in de tweede helft van de teelt systematisch een iets hogere concentratie gemeten (Figuur 9). In die periode is de dosering in de open behandeling dan ook lager (Figuur 10). Dit lijkt met elkaar in tegenspraak, maar waarschijnlijk komt dit door het na verloop van tijd afwijken van de CO<sub>2</sub> sensor, met name bij een lage CO<sub>2</sub> concentratie. Als er een hogere concentratie wordt gemeten, regelt de CO<sub>2</sub> dosering dat er iets minder CO<sub>2</sub> gedoseerd wordt. Er ontstaat in de regeling een evenwicht tussen dosering en gemeten concentratie. Waarschijnlijk is de werkelijke concentratie in de open behandeling eerder lager dan hoger geweest ten opzichte van de andere twee behandelingen, maar helaas is er geen continue controle meting van de CO<sub>2</sub> beschikbaar, omdat de extra meetboxen voor temperatuur en luchtvochtigheid geen sensor voor CO<sub>2</sub> bevatten.

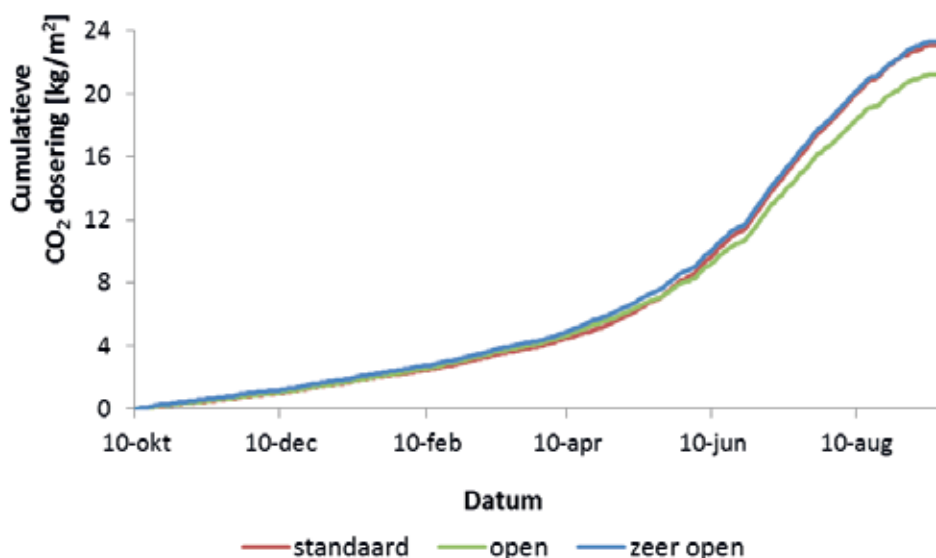
De verschillen in CO<sub>2</sub> zijn in het belichtingsseizoen verwaarloosbaar en hebben dan geen effect op de productie in het begin van de teelt. In die periode is licht de beperkende factor voor de groei.



**Figuur 8** Verloop van de gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie tijdens de teelt.



**Figuur 9** Verloop van de CO<sub>2</sub> concentratie van 21 op 22 juni 2015



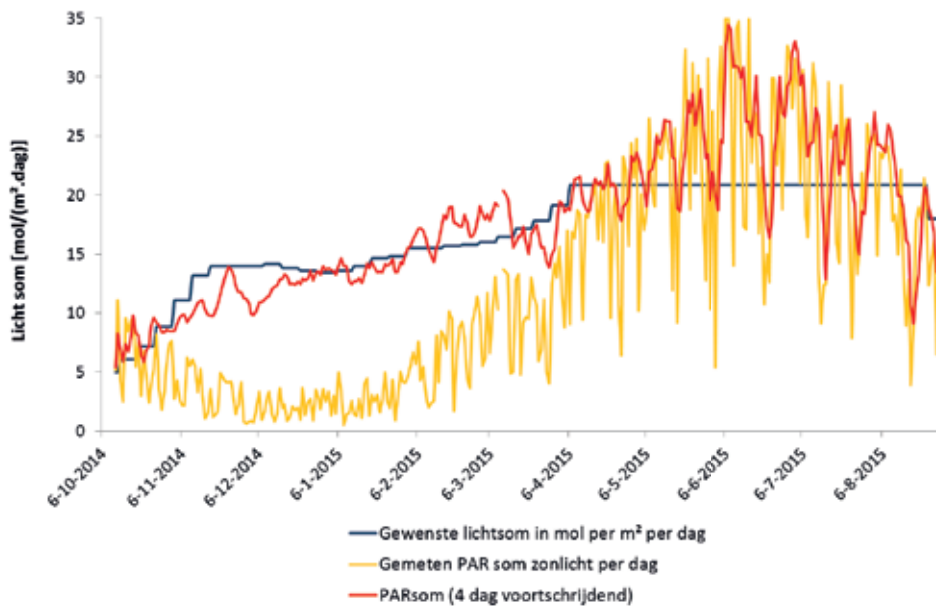
**Figuur 10** Cumulatief verloop van de CO<sub>2</sub> dosering tijdens de teelt.

## 4.2 Lichtmetingen

### 4.2.1 Lichtplan en realisatie belichting

Op basis van het teeltplan en de simulaties van het gewasgroeimodel INTKAM is een lichtplan opgesteld voor de teelt van tomaten onder belichting. In Figuur 11 is de gewenste en gerealiseerde lichtsom per dag weergegeven. In november en december 2014 werd de vooraf berekende gewenste lichtsom niet gerealiseerd. Dit had te maken met de keuze voor minder uren belichting omdat het gewas op dat moment voldoende groei liet zien. Blijkbaar was de vooraf berekende gewenste lichtsom te hoog voor het ontwikkelingsstadium van de plant en de gerealiseerde etmaaltemperatuur. Als in november en december de etmaaltemperatuur hoger was geweest had er ook meer belichting gebruikt moeten worden om de juiste groei van het gewas te realiseren. In maart is er meer licht gegeven dan volgens het lichtplan nodig was, maar in de plant was dit niet te zien. Blijkbaar was de temperatuur/licht balans wel goed. De dip in lichtsom in april komt door een daling van de natuurlijke instraling, terwijl de assimilatie lampen niet extra zijn gebruikt.





**Figuur 11** De gewenste lichtsom, de lichtsom van het zonlicht in de kas en de gerealiseerde lichtsom (in mol. m<sup>-2</sup>.dag<sup>-1</sup>).

#### 4.2.2 Lichttransmissie van kas

De lichttransmissie is gemeten met een Licor 190 puntmeter. De data werden om de 2 seconden vastgelegd. Tabel 3 toont de gemiddelde transmissie van de verschillende kassen. In de kas met de hoogste bladpluk (zeer open) ligt de transmissie 2% hoger. Een verklaring voor dit feit is er niet.

**Tabel 3**

De gemiddelde transmissie in % van de kas gemeten op 6 oktober 2015.

	Standaard	Open	Zeer Open
Transmissie in %	62.9	62.7	64.8

#### 4.2.3 Lichtverdeling van de lampen

Voordat de planten in de kas stonden is in elke kas de lichtverdeling van de lampen gemeten. De metingen zijn gedaan boven alle rijen in de kas, met steeds een halve meter afstand van voor naar achteren en 50 cm onder de gewasdraad (Bijlage 2; tabellen 1 t/m 3). Zoals is te verwachten, is de positie van de lampen binnen de afdeling goed te zien in de gemeten lichtintensiteit. Recht onder lampen kan de lichtintensiteit oplopen tot 400  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Tussen de lampen daalt de intensiteit tot 130  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . De gemiddeld gemeten intensiteit van 240  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  komt goed overeen met de aannames van het lichtplan. De ongelijkheid is nadelig voor een uniforme groei want voor de plant is de hogere intensiteit minder effectief, al vormt de plant door de hogere intensiteit wel meer assimilaten, maar in verhouding tot de toename van de intensiteit minder. Wel zijn de verschillen effectiviteit van fotosynthese in het traject van 150 naar 400  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  nog gering. Verschillen in intensiteit binnen een rij kunnen ook leiden tot verschillen in koptemperatuur en daarmee in ontwikkelingsnelheid. Omdat de groeiende planten steeds in de rij worden opgeschoven, zullen de verschillen in de loop van de tijd grotendeels worden uitgemiddeld.

## 4.3 Waterverbruik en opname voeding

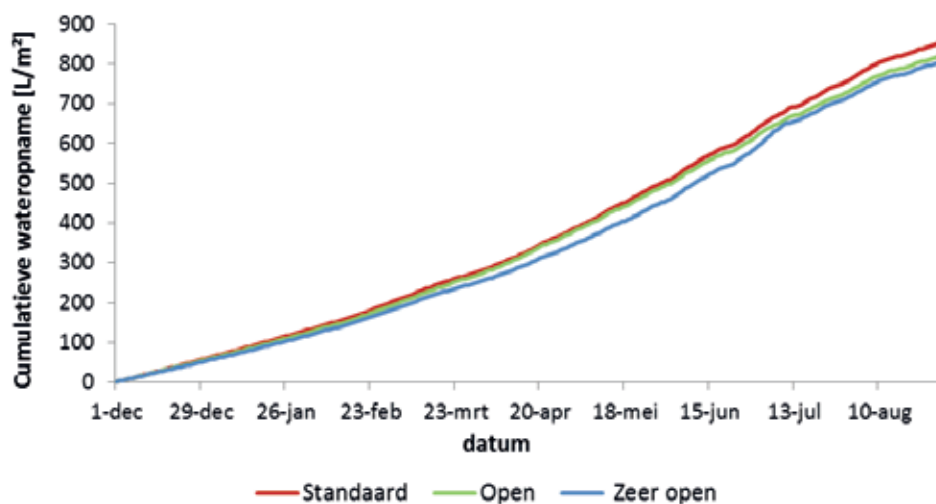
### 4.3.1 Waterverbruik

Het waterverbruik is berekend door de hoeveelheid drain af te trekken van de watergift. Tabel 4 toont het totaal verbruik aan het einde van de teelt en per periode. Het waterverbruik neemt af met toenemende openheid in het gewas (Figuur 12). De verschillen in waterverbruik zijn beperkt. In het belichtingsseizoen, was de wateropname in het zeer open gewas, wel 10 % lager dan in de standaard behandeling. Dit verschil bleef bestaan in de periode van afnemende belichting. Na 1 mei gebruikten de planten in de open kas minder water. Dat is ook de periode met de hoogste wateropname, omdat de plant dit vooral gebruikt voor verdamping. In de winter is de verdamping veel lager dan in de zomer. Een lagere verdamping in het belichtingsseizoen draagt bij aan een lager energie gebruik, omdat minder vocht wordt afgevoerd.

Tabel 4

Totaal water gebruik per behandeling.

Periode	Standaard	Open	Zeer Open		
	[L.m <sup>-2</sup> ]	[L.m <sup>-2</sup> ]	% t.o.v. Standaard	[L.m <sup>-2</sup> ]	% t.o.v. Standaard
1/12/2014-28/2/2015 Belichtingsseizoen	196	188	96	178	91
1/3/2015-30/4/2015 Afname belichting	185	186	101	164	89
1/5/2015-30/8/2015 Natuurlijk licht	470	444	94	463	98
Totaal l/m <sup>2</sup>	851	818	96	804	95



Figuur 12 Verloop van de cumulatieve wateropname door de planten tijdens de teelt.

### 4.3.2 Opname voeding

**Tabel 5**

Voedingsopname van 1 december 2014-30 augustus 2015. Opgenomen vracht per behandeling per m<sup>2</sup>.

Element												
Periode	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
	[mmol]	[mmol]	[mmol]	[mmol]	[mmol]	[mmol]	[μmol]	[μmol]	[μmol]	[μmol]	[μmol]	[μmol]
<i>Belichtingsseizoen</i> 1/12/2014-28/2/2015												
Standaard	97	2696	1096	283	782	362	5041	2749	777	3877	136	83
Open	97	2577	1031	264	749	344	4833	2797	757	3841	128	89
Zeer Open	94	2398	993	262	759	327	4402	2642	712	3574	120	92
<i>Afname belichting</i> 1/3/2015-30/4/2015												
Standaard	37	2049	1013	292	724	287	4589	2616	683	3993	110	95
Open	32	2037	1023	293	748	277	4675	2600	701	4129	108	101
Zeer Open	35	1775	898	260	711	245	3937	2311	610	3615	95	104
<i>Natuurlijk licht</i> 1/5/2015-30/8/2015												
Standaard	68	4070	2236	694	1649	499	10519	6299	1784	8135	259	195
Open	64	3847	2148	691	1593	451	10039	5992	1743	7959	243	197
Zeer Open	65	3984	2481	917	1842	499	11493	5825	1996	9896	278	206
<i>Totaal</i> 1/12/2014-30/8/2015												
Standaard	202	8815	4345	1269	3155	1147	20149	11665	3244	16005	505	374
Open	194	8461	4202	1248	3089	1073	19548	11389	3201	15929	478	388
Zeer Open	195	8158	4373	1440	3312	1071	19832	10779	3317	17085	493	402

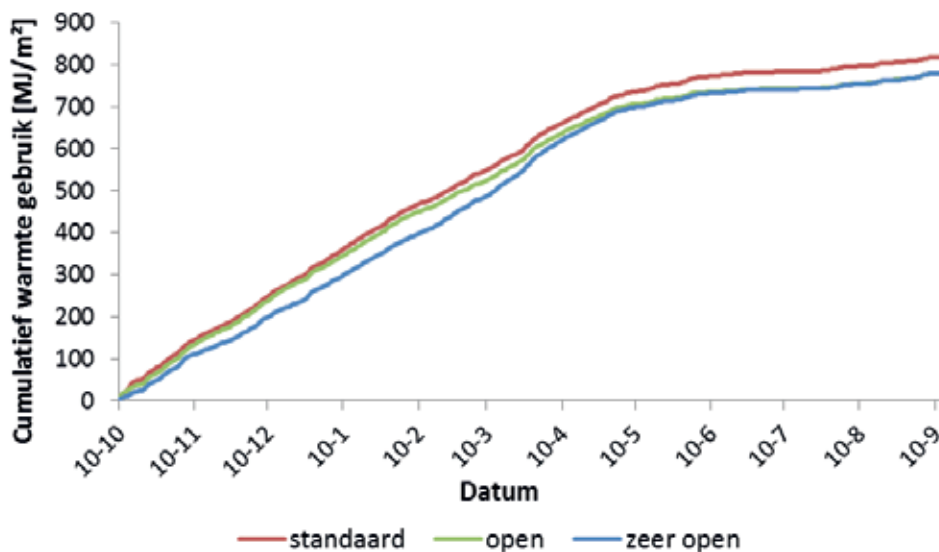
Uitgaande van de samenstelling van het gegeven voedingswater en de samenstelling van de gemeten drain in combinatie met de watergift en drainhoeveelheid, is berekend hoeveel voedingsstoffen de planten hebben opgenomen in de periode van 1 december 2014 tot en met 30 augustus 2015. De waarden daarvan staan in Tabel 5. Het gewas bij de zeer open behandeling heeft gemiddeld 4% minder voeding opgenomen dan het gewas in de standaard behandeling. Dit verschil ontstaat de periode met belichting en bij vermindering van de belichting. In de zomer zijn er geen verschillen in opname. Voor het gewas in de open behandeling is het verschil 2%. Dit zijn geen grote verschillen, maar laten wel een trend zien. De opname EC is in de zomer lager dan in het belichtingsseizoen. Dit geldt voor alle behandelingen (Tabel 6). Ook de EC van de drain laat geen grote variaties tussen de behandelingen zien die wijzen op duidelijke verschillen in nutriënten gebruik.

**Tabel 6**

Berekende Opname EC per periode.

Periode		Standaard	Open	Zeer Open
Belichtingsseizoen	1/12/2014-28/2/2015	3.0	3.0	3.0
Afname belichting	1/3/2015-30/4/2015	3.0	2.8	2.8
Natuurlijk licht	1/5/2015-30/8/2015	2.3	2.3	2.5
Totaal	1/12/2014-30/8/2015	2.7	2.6	2.7

## 4.4 Energieverbruik



**Figuur 13** Verloop van het cumulatieve warmtegebruik tijdens de teelt.

Vanaf de start van de teelt is de warmtevraag in de zeer open behandeling lager dan de andere behandelingen (Figuur 13 en Tabel 7). In maart vindt er een verschuiving plaats, in de zeer open behandeling neemt de warmtevraag iets toe en in de open behandeling neemt de warmtevraag iets af. Dit kan te maken hebben met de temperatuur van de naast gelegen afdelingen, waar andere gewassen dan tomaat werden geteeld. Aan het einde van de teelt was de warmtevraag in de standaard teelt 818 MJ.m<sup>-2</sup> en respectievelijk 40 en 41 MJ.m<sup>-2</sup> (5%) hoger dan in de andere behandelingen.

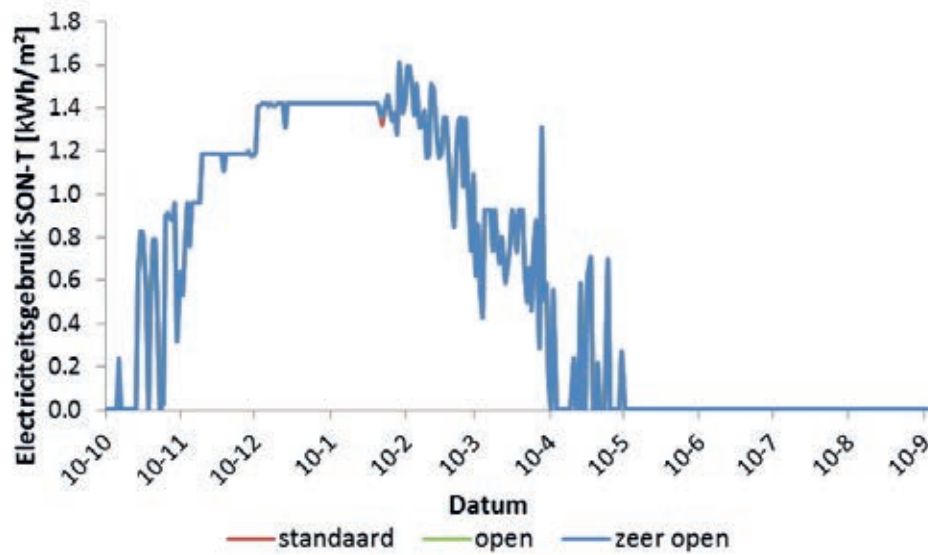
Het energieverbruik van de lampen verschilde tijdens de teelt niet van elkaar (Figuur 14). In totaal is er 193 kWh.m<sup>-2</sup> elektriciteit per behandeling verbruikt (1705 branduren SON-T lampen).

Het energiescherm is totaal 940 uur gebruikt. Dit is geen intensief gebruik.

**Tabel 7**

Warmte gebruik per teeltfase in MJ.m<sup>-2</sup>.

Periode		Standaard	Open	Zeep Open
Start teelt	10/10/2014-30/11/2014	209	199	164
Belichtingsseizoen	1/12/2014-28/2/2015	313	302	295
Afname belichting	1/3/2015-30/4/2015	199	192	225
Natuurlijk licht	1/5/2015-30/8/2015	97	87	96
Totaal	1/12/2014-30/8/2015	818	780	780



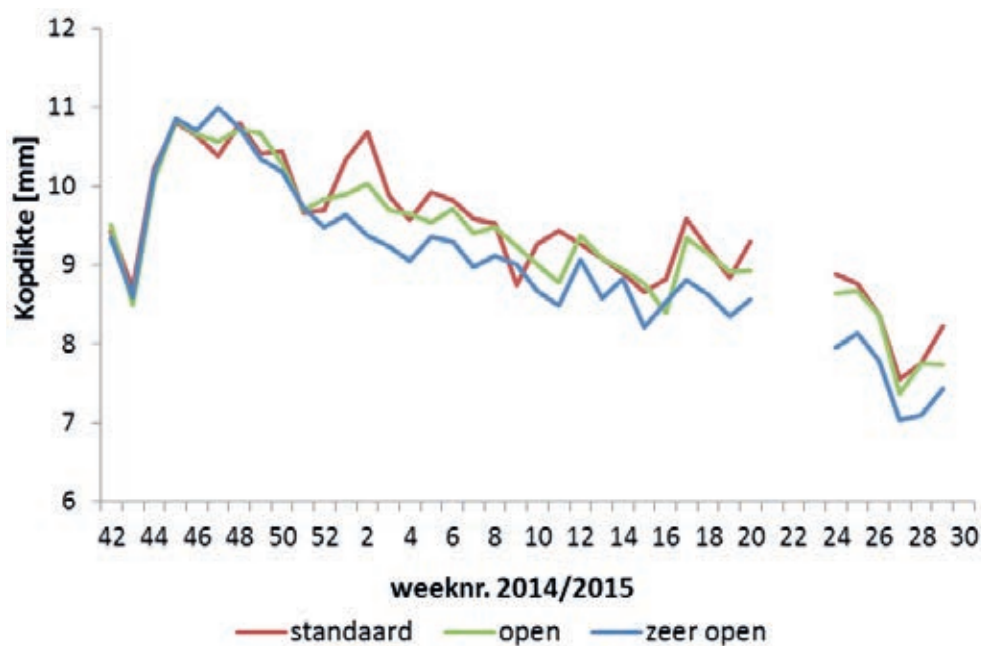
**Figuur 14** Verloop van het elektriciteitsgebruik tijdens de teelt.



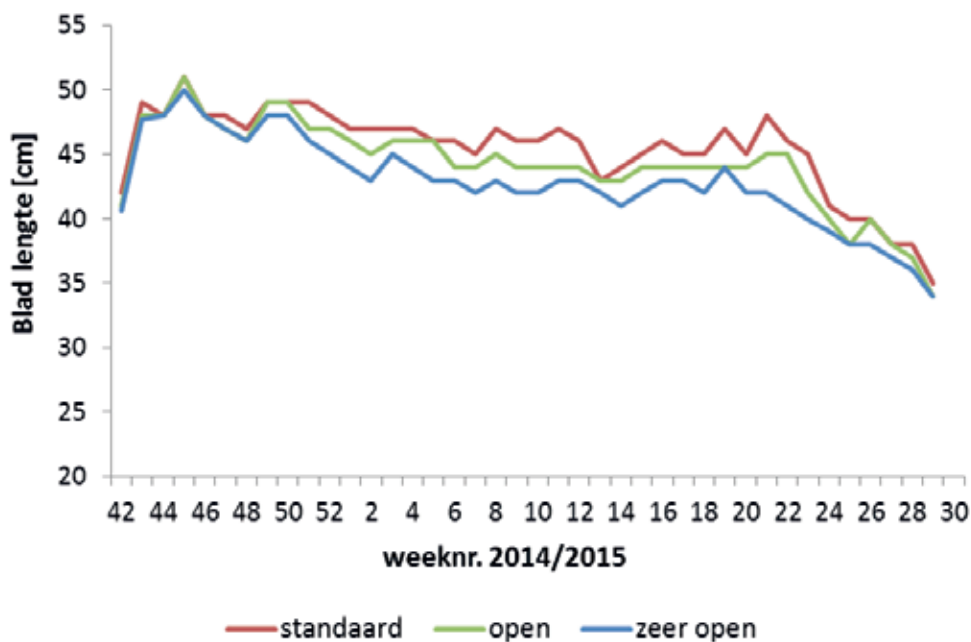
# 5 Plantregistraties en productie

## 5.1 Plantregistratie

Om de stand van het gewas goed te kunnen volgen zijn er tijdens de teelt wekelijks plantregistraties gedaan. De kopdikte in de zeer open behandeling is tijdens de teelt lager dan de andere behandelingen (Figuur 15). Van week 20 tot en met 22 wordt de kopdikte niet getoond, er is in die periode waarschijnlijk niet correct gemeten. In de periode januari t/m mei is de bladlengte redelijk constant, daarna neemt de bladlengte af (Figuur 16). Het zeer open gewas heeft kortere bladeren. In week 30 is in alle behandelingen de kop er uit gehaald. De vermindering van de bladlengte was niet verwacht. Er was vooraf verwacht dat het blad eerder langer en groter zou worden omdat de plant mogelijk het gebrek aan bladeren zou compenseren door een groter blad te laten ontwikkelen. De mogelijke verklaring van dit fenomeen wordt later besproken (zie 5.6.3).

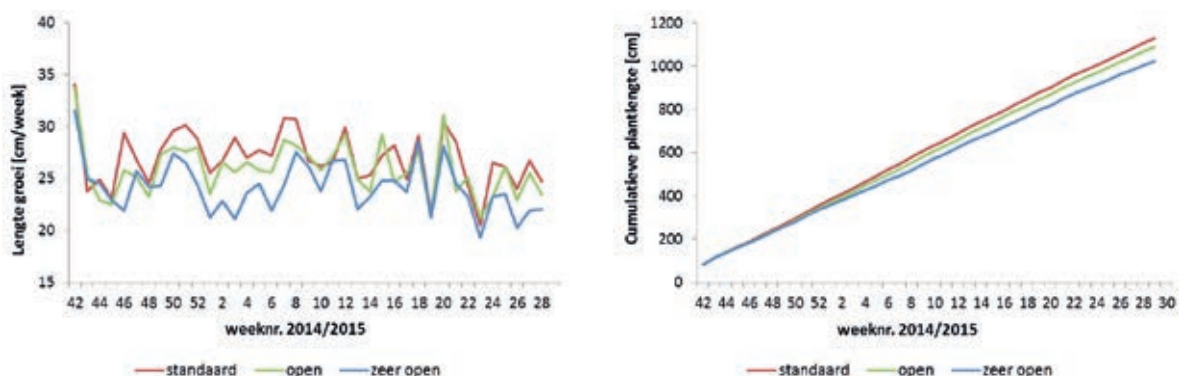


**Figuur 15** Verloop van de kopdikte tijdens de teelt. (Rond week 15 = 10 april 2015 is de belichting gestopt, omdat er toen voldoende natuurlijk licht voor de plant beschikbaar was zie Figuur 11)



**Figuur 16** Verloop van de bladlengte.

De lengtegroei per week was lager naar mate het gewas opener was (Figuur 17). Dit resulteerde ook in een afnemende plantlengte naarmate het gewas opener was. Aan het einde van de teelt was dit verschil in lengte 1 meter en dat is bijna 10%. Dit is evenals de lengte ontwikkeling van het blad een onverwacht fenomeen en de mogelijke verklaring wordt later besproken (Zie 5.6.3).

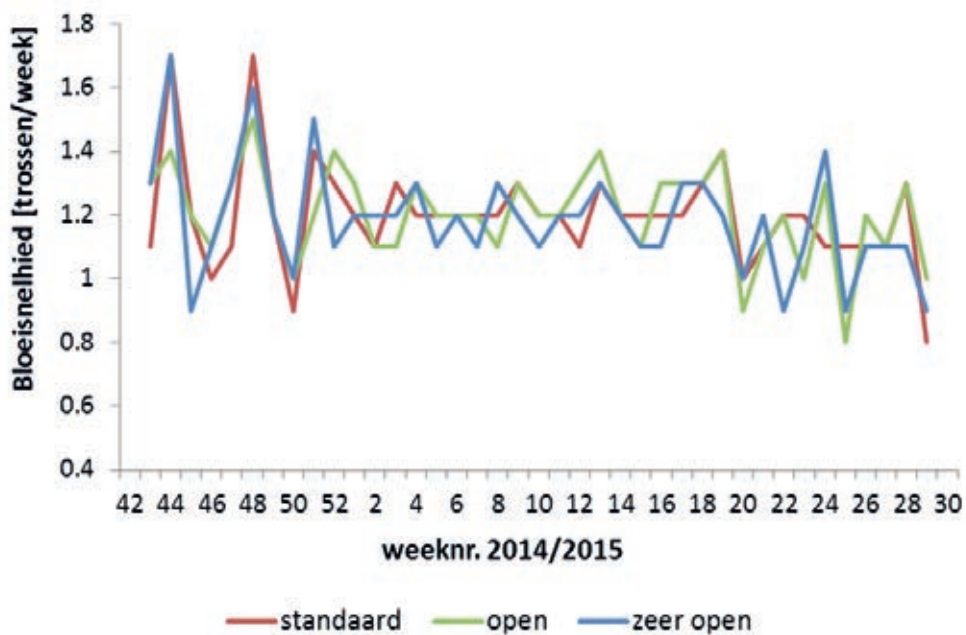


**Figuur 17** Verloop van de lengtegroei.

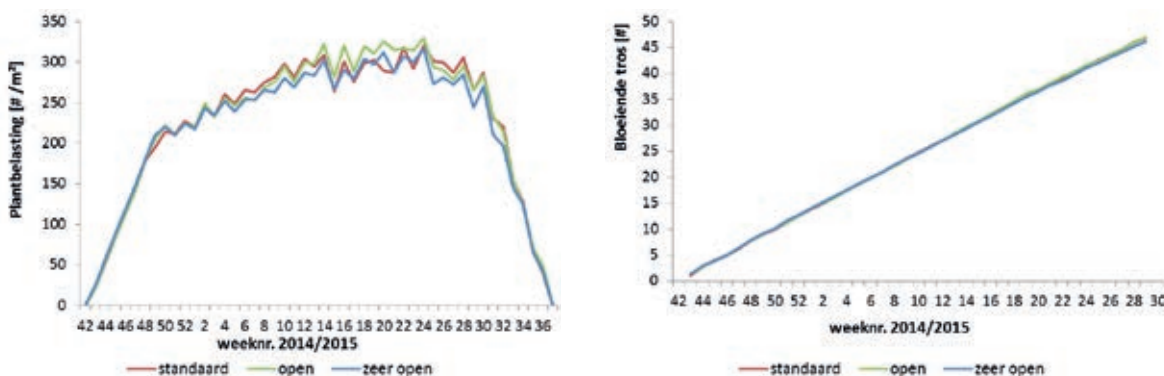
De eerste drie maanden fluctueerde de bloeisnelheid in alle behandelingen tussen de 0.9 en 1.7 trossen per week. Daarna stabiliseerde dit naar gemiddeld 1.2 trossen per week (Figuur 18).

Het totale aantal trossen per hoofdstengel was niet verschillend tussen de behandelingen (Figuur 19). Dit komt overeen met de gemiddeld gelijke temperatuur bij de behandelingen. De gemeten planttemperatuur was wel iets verschillend, maar blijkbaar niet zodanig dat dit tot ontwikkelingsverschillen leidde. Het feit dat er geen verschil in aantal trossen is kan er ook op wijzen dat de IR-camera voor de planttemperatuur iets afweek in de meting.





**Figuur 18** Verloop van de plantontwikkeling uitgedrukt in bloeisnelheid (trossen per week).

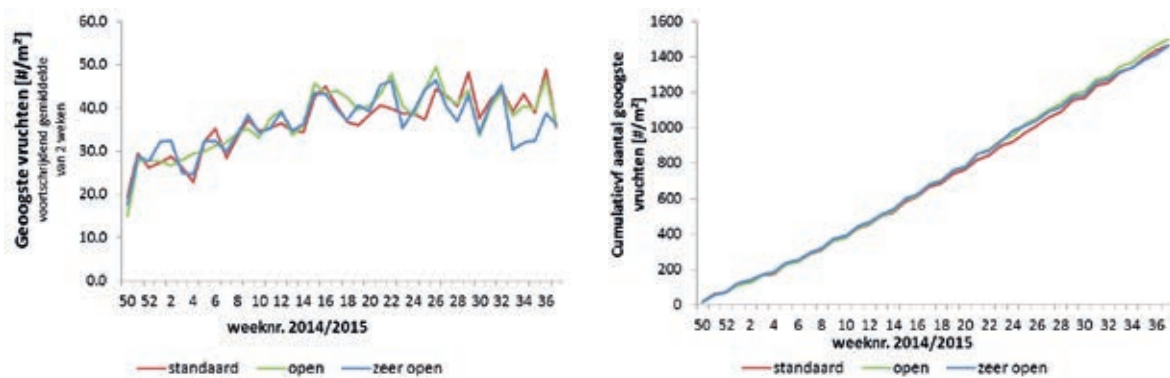


**Figuur 19** Verloop van de plantbelasting.

Vanaf half januari 2015 is de plantbelasting in de zeer open behandeling lager dan in de andere behandelingen (Figuur 19). De plantbelasting in de open behandeling en de standaard behandeling verschillen niet veel van elkaar. De standaard behandeling zit soms hoger en soms lager dan de open behandeling. De verschillen in plantbelasting zijn niet groot. Dit klopt met de aanlegssnelheid van de trossen en de afrijpingsnelheid. De kleine verschillen in plantbelasting zijn het gevolg van het aantal vruchten aan de trossen en voor de zeer open behandeling dat de eerste trossen snel geogst konden worden. Is een tros te zwak dan worden minder dan 9 of 10 vruchtjes aangelegd. Dit was vooral bij de zeer open behandeling het geval.

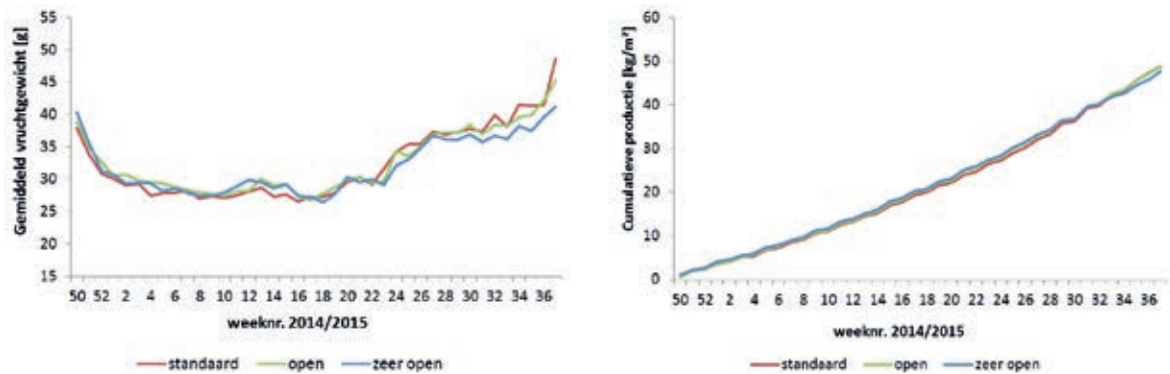
## 5.2 Productie

Er werd geogst vanaf week 50 in 2014. Het aantal geogste vruchten verschilde nauwelijks tussen de behandelingen (Figuur 20). De fluctuatie per week komt vooral door de oogstfrequentie van 1 of 2 maal per week; er werd veelal 3 maal in de 14 dagen geogst. Vanaf week 28 blijft het aantal vruchten in de zeer open behandeling iets achter. De standaard behandeling had van week 20 tot 23 een iets lager aantal vruchten. De verschillen zijn echter steeds heel klein.



**Figuur 20** Verloop van het aantal geogoste vruchten tijdens de teelt.

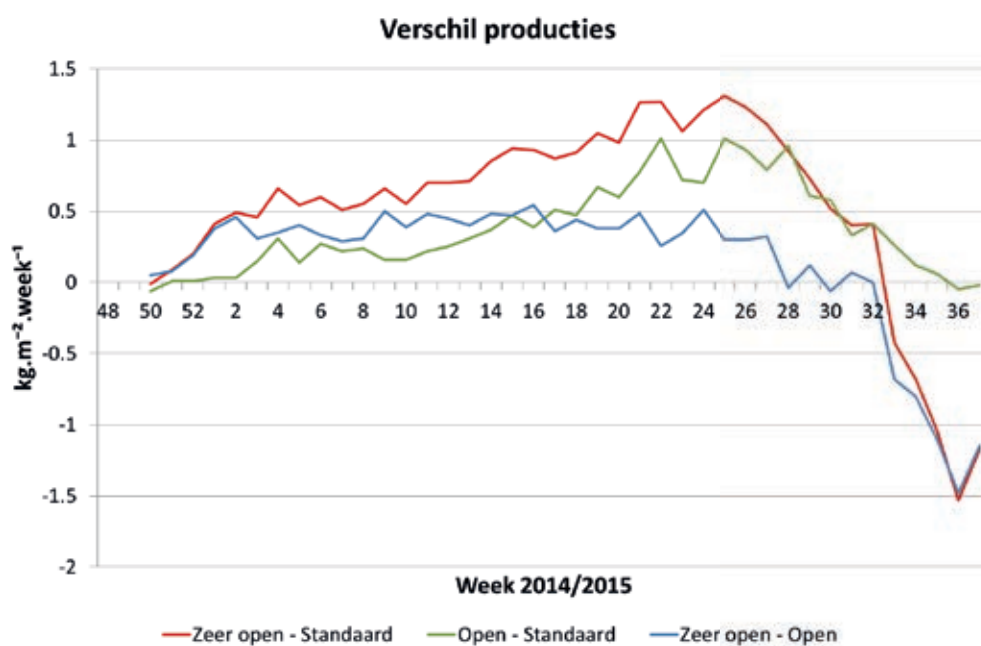
De productie wordt bepaald door het aantal vruchten en het gewicht per vrucht. Vanaf de eerste oogst tot eind maart (week 13) is het vruchtgewicht van de open en zeer open behandeling hoger dan van de standaard behandeling (Figuur 21). Vanaf week 22 blijft het gemiddeld vruchtgewicht in de zeer open behandeling achter ten opzichte van de andere behandelingen. Aan het einde van de teelt is dit ook nog gecombineerd met minder vruchten per m<sup>2</sup> zodat de totale productie van de zeer open kas uiteindelijk het laagste is.



**Figuur 21** Verloop van het gemiddeld vruchtgewicht van de geogoste vruchten per week en de cumulatieve productie.

In de cumulatieve productie zijn vrijwel geen verschillen te zien (Figuur 21). De verschillen zijn wel zichtbaar te maken door deze weer te geven als verschil tussen de Zeer Open – Standaard etc (Figuur 22). Dan blijkt dat de zeer open behandeling tot week 18 ruim 1 kg/m<sup>2</sup> meer produceerde dan de standaard behandeling. Maar vanaf week 24 in 2015 werd deze voorsprong volledig ingeleverd. De zeer open behandeling had een positief verschil in productie in de eerste weken van de oogst, in december en januari. In het begin waren de vruchten zwaarder. Hoewel dit verschil in productie ten opzichte van de totale productie over de hele teelt maar relatief klein is, is het economisch van meer waarde, omdat deze meer productie werd gerealiseerd in een periode met een gemiddeld hogere prijs per kg. De voorsprong in productie ging verloren na de periode dat de assimilatie belichting uit ging. Blijkbaar kon het standaard gewas beter omgaan met de hoeveelheid natuurlijk licht, dan het zeer open gewas.

Aan het einde van de teelt werden bij de zeer open behandeling meer groene vruchten aan de punt van de trossen waargenomen. Voor de laatste 4 weken is daarom ook gemeten hoeveel procent van de productie groen was bij de oogst. Voor de standaard behandeling was dit 2%, voor de open behandeling 3% en voor de zeer open behandeling 4.5%. Er was in die periode dus nog 2.5 % extra verlies door de onregelmatige ontwikkeling van de trossen. Over de hele teelt is het percentage niet bekend, maar zeker niet hoger dan de 2.5% van de laatste 4 weken.



**Figuur 22** Verschil in cumulatieve productie in de tijd. (Rond week 15 = 10 april 2015 is de belichting gestopt, omdat er toen voldoende natuurlijk licht voor de plant beschikbaar was zie Figuur 11).

### 5.3 Kwaliteit en houdbaarheid

Regelmatig werden uit alle behandelingen geogste trossen apart gehouden om de houdbaarheid te bepalen. Tijdens de proef zijn er tussen de behandelingen kleine verschillen per datum (Tabel 8). Gemiddeld wordt er tussen de behandelingen geen verschil in houdbaarheid gevonden.

In de loop van de tijd zijn er wel grote verschillen. Vooral aan het einde van de teelt is de houdbaarheid kort. Opmerkelijk is de sterke daling van begin juli naar eind juli. Dit komt waarschijnlijk door de toename van de vruchtgrootte aan het eind van de teelt, waardoor de vrucht lichte zwelscheurtjes krijgt en gemakkelijker vocht verliest en slap wordt tijdens de bewaring. Daarnaast zijn de temperaturen tijdens de vruchtgroei tijdelijk erg hoog geweest, wat de vruchtstevigheid en daarmee de houdbaarheid negatief beïnvloedt.

Tabel 8

*Houdbaarheid in dagen van tomaten uit de behandelingen op een aantal momenten gedurende de proef.*

Datum oogst	Standaard	Open	Zeer Open
24 december 2014	19.2	18.8	18.8
22 januari 2015	15.7	15	14.3
24 februari	16.3	18	17.6
23 maart	19.9	19.6	20.3
21 april	16	16.5	15.3
28 mei	19.4	19.6	19
3 juli	23	22.3	23.5
31 juli	10.5	11.6	12.9
28 augustus	10.9	11.3	11.3
Gemiddelde	16.8 ± 4.1	17.0 ± 3.7	17.0 ± 3.9

Tijdens de proef zijn bijna maandelijks monsters genomen voor metingen aan inwendige kwaliteit en vitamine C gehalte. Uit de metingen blijkt dat er geen verschil is tussen de behandelingen (Tabel 9).

Tabel 9

Gemiddelde inwendige vruchtkwaliteit van tomaten uit alle behandelingen op 11 momenten tijdens de proef.

Datum oogst	Standaard	Open	Zeer Open
Refractie (°Brix)	6.1 (± 0.3)	6.1 (± 0.3)	6.2 (± 0.3)
Zuur (mmol H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> /100 g FW)	7.4 (±0.5)	7.5 (±0.5)	7.5 (±0.5)
% sap (%)	52 (±8.8)	52 (±8.8)	52 (±7.8)
Stevigheid (N)	94 (±47)	90 (±43)	85 (±37)
Smaak (schaal 0-100)	61 (± 4.7)	62 (± 4.8)	63 (± 3.4)
Vitamine C (mg/100 g FW)	36.3 (± 8.9)	37.5 (± 9.0)	38.0 (± 7.3)

Maandelijks werden geoogste vruchten apart gehouden en gedroogd (bij 80°C) om het droge stof gehalte van de vruchten te bepalen. Tot en met april zijn de verschillen klein. In juni en juli neemt het % droge stof toe naarmate er meer blad wordt geplukt in de behandeling.

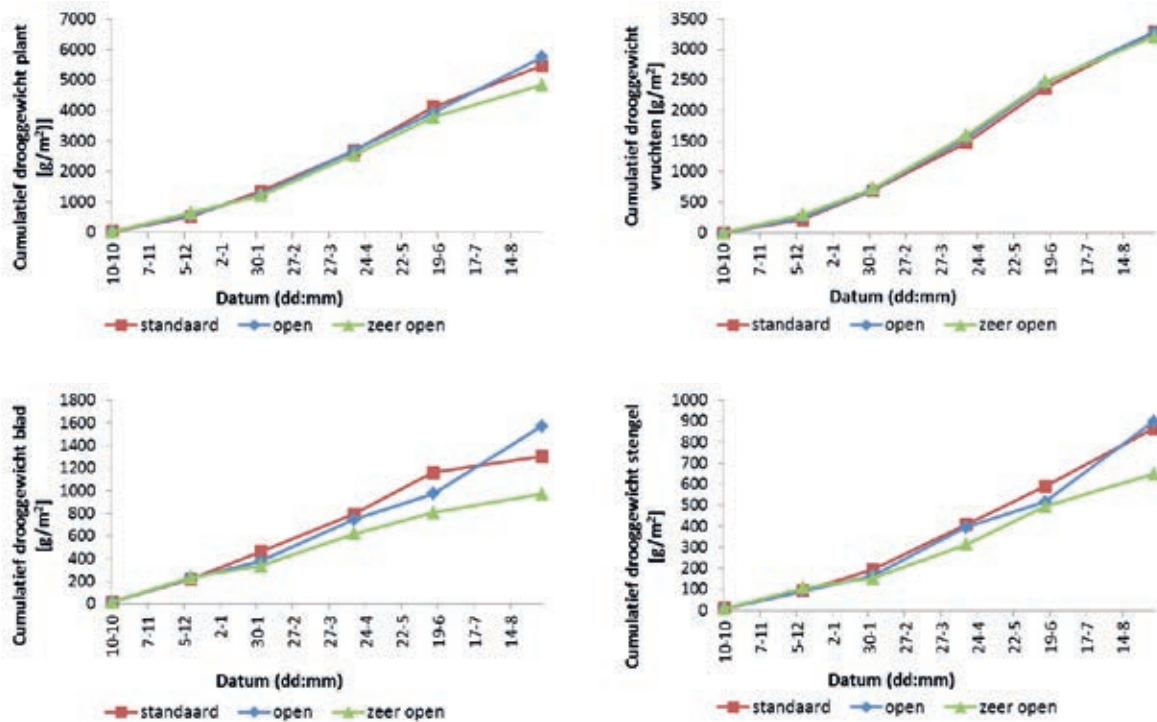
Tabel 10

Gemiddelde percentage droge stof van tomaten per behandeling.

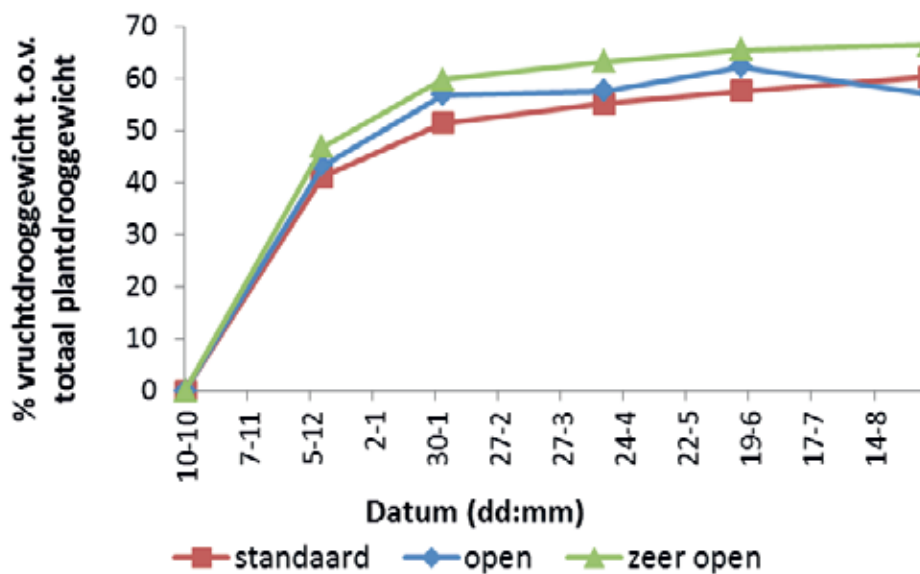
Datum oogst	Standaard	Open	Zeer Open
8 december 2014	6.0	5.8	5.8
16 december	6.8	6.4	6.6
24 december	6.3	6.4	6.5
6 januari 2015	6.8	6.9	7.2
16 januari	6.4	6.3	6.7
26 januari	6.5	6.6	7.0
4 februari	5.9	5.9	6.2
19 februari	6.4	6.6	6.6
4 maart	6.4	6.6	6.6
13 maart	6.5	6.7	6.6
27 maart	6.7	6.9	6.8
14 april	6.7	6.9	6.9
29 april	6.6	6.6	6.7
16 juni	7.4	8.0	9.1
7 juli	7.5	8.3	8.3
Gemiddelde	6.6 ± 0.4	6.7± 0.7	6.9 ± 0.8

## 5.4 Destructieve plantmetingen

Op zes momenten in de tijd zijn destructieve metingen gedaan, bij de start, bij de eindogst en op vier tussenliggende momenten. Daarbij worden alle bovengrondse delen van een aantal planten gewogen, droge stof bepaald en bladoppervlakte gemeten. Het cumulatief plantgewicht kan dan bepaald worden door hier de geogste vruchten en het geplukte blad aan toe te voegen (Figuur 23). Naarmate het gewas opener is neemt het cumulatief drooggewicht iets af. Dit verschil komt door verschil in blad en stengel drooggewicht en niet door verschil in vrucht drooggewicht. Dit betekent dat de verdeling van de droge stof over vruchten, blad en stengel is gewijzigd. Er zijn relatief meer assimilaten vastgelegd in de vruchten (Figuur 24) van het zeer open gewas.

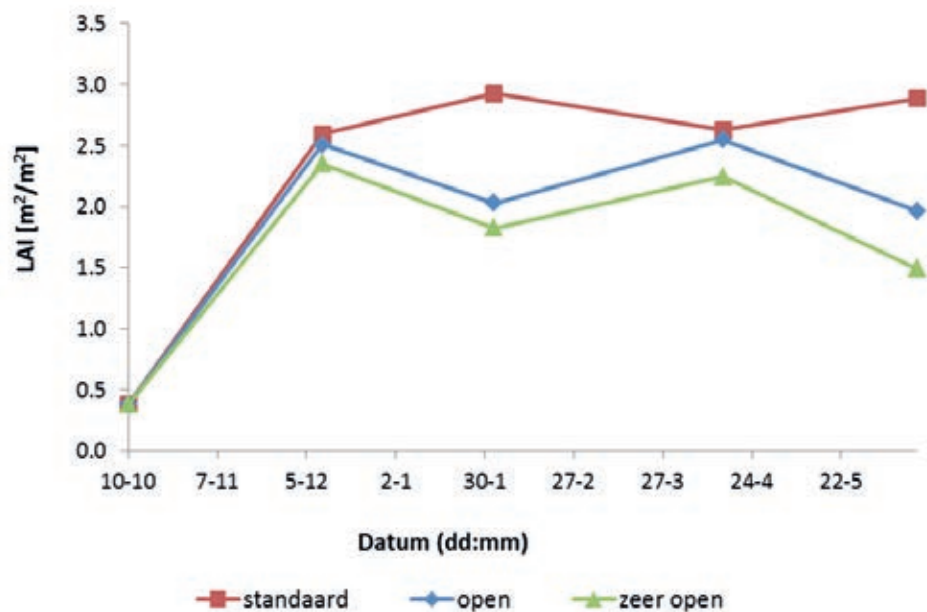


**Figuur 23** Cumulatief gevormd drooggewicht van blad, stengel en vruchten.



**Figuur 24** Percentage vrucht drooggewicht t.o.v. totaal plant drooggewicht

Tijdens de destructieve metingen werd ook het bladoppervlak gemeten. Hieruit kon de bladbedekkingsgraad (LAI = leaf area index) berekend worden. Als gevolg van de behandelingen is de LAI in de standaard behandeling steeds het hoogst geweest (Figuur 25). Vooral in de zomer werd de LAI van het zeer open gewas laag (1.5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>). Dit is te laag voor een goede lichtonderschepping en daarmee voor de productie. Toch werd in juli bij meting van de lichtonderschepping nog ruim 80 % van alle licht in het zeer open gewas onderschept. (Figuur 29) .



**Figuur 25** Verloop van de bladbedekkingsgraad (m<sup>2</sup> blad per m<sup>2</sup> vloeroppervlak).

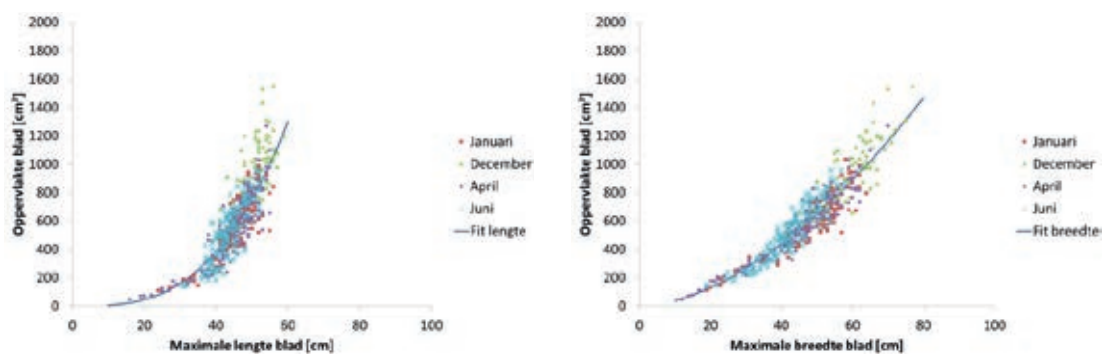
#### 5.4.1 Bladoppervlak in relatie tot bladlengte en bladbreedte

Als onderdeel van de destructieve metingen is van de afzonderlijke bladeren de bladlengte, maximale bladbreedte en het bladoppervlak gemeten. Dit is gedaan om de vraag te beantwoorden of meting van alleen bladlengte voldoende zou zijn voor een niet destructieve bepaling van het bladoppervlak en daardoor een schatting van LAI mogelijk zou maken. De bladbreedte blijkt voor het ras Briosso een betere maat voor het bladoppervlak dan de bladlengte. Vooral bij een bladlengte boven de 40 cm is er een grote mate van spreiding in het bladoppervlak. Bij de bladbreedte is de voorspellende waarde voor het bladoppervlak beter (Figuur 26). De relatie tussen bladlengte of bladbreedte en bladoppervlak is te beschrijven met de formules

$$O = 0.0054 * L^{3.0268} \text{ met een } r^2 \text{ van } 0.80. \text{ } O = \text{oppervlakte in cm}^2 \text{ en } L \text{ is lengte in cm}$$

$$O = 0.7079 * B^{1.7431} \text{ met een } r^2 \text{ van } 0.93. \text{ } O = \text{oppervlakte in cm}^2 \text{ en } B \text{ is breedte in cm}$$

Bij lage waarden voor lengte en breedte is de voorspellende waarde van deze vergelijkingen vrij hoog. Bij hogere waarden van lengte is de voorspellende waarde gering. Voor breedte is de voorspellende waarde bij hogere waarden beter. Bij registratie van gewasontwikkeling van Briosso kan op basis van deze metingen beter worden gewerkt met registratie van de bladbreedte in plaats van de bladlengte. En dit geldt dan voor alle periodes.



**Figuur 26** Bladoppervlak in relatie tot bladlengte en bladbreedte in 4 periodes en een fit voor de relatie over alle periodes heen.

#### 5.4.2 Droge stof gehalte van bladeren

In Tabel 11 zijn de droge stof percentages van het onderin geplukte blad tijdens de teelt opgenomen. In de zeer open behandeling is het droge stof gehalte van de bladeren steeds hoger dan van de twee andere behandelingen. Vanaf maart neemt het droge stof percentage in de open behandelingen toe. Bij de standaard behandeling is dat pas in juni het hoogste. Dit verschil in droge stof onderin het gewas is ook gemeten bij de destructieve metingen van hele planten.

In de begeleidingscommissie is gediscussieerd over de vraag of in de winter niet veel assimilaten verloren gaan met het bladplukken van groene bladeren. De metingen van droge stof in de bladeren laten echter zien dat er in de zomer als de bladeren meer vergeeld zijn er een hoger droge stof gehalte in de bladeren is. Ook de hoeveelheid blad in grammen dat in de zomer wordt geplukt is hoger dan in de winter (gegevens niet getoond). De kleur van het blad is dus niet de juiste maat voor verlies aan assimilaten door plukken van de oudere bladeren in de winter.

Tabel 11

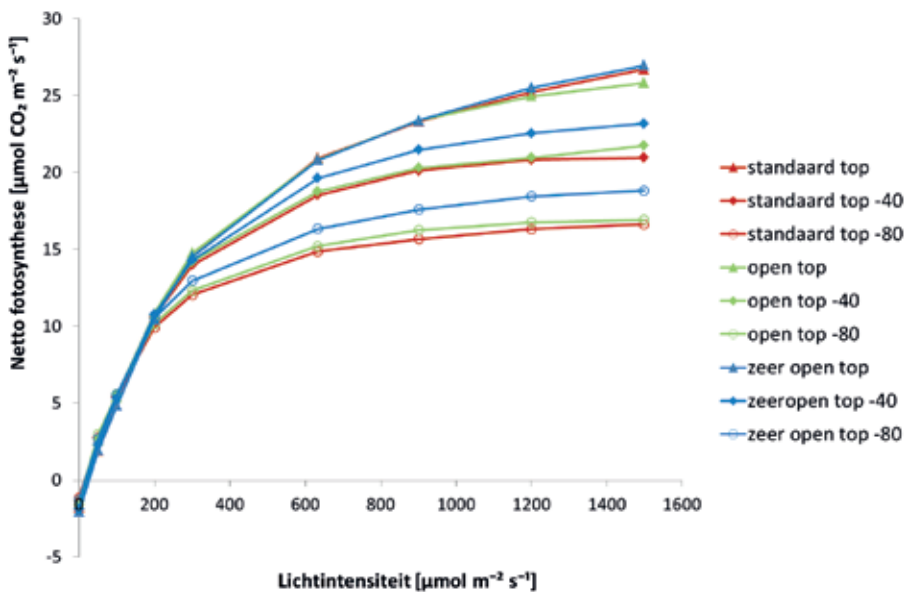
*Gemiddelde percentage droge stof van blad uit alle behandelingen.*

Maand	Standaard	Open	Zeer Open
November 2014	8.5	8.5	8.7
December 2014	8.0	8.4	8.7
Januari 2015	8.1	8.5	9.1
Februari 2015	8.2	8.5	9.2
Maart 2015	9.2	9.1	9.3
April 2015	8.6	9.3	9.8
Mei 2015	9.1	9.8	10.3
Juni 2015	10.2	11.0	11.5

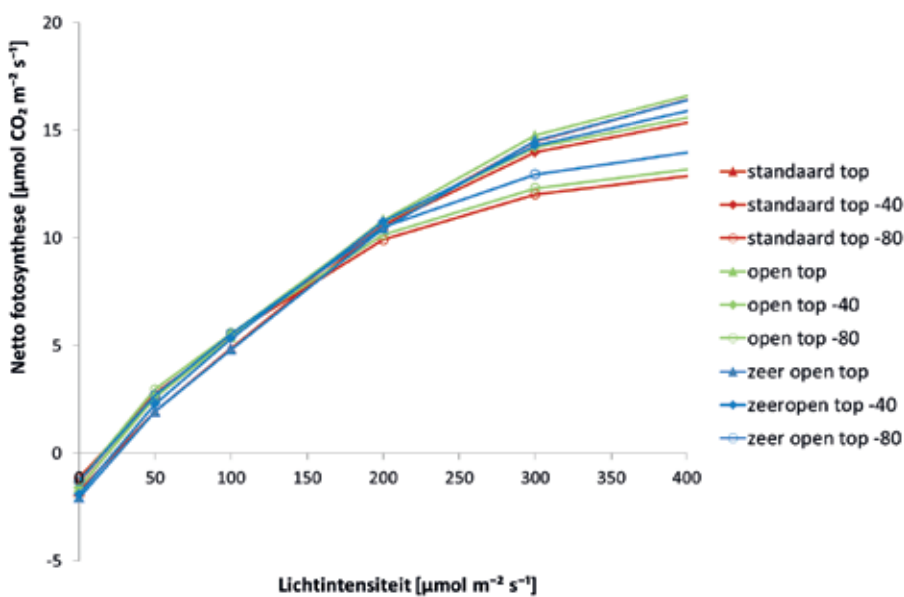
## 5.5 Fotosynthesemetingen

Tijdens de proef zijn op drie momenten fotosynthesemetingen gedaan, om na te gaan of er een effect was op de fotosynthese als gevolg van de behandelingen. Figuur 27 laat het gemiddelde zien van drie metingen in de tijd (december 2014, februari en mei 2015). De metingen laten zien dat de fotosynthese capaciteit onderin het gewas lager is (zie ook bijlage 4 met de fotosynthese per maand, figuren 1 t/m 3). Hoewel er een trend is dat bladeren bij de standaard behandeling en de open behandeling onderin het gewas een lagere capaciteit hebben dan de zeer open behandelingen, zijn deze verschillen niet statistisch betrouwbaar. Daarbij is de lichtintensiteit onderin het gewas geen  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . De fotosynthese wordt onderin het gewas niet gelimiteerd door de capaciteit, maar door de lichtintensiteit. Bovenin het gewas zijn verschillen in capaciteit relevant als de lichtintensiteit boven de  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  komt. Dat is met assimilatiebelichting niet het geval. De verschillen in productie worden in de winter dus vooral veroorzaakt door de mate waarin het licht wordt onderschept.

A



B



**Figuur 27** Lichtresponse curves van de fotosynthese. Gemiddelde van de metingen die gedaan zijn in december 2014, februari en mei 2015 op drie hoogtes in het gewas. A: Gehele traject van de gebruikte lichtintensiteit. B: Uitvergroting van het traject tot  $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .



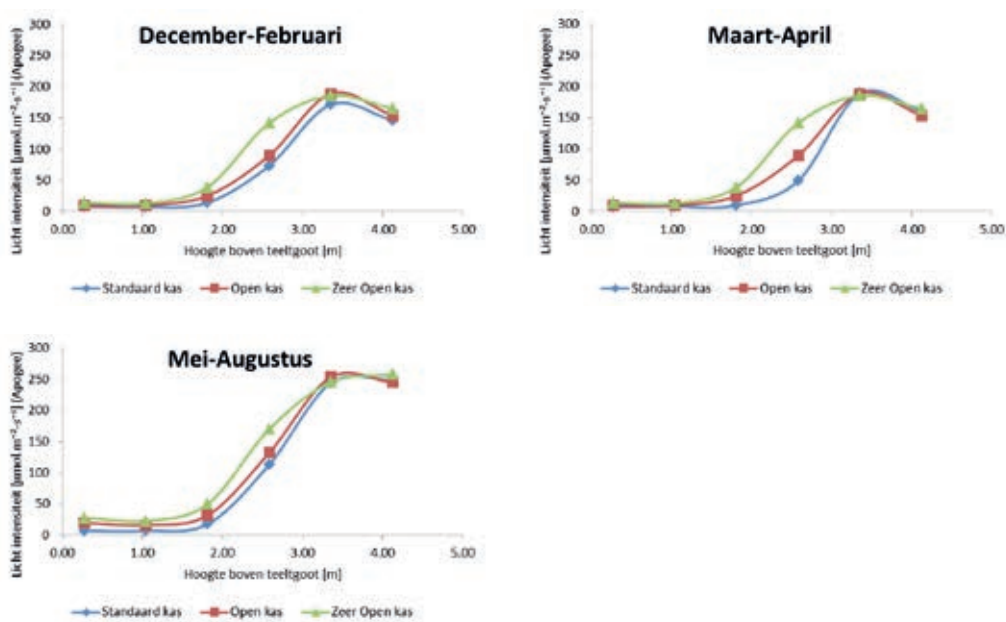
## 5.6 Lichtonderschepping

### 5.6.1 Continue registratie lichtonderschepping

Op zes hoogtes is met Apogee sensoren continu de lichtintensiteit midden in een rij planten gemonitord. Uit deze data is een gemiddelde lijn te berekenen voor verschillende periodes van de teelt. Voor dit onderdeel van het verslag is de totale teelt opgeknipt in 3 periodes. Van december tot en met februari. Dat is de periode dat er volop gebruik wordt gemaakt van de assimilatie belichting.

Vervolgens maart en april de periode als de assimilatie belichting geleidelijk wordt afgebouwd. Tenslotte de periode mei tot en met augustus als er geen assimilatie belichting wordt gebruikt.

Het gemiddelde van de lichtintensiteit over die periodes is weergegeven in de drie figuren van Figuur 28.

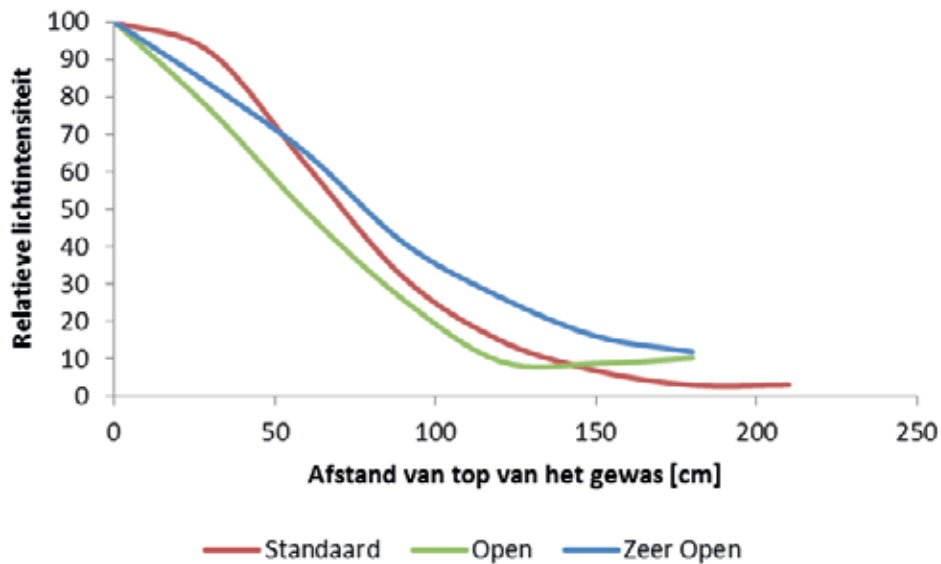


**Figuur 28** Gemiddelde lichtintensiteit op verschillende hoogtes in het gewas voor drie periodes.

Deze figuren laten goed zien dat in het zeer open gewas de lichtintensiteit op zo'n 2,5 meter boven de teeltgoot hoger is dan bij het standaard gewas en dat het open gewas daar tussenin zit. In de eerste 2 periodes is het licht onderin bij alle drie de behandelingen voor het grootste deel onderschept. In de zomer is er onderin het zeer open gewas een meetbaar hogere lichtintensiteit. Uit deze figuren blijkt dat de lichtonderschepping in deze proef grotendeels plaats vindt tussen de kop en 2 meter daaronder. Op ruim 4 meter boven de teeltgoot is in de winter de lichtintensiteit lager dan op 3,5 m boven de teeltgoot. Dit komt door de positie van de bovenste sensor ten opzichte van de assimilatie lampen. De bovenste sensor zit boven de assimilatie lampen en de een na hoogste sensor vangt nog een deel van het assimilatielamp licht.

### 5.6.2 Lichtonderschepping door het gewas

Op 13 juli 2015 werd de lichtonderschepping door het gewas gemeten met een sunscan dwars op de gewasrijen bij bewolkt weer (Figuur 29). Net boven het gewas is de lichtintensiteit 100%, daarna is steeds 30 cm lager in het gewas gemeten. De lijnen zijn een gemiddelde van drie series. Er is duidelijk te zien dat er in de zeer open behandeling meer licht onderin het gewas komt (blauwe lijn). Dit is in lijn met de continumetingen uit de periode mei tot en met augustus.



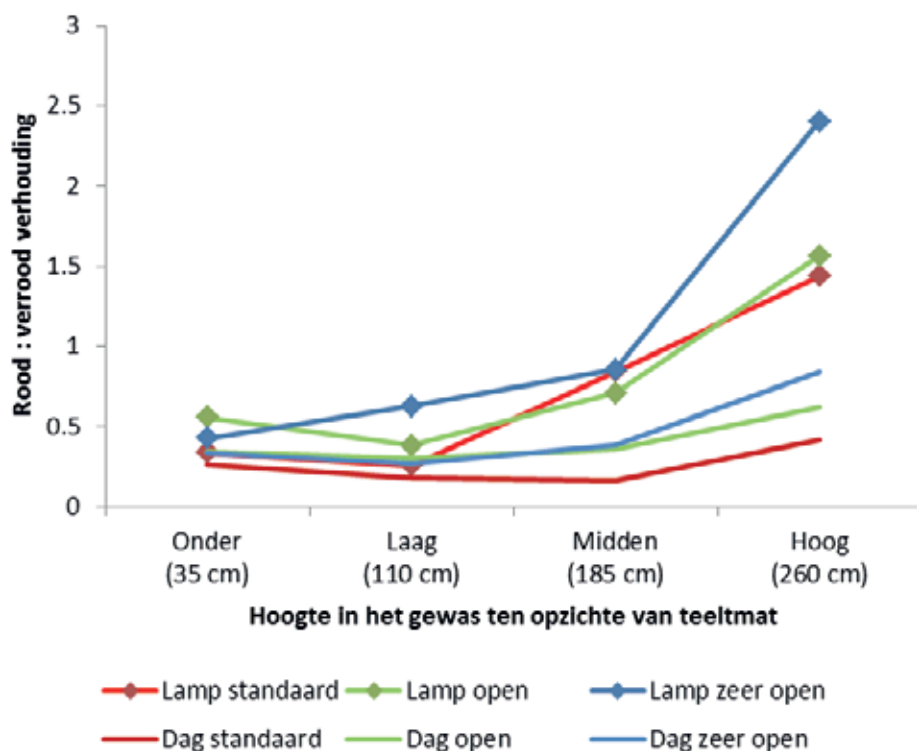
**Figuur 29** Lichtonderschepping door het gewas op 13 juli 2015.

### 5.6.3 Lichtspectrum tussen het gewas

De lichtspectra tussen het gewas zijn zowel onder alleen lamplicht als onder alleen daglicht opgenomen (bijlage 3 figuur 1). Ook hier is duidelijk te zien dat hoe meer blad er geplukt wordt hoe dieper het licht in het gewas kan komen met name in de zeer open behandeling zowel overdag als alleen met de lampen aan.

De opname van de spectra zijn ook gebruikt om de rood/verrood verhouding te berekenen op de hoogte van de onderste vier Apogee sensoren (1 is onderin het gewas).

Voor het berekenen van deze verhouding is voor rood de som van de lichtintensiteit tussen 655 en 665 nm genomen en voor verrood was dit de som tussen 725 en 735 nm. Figuur 30 laat zien dat de rood:verrood toeneemt naarmate je hoger in het gewas komt. Dit effect is met lamplicht sterker dan bij daglicht. Dit heeft te maken met de spectrale samenstelling van SON-T versus zonlicht. Zonlicht heeft meer verrood in verhouding tot rood licht dan SON-T.



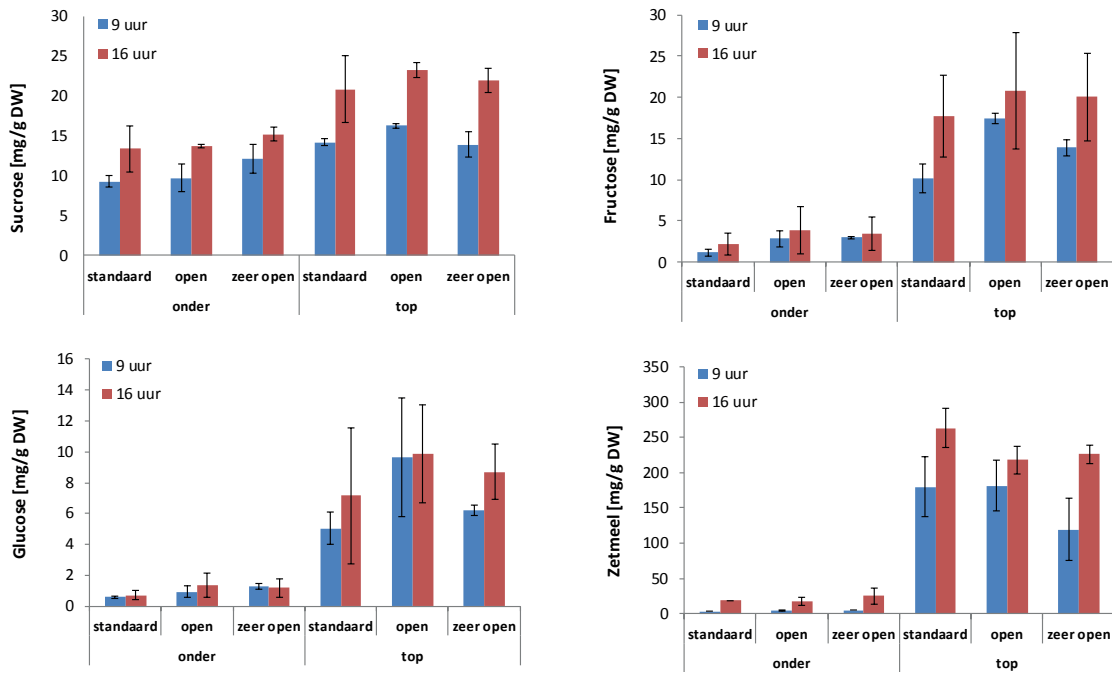
**Figuur 30** Rood/verrood verhouding tussen het gewas op vier hoogtes en onder condities van assimilatie belichting en daglicht.

Het feit dat onder assimilatie belichting de rood:verrood verhouding bij het zeer open gewas zeer hoog is, vooral boven in het gewas klopt met het korter blijven van het gewas. De planten zullen geen "shade avoiding" response laten zijn, maar juist korter blijven. Bladoppervlak reageert veel minder op de rood:verrood verhouding dan de stengelstrekking. De afname van de bladlengte in het zeer open gewas kan wel verklaard worden vanuit de rood:verrood verhouding. Relatief meer rood licht kan als signaal door de plant worden verwerkt om minder bladstrekking te krijgen.

## 5.7 Suikers en zetmeel analyses

Op 23 maart 2015 zijn er bladmonsters genomen om het gehalte aan suikers en zetmeel te bepalen. De monsters zijn op twee plaatsen in het gewas genomen; top en onderin het gewas.

In de middag zijn de gehalten aan suikers en zetmeel steeds hoger (Figuur 31). Bij alle behandelingen zijn de gehalten aan suikers en zetmeel onderin het gewas significant lager ten opzichte van in de top van het gewas. In de open behandeling zijn de gehalten van Sucrose, Fructose en Glucose in de top van het gewas steeds het hoogst (zowel in de ochtend als in de middag). Er worden echter geen significante verschillen gevonden tussen de behandelingen.



**Figuur 31** Sucrose, Fructose, Glucose en Zetmeel gehalte in blad onder en in de top van het gewas in de behandelingen (mg/g drooggewicht).

## 6 Discussie en Conclusies

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het experiment gebruikt voor onderbouwing van antwoorden op de vragen en hypothesen uit de inleiding. Het project Het nieuwe gewas is opgezet met een doelstelling die in drieën is op te delen. Deze delen worden hieronder besproken en toegelicht.

### 6.1 Open gewasstructuur en lichtefficiëntie

Het eerste deel van de doelstelling is dat een antwoord wordt gegeven op de vraag of een open gewasstructuur in combinatie met een LAI van ca. 2 een hogere lichtbenuttingsefficiëntie geeft dan een normale gewasstructuur.

De metingen van de fotosynthese curves laten geen verschil zien tussen de behandelingen in fotosynthese capaciteit van de bovenste bladeren. Lager in het gewas is de maximale fotosynthese capaciteit in het zeer open gewas hoger. Maar in het traject tot  $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  is er geen verschil.

In de winter met weinig licht ( $< 100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) zeker onderin het gewas is dit verschil niet belangrijk. Er mag dus worden geconcludeerd dat voor laag licht condities de bladfotosynthese niet is gewijzigd door de bladpluk strategieën. Voor dit aspect is de lichtefficiëntie als potentiële productie van assimilaten in gram per mol licht dus niet veranderd.

De lichtonderschepping was bij de zeer open behandelingen minder in de kop van het gewas, maar meer naar het middendeel. Onderin is de lichtonderschepping van de behandelingen in het hart van de teeltvrijwel gelijk. Alleen in de zomer is de lichtonderschepping in het zeer open gewas minder groot. De lagere LAI en de andere verdeling over de hoogte van het gewas was in de winter niet nadelig voor de lichtonderschepping. Dit heeft daarom ook geen effect op de lichtbenuttingsefficiëntie gehad. Voor Briosso hadden bij de zeer open bladpluk strategie meer bladeren langer aan de plant gehandhaafd kunnen worden. Dit zou de lichtonderschepping nog enkele procenten kunnen verhogen. Maar dit verhoogt ook de onderhoudsademhaling en dat kan weer negatief zijn. Het is hierbij balanceren tussen lichtonderschepping en ademhaling om tot het maximale rendement te komen.

De hoeveelheid versproduct –geogste tomaten- was in het begin van de teelt voor de bladpluk strategieën hoger. Dit gold vanaf de start tot begin maart, maar aan het eind van de teelt werd deze voorsprong weer volledig ingeleverd en omgekeerd in een lagere productie. Als lichtbenuttingsefficiëntie wordt gezien als versproduct per  $\text{m}^2$  kas per mol licht, dan is die in de loop van het experiment sterk gewijzigd. In het begin was de lichtbenuttingsefficiëntie in de zeer open behandeling hoger en aan het eind lager dan de standaard teelt.

Uit de droge stof analyse blijkt dat het zeer open gewas vooral aan het eind van de teelt minder biomassa heeft geproduceerd, maar dat de biomassa meer naar de vruchten is gestuurd. Dit leverde vruchten op met een hoger droge stof gehalte. Een verbetering van de lichtbenuttingsefficiëntie in de winter is het gevolg van een andere verdeling van de assimilaten. De hoeveelheid assimilaten was niet gewijzigd. De afname naar de zomer toe is het gevolg van de mindere lichtonderschepping die dan ontstaat.

Welke bladeren het licht onderscheppen in de winter is volgens de uitkomsten van deze proef dus niet relevant, als het licht maar wordt onderschept.

Vanuit de telers werd als kritiek gegeven dat het gewas in de standaard behandeling te vegetatief groeide. Er was naar hun mening met een andere sturing via klimaat en voeding een meer generatieve groei mogelijk. Dit zou de verdeling van de assimilaten tussen vrucht en plant meer naar de kant van de vruchten sturen. Aangezien het een energiebesparingsproef betrof, is de minimumbuis beperkt gebruikt. Dit geldt ook voor minimumventilatie.

Achteraf had er een week eerder al met de bladpluk behandelingen gestart kunnen worden.

Nadeel van de bladpluk strategie in combinatie met de wat zwakke trossen was dat de zetting van de trossen niet regelmatig verliep, waardoor de afrijping van de vruchten over de tros onregelmatiger werd bij veel bladplukken. De verschillen tussen de ontwikkeling van de planten was in de zeer open behandeling ook groter. Hier waren er meer planten met een zwakke ontwikkeling. Dit wijst erop dat het wel belangrijk is dat de sinksterkte van de tros in aanleg en ontwikkeling hoog moet zijn om een goede ontwikkeling te krijgen en dat bladeren in de directe omgeving die als source dienen de ontwikkeling van de tros bevorderen. Vanuit dit oogpunt is het dus wel gewenst dat er vooral door bladeren in de buurt van de ontwikkelende tros licht wordt onderschept. Dit is echter niet door metingen van de assimilatenstroom naar de tros en de herkomst van deze assimilaten onderbouwd.

Een vraag die in het kader van lichtbenuttingsefficiëntie in de inleiding ook is gesteld is de volgende: Hebben bladstructuur en bladstand effect op de lichtabsorptie, reflectie en transmissie? Uit de metingen met de Jaz blijkt de lichtabsorptie in het gewas te veranderen, waardoor de rood:verrood verhouding wijzigt en dit heeft gevolgen voor de gewasstrekking en bladgrootte (zie 5.6.3).

Deze gewasstrekking was in het zeer open gewas juist minder en ook de bladgrootte was kleiner dan in het standaard gewas. Dit was juist anders dan verwacht. Het gewas compenseert het aantal bladeren dus niet door grotere bladeren te maken. Hierdoor neemt het bladoppervlak per segment af bij meer bladplukken.

In de zomer was de LAI van 2 te laag om een goede plantontwikkeling te krijgen. Daarom moet het extra bladplukken niet structureel worden toegepast, maar kan het bij te vegetatieve ontwikkeling van een gewas goed worden gebruikt om de assimilaten meer naar de vruchten te sturen. Te weinig gewas in de zomer kan ook leiden tot te weinig verdamping en daardoor een slechter klimaat, d.w.z. een hogere kas- en planttemperatuur en lagere RV.

## 6.2 Besparing op elektriciteit en warmte

Het tweede deel van de doelstelling is aantonen dat bij een betere lichtefficiëntie van 10% en een gelijke productie 10 % op de assimilatiebelichting kan worden bespaard en door de lagere verdamping kan op warmte input 5 % worden bespaard.

De verdamping werd bij de lagere LAI van de zeer open kas met veel bladpluk iets geremd. De warmte input verschilde op jaarbasis tussen de standaard behandeling en de beide bladpluk behandelingen 5 %. Dat is in overeenstemming met de doelstelling. Daarbij moet echter wel worden aangetekend dat dit verschil klein is en mogelijk door andere factoren zoals temperatuur van naast gelegen afdelingen is beïnvloed.

De opener gewas structuur heeft geen effect gehad op de warmte verdeling en daarmee op de afrijping van de trossen.

Op belichting wordt niet bespaard als gekeken wordt naar belichtingsuren. De drogestof productie is ook niet anders geworden. Er is wel sprake van enige verbetering van de lichtbenuttingsefficiëntie door een gewijzigde assimilatenverdeling.

## 6.3 Praktische kennis

Het project moet uiteindelijk leiden tot praktische kennis voor een betere lichtbenutting in de belichte en onbelichte teelt bij hoog opgaande groentegewassen. In de hierboven genoemde punten staat de ontwikkelde kennis kort samengevat. Het grootste voordeel lijkt te behalen bij belichte teelten in de periode van toenemend gebruik van assimilatie belichting en als assimilatie belichting de belangrijkste lichtbron is. Bij afnemende assimilatie belichting en onder natuurlijk licht in de zomer is er geen extra voordeel te behalen.

De kennis over bladpluk strategieën heeft de telers nadrukkelijk aan het denken gezet en geleid tot het praktisch experimenteren met deze strategie. Aanvankelijk werd gedacht dat dit extra arbeid zou kosten, maar al snel werd duidelijk dat arbeid die er bij het blaadje wegnemen in gestopt wordt, later bij bladplukken weer volledig wordt gecompenseerd of zelfs arbeid bespaart. Het blaadje in de kop wegnemen kan in een normale ronde van gewas werk worden uitgevoerd.

De trosontwikkeling in het begin is belangrijk voor de verdere ontwikkeling en doorkleuring tijdens de groei en rijping. Een hapering in de zetting en ontwikkeling van de vrucht in de week van zetting van de tros uit zich later in ongelijktijdige afrijping van de vruchten op de tros en daarmee heeft het een negatief effect op de productie. De kans op scheuren van de 1<sup>e</sup> vruchten aan een tros neemt toe. Regelmaat en uniformiteit in zetting zijn voor de praktijk belangrijke randvoorwaarden bij bladplukken. Om die reden moet bladplukken als maatwerk voor de praktijk worden gebruikt. Na 1 maart gaf het extra wegnemen van blad in een jong stadium geen meerwaarde. Naar de zomer toe moet het niet worden toegepast, omdat dan de lichtonderschepping en het verdampend vermogen van het gewas te laag worden.

Een belangrijk aandachtspunt bij de uitvoering van de teelt is het in voldoende mate sturen naar generatieve ontwikkeling van de plant, waarbij de trossen beter uitgroeien en de bladeren van nature al klein blijven. Bij sterk generatieve gewassen en rassen zal bladplukken geen winst opleveren. De instrumenten voor goede generatieve ontwikkeling, zoals watergift en bemesting, telen bij voldoende lage relatieve luchtvochtigheid overdag om bladstrekking te beperken moeten primair goed worden ingezet om de plant optimaal te laten profiteren van het licht. Een lagere luchtvochtigheid moet echter niet leiden tot sluiten van de huidmondjes door sterke verdamping. Het balanceren tussen de juiste luchtvochtigheid voor optimale werking van de huidmondjes en maximale fotosynthese enerzijds en beperking van de strekkingsgroei van het blad anderzijds is een praktische uitdaging.

Voor hoge draad komkommer onder assimilatie belichting zou bladplukken in een jong stadium mogelijk ook gunstig kunnen zijn. Paprika wordt vrijwel niet onder assimilatie belichting geteeld. Bij Paprika is bekend dat bladplukken leidt tot een beperking van de groei van de kop en dit is nadelig voor de ontwikkeling van nieuwe bloemen. Bij siergewassen kan bij Gerbera gedacht worden aan bladplukken, maar daar is het praktisch niet moeilijk uitvoerbaar om blad in een jong stadium weg te nemen. Bij Anthurium is bladbreken als praktische maatregel al in de praktijk toegepast.





# Bijlage 1 Publiciteit

## Artikel in Onder Glas

Velden, P. van; Gelder, A. de (2015)

Onder Glas 12 (6/7). - p. 14 - 15. Open gewas kan productie vervroegen en energie besparen : Filosoferen over Het Nieuwe Gewas

## Presentaties

Voortgangsrapportages bij de begeleidingscommissie.

13-11-2014 HAS Den Bosch Business Event. Het Nieuwe Telen.

26-3-2015 Energiek Event Workshop i.s.m. Jeroen Sanders van proeftuin Zwaagdijk. De teler als architect van het gewas : het nieuwe gewas : optimale benutting in de winter

18-5-2015 Bijeenkomst LTO-Glaskracht in Grashoek i.s.m. Jeroen Sanders van proeftuin Zwaagdijk. De teler als architect van het gewas

1-6-2015 Kennisinteractie bijeenkomst i.s.m. Jeroen Sanders van proeftuin Zwaagdijk. De teler als architect van het gewas

8-10-2015 Belichtingsgroep tomaten telers. Locatie Looye Tomaten. Het nieuwe gewas

9-12-2015 Lichteent. Kruisbestuiving over belichting.

Er is geregeld een toelichting bij de kasexperimenten gegeven tijdens rondleidingen die georganiseerd werden als onderdeel van grotere bijeenkomsten.

## Weblogs

<https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/bladplukken-doorgaan-en-stoppen/>

<https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/groeien-en-verdelen-van-suikers-hoe-kom-je-het-verst/>

<https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/goed-herstel-gewassen-bij-bladplukexperimenten/>

<https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/opvallende-zaken-bladplukproef-tomaat/#.VNnXrE10z2Q>

<https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/proef-bladplukstrategie-in-wur-proefkas/>

<http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Wageningen-UR-Glastuinbouw/show/Gewasstructuur-Tomaat-.htm>



## Bijlage 2 Lichtverdeling lampen

Tabel 1

Lichtintensiteit van het PAR licht ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) van de SON-T lampen gemeten op 50cm onder het gewasdraad om de 50 cm in afdeling 6.07 (zeer open).

Afstand m	Zij bed	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Bed 4	Bed 5	Zij bed
12	88	474	154	440	158	536	65
11.5	92	434	190	406	186	442	94
11	98	303	195	252	195	404	109
10.5	87	221	184	234	199	325	97
10	108	203	212	216	209	229	115
9.5	122	213	241	255	295	237	143
9	139	258	279	288	280	282	212
8.5	160	231	289	346	313	382	311
8	227	354	371	390	433	374	369
7.5	256	344	374	346	415	334	346
7	182	266	237	297	267	262	256
6.5	131	176	197	262	160	183	172
6	85	159	147	199	128	148	115
5.5	72	129	199	166	94	123	77
5	74	176	238	159	197	171	114
4.5	172	231	326	186	227	178	189
4	243	286	395	261	312	256	273
3.5	367	351	423	376	389	321	344
3	247	349	324	385	389	341	361
2.5	168	278	252	333	239	348	243
2	114	259	216	270	209	300	186
1.5	102	205	175	237	166	251	159
1	88	197	174	203	172	193	93
0.5	105	420	161	287	167	230	102
0	76	555	169	466	174	479	181
Beton pad							
Gemiddelde	144	283	245	290	239	293	189

Tabel 2

Lichtintensiteit van het PAR licht ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) van de SON-T lampen gemeten op 50cm onder het gewasdraad om de 50 cm in afdeling 6.08 (standaard).

Afstand m	Zij bed	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Bed 4	Bed 5	Zij bed
12	98	605	129	527	121	592	61
11.5	104	522	156	484	155	489	128
11	105	324	170	352	177	401	108
10.5	96	218	197	211	171	245	113
10	136	207	220	179	161	191	83
9.5	231	274	261	226	205	211	151
9	303	317	313	302	258	289	187
8.5	319	397	375	376	380	381	318
8	243	438	430	410	395	400	438
7.5	193	339	403	376	338	369	368
7	111	271	282	275	262	257	291
6.5	73	205	185	216	205	173	109
6	61	124	144	152	132	135	58
5.5	86	129	130	127	84	106	72
5	138	167	195	172	165	156	174
4.5	219	209	240	209	206	198	281
4	261	281	344	314	374	292	375
3.5	283	369	435	384	396	353	411
3	227	386	425	379	383	369	295
2.5	157	349	399	369	268	283	221
2	87	272	287	269	221	252	150
1.5	99	228	222	224	194	202	102
1	95	220	169	207	178	194	79
0.5	116	318	150	309	189	304	95
0	105	435	166	512	190	468	102
Beton pad							
Gemiddelde	158	304	257	302	232	292	191

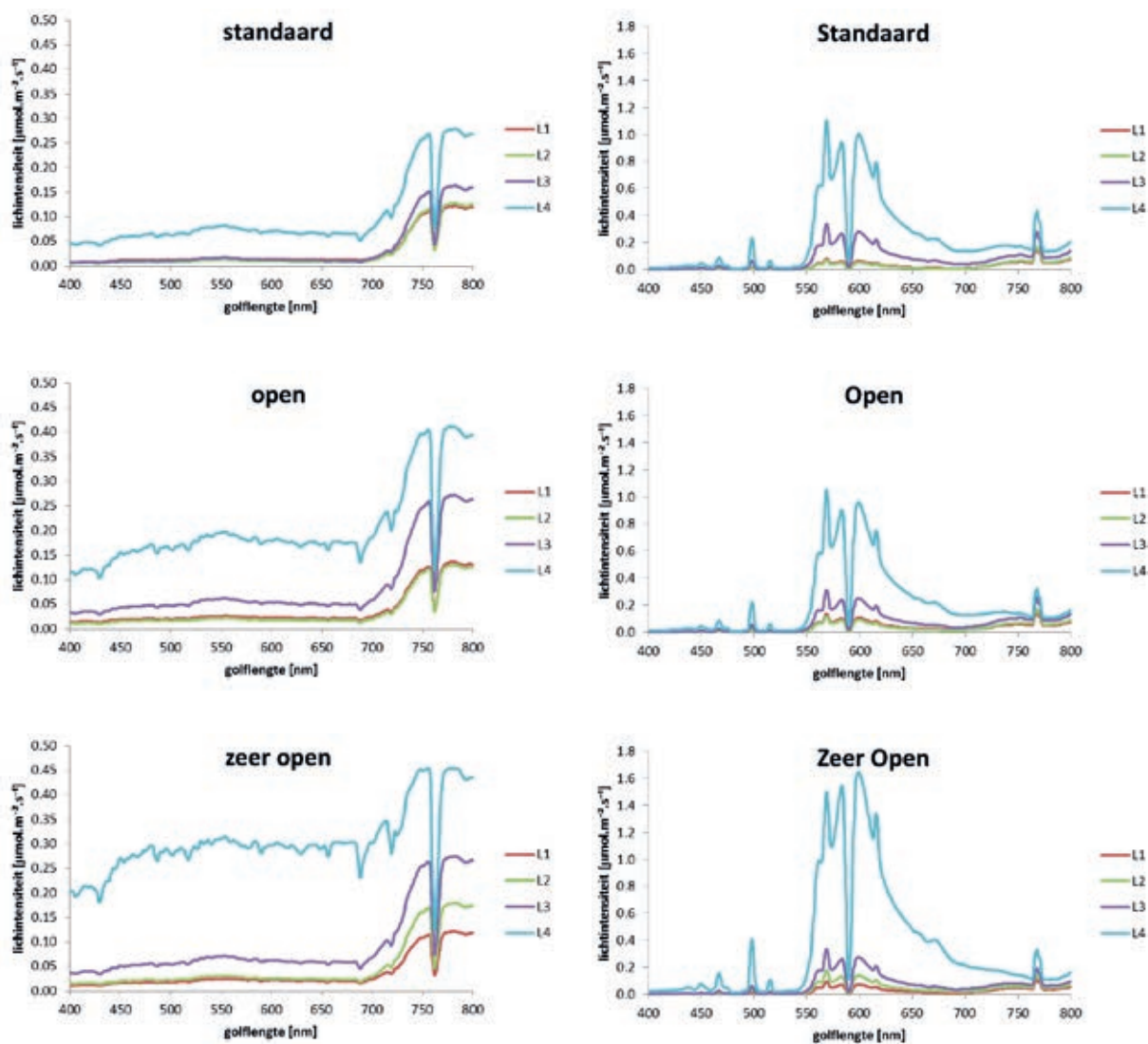
Tabel 3

Lichtintensiteit van het PAR licht ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) van de SON-T lampen gemeten op 50cm onder het gewasdraad om de 50 cm in afdeling 6.09 (open).

Afstand m	Zij bed	Bed 1	Bed 2	Bed 3	Bed 4	Bed 5	Zij bed	
12		109	472	155	433	140	329	62
11.5		85	424	179	475	171	459	100
11		91	374	181	290	191	476	100
10.5		91	237	211	202	174	280	97
10		105	220	217	202	223	212	106
9.5		167	248	255	238	247	223	136
9		237	295	296	259	299	262	176
8.5		322	352	367	318	379	299	241
8		329	377	400	361	395	341	374
7.5		238	318	361	340	369	356	343
7		166	230	282	269	255	338	244
6.5		56	173	201	214	200	244	179
6		61	120	150	165	150	202	112
5.5		110	124	134	134	158	146	87
5		176	185	176	159	179	147	78
4.5		258	225	250	225	215	179	104
4		337	303	295	298	297	241	167
3.5		343	352	400	344	374	316	263
3		234	336	410	374	360	361	328
2.5		156	283	312	323	336	374	326
2		119	244	230	276	281	292	189
1.5		121	205	156	226	242	236	139
1		122	209	164	210	201	223	99
0.5		117	318	128	353	186	332	92
0		135	503	112	471	171	447	112
Beton pad								
Gemiddelde		171	285	241	286	248	293	170



## Bijlage 3 Lichtspectra tussen het gewas



**Figuur 1** Links de spectra onder daglicht en rechts de spectra onder lamplicht.

L1 = 35 cm boven mat, L2= 110 cm boven mat, L3=185 cm boven mat en L4=260 cm boven mat.

Metingen gedaan op 9 maart 2015. Het gewas komt dan met de kop boven L4 uit.

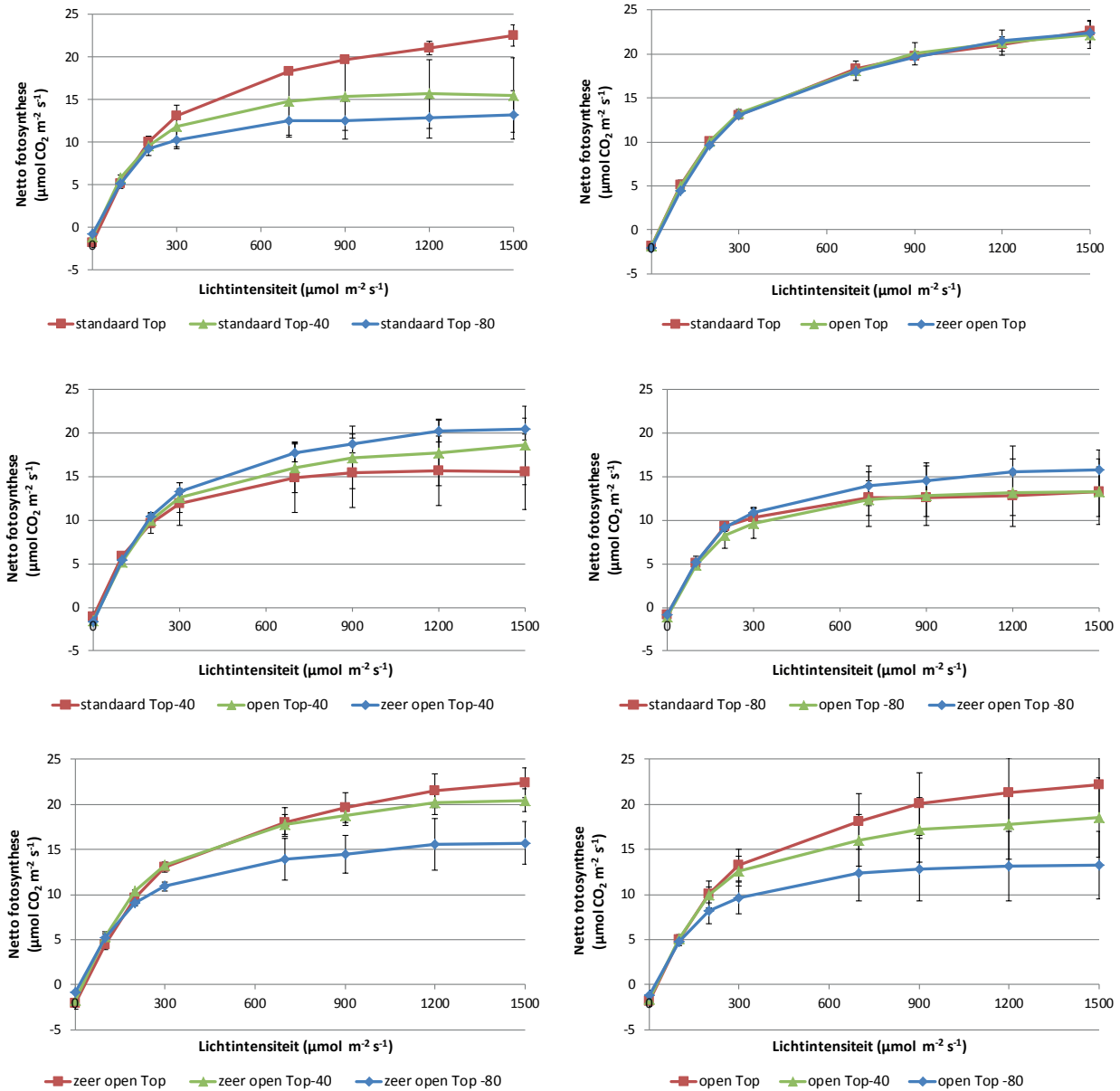
De linker figuren komen overeen met andere metingen. (zie Hemming et al. 2004. Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw, figuur 17). De lijnen van de rechter figuren kloppen met de spectrale samenstelling van SON-T. Een groot deel van het licht rond de 600 nm, dat goed wordt geabsorbeerd door het gewas.





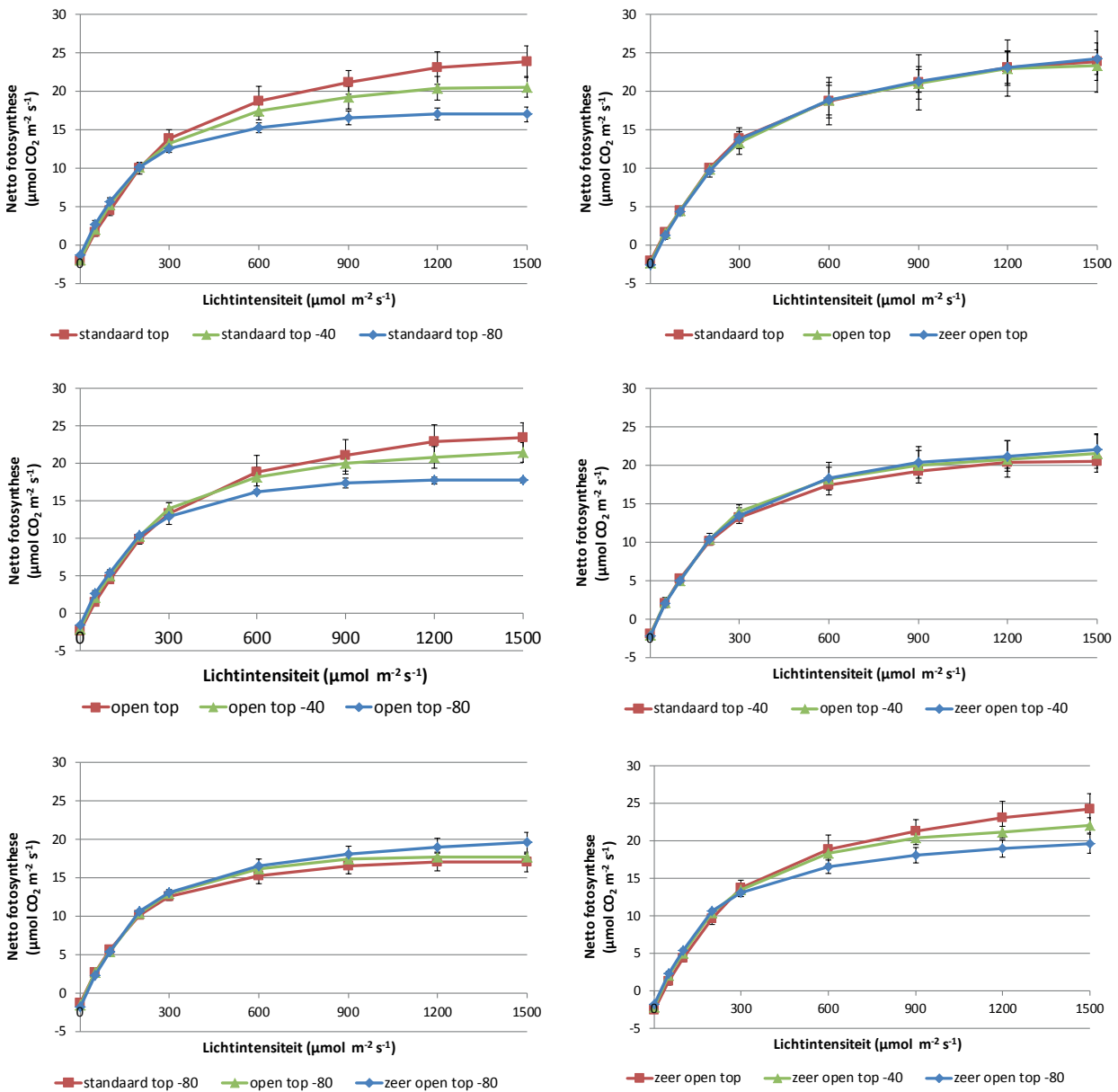
# Bijlage 4 Fotosynthese metingen

Fotosynthesemetingen van december 2014. De metingen laten zien dat de fotosynthese lager in het gewas minder is bij een hoge lichtintensiteit. Tussen de behandelingen worden geen statistische verschillen waargenomen. Bij -40 en -80 cm van de top is de fotosynthese in de zeer open behandeling wel steeds iets hoger.



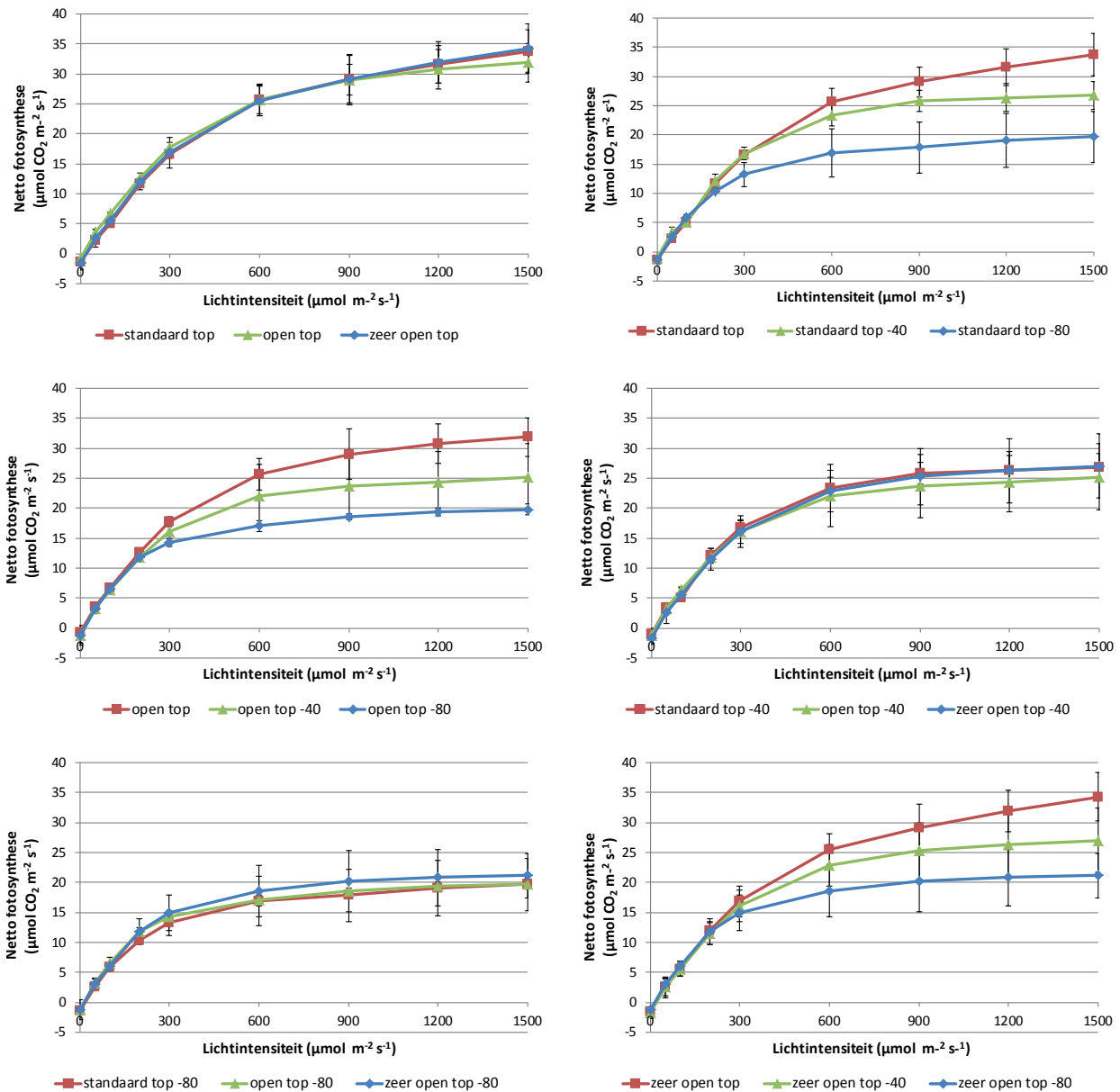
**Figuur 1** Respons van de netto fotosynthese op een reeks lichtintensiteiten. De metingen zijn gedaan op 9 en 10 december 2014 in alle behandeling op drie hoogtes in het gewas. Links de curves per behandeling en rechts de curves per hoogte in het gewas. De verticale lijnen door de symbolen geven de standaardafwijking aan.

Fotosynthesemetingen van januari en februari 2015. De metingen laten zien dat de fotosynthese lager in het gewas lager is bij een hoge lichtintensiteit. Tussen de behandelingen worden geen statistische verschillen waargenomen. Bij de -80 cm van de top is de fotosynthese in de zeer open behandeling wel iets hoger, ten opzicht van de metingen in december 2014 is het wel veel minder.



**Figuur 2** Respons van de netto fotosynthese op een reeks lichtintensiteiten. De metingen zijn gedaan op 29 januari, 2 en 5 februari 2015 in alle behandeling op drie hoogtes in het gewas. Links de curves per behandeling en rechts de curves per hoogte in het gewas. De verticale lijnen door de symbolen geven de standaardafwijking aan.

Fotosynthesemetingen van mei 2015. De metingen laten zien dat de fotosynthese lager in het gewas lager is bij een hoge lichtintensiteit. Tussen de behandelingen worden geen statistische verschillen waargenomen.



**Figuur 3** Respons van de netto fotosynthese op een reeks lichtintensiteiten. De metingen zijn gedaan op 1, 7 en 8 mei 2015 in alle behandeling op drie hoogtes in het gewas. Links de curves per behandeling en rechts de curves per hoogte in het gewas. De verticale lijnen door de symbolen geven de standaardafwijking aan.









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



Wageningen UR 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  
[www.wageningenur.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1407

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.