



# Energiebesparing door bladpluk bij komkommer

Experiment 2016

Anne Elings en Jan Janse

Rapport GTB-1451

## Referaat

Omdat uit onderzoek naar bladplukken bij tomaat was gebleken dat dit de drogestofverdeling naar de vruchten kan verbeteren en tot productieverhoging kan leiden, is met een hogedraad komkommengewas in het voorjaar en de zomer van 2016 een verkennend experiment uitgevoerd. De 5 behandelingen bestonden uit combinaties van 3 of 3.5 stengels  $m^{-2}$ , en 0%, 16% of 33% bladpluk in de kop van het gewas. De combinatie 3.5/0% ontbrak. Het aantal vruchten  $m^{-2}$  was het meest bepalend voor de kilo-productie, dat wordt bepaald door een optimale combinatie van stengeldichtheid en assimilatenaanbod. Het is dus belangrijk om de teelthandelingen dusdanig uit te voeren dat het maximaal haalbare aantal vruchten met voldoende gewicht kan worden bereikt. Bladpluk alleen leidde tot een licht stijgende abortie, een lagere ontwikkelingssnelheid en dus minder oksels, een lagere LAI met minder lichtonderschepping en gaf dus minder vruchten en minder kilo's. Dit kan echter worden gecompenseerd door een hogere stengeldichtheid. Er ontstaat dan een gewas met een normale LAI en gewasstructuur, maar wel met een hoger aantal oksels  $m^{-2}$  waar vruchten aangehouden kunnen worden. De productie en lichtbenuttingsefficiëntie nemen toe. Hier staat tegenover dat ook de arbeid voor gewasverzorging en de kans op te kleine vruchten toeneemt. Het is, net als bij tomaat, te verwachten dat toepassing in donkere perioden leidt tot minder energieverbruik om vocht af te voeren. De aanbeveling voor de praktijk, op basis van wat we nu weten, zou zijn: pluk maar met mate blad klein blad weg, combineer het met een relatief hoge stengeldichtheid, en bespaar energie in een winterteelt.

## Abstract

As leaf removal experiments in tomato had shown that this improved dry matter partitioning to the fruits and production, a pilot experiment with high-wire cucumber was conducted in the spring and summer of 2016. The 5 treatments were combinations of 3 or 3.5 stems  $m^{-2}$ , and 0%, 16% of 33% leaf removal in head of the crop. The combination 3.5/0% was lacking. The total number of fruits  $m^{-2}$  was the most important factor for production, which is determined by the optimal combination of stem density and assimilate supply. It is therefore important to grow the crop such that the maximum number of fruits with sufficient weight can be realized. Leaf removal in itself led to a slightly higher abortion, a lower development rate and therefore less axils, and a lower LAI with less light interception, and therefore produced less fruits and kilos. This, however, can be compensated with a higher stem density. It results in a crop with a normal LAI and architecture, combined with more axils  $m^{-2}$  that can bear fruits. Production and light use efficiency increase. On the other hand, labour and the chance on too small fruits will increase. Just as in case of tomato, it is likely that leaf removal in dark periods leads to less energy use to discharge moisture. The recommendation for growers, based on knowledge so far, would be: remove some small leaves, combine this with a relatively high stem density, and save energy in winter.

## Rapportgegevens

Rapport GTB-1451

Projectnummer: 3742223700

PT nummer: 20033

DOI nummer: 10.18174/421068

## Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), 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.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research). Wageningen Plant Research.

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 University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Probleemstelling	7
	1.2 Doelstellingen	7
	1.3 Inpassing	8
	1.4 Dankwoord	8
<b>2</b>	<b>Materiaal en Methoden</b>	<b>9</b>
	2.1 Proefopzet	9
	2.1.1 Verkennend experiment	9
	2.1.2 Experimentele details	9
	2.1.3 Teeltstrategie	9
	2.1.4 Behandelingen	9
	2.1.5 Kasinrichting en technische uitvoering	11
	2.1.6 Overleg en samenwerking	11
	2.2 Waarnemingen	11
	2.2.1 Periodieke gewaswaarnemingen	11
	2.2.2 Bladoppervlak	12
	2.2.3 Fotosynthese	12
	2.2.4 Lichtonderschepping	13
	2.2.5 Stengelgewicht	13
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>15</b>
	3.1 Klimaat	15
	3.1.1 Temperatuur	15
	3.1.2 Luchtvochtigheid	15
	3.1.3 CO <sub>2</sub>	16
	3.1.4 Straling	16
	3.1.5 Schermgebruik	17
	3.2 Gewasstand	17
	3.3 Lengtegroei	18
	3.4 Aantal oksels en bladeren	19
	3.5 Bladoppervlak	21
	3.5.1 LAI	21
	3.5.2 Lichtonderschepping	22
	3.6 Vruchten	23
	3.6.1 Plantbelasting	23
	3.6.2 Abortie	24
	3.6.3 Uitgroeiduur	25
	3.6.4 Productie	27
	3.7 Fotosynthese	29
	3.8 Stengelgewicht aan einde teelt	30

<b>4</b>	<b>Fysiologische analyse</b>	<b>31</b>
4.1	Licht	31
4.2	Fotosynthese, ademhaling, assimilatenbeschikbaarheid en groei	33
4.3	De source-sinkbalans	34
4.4	Ontwikkeling	35
4.4.1	Aantal oksels	35
4.4.2	Vruchtzetting	35
4.5	Vruchtgroei en vruchtgewicht	36
4.5.1	Productie	36
4.5.2	Drogestofgehalte van de vruchten	38
<b>5</b>	<b>Discussie en Conclusies</b>	<b>39</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>45</b>
	<b>Bijlage 1 Publiciteit</b>	<b>47</b>
	<b>Bijlage 2 Klimaatgegevens</b>	<b>49</b>
	<b>Bijlage 3 Bladoppervlak</b>	<b>51</b>
	<b>Bijlage 4 Lengte, oksels en bladeren</b>	<b>53</b>
	<b>Bijlage 5 Vruchten</b>	<b>57</b>
	<b>Bijlage 6 Productieverbanden</b>	<b>59</b>
	<b>Bijlage 7 Fotosynthese per behandeling</b>	<b>61</b>
	<b>Bijlage 8 Fotosynthese bij 500 ppm CO<sub>2</sub></b>	<b>63</b>
	<b>Bijlage 9 Fotosynthese bij 800 ppm CO<sub>2</sub></b>	<b>65</b>
	<b>Bijlage 10 Simulaties per behandeling</b>	<b>67</b>



# Samenvatting

Er zijn recent een aantal onderzoeken naar bladplukken verricht waaruit bleek dat dit de drogestofverdeling naar de vruchten kan verbeteren en tot productieverhoging kan leiden. Dit was aanleiding om met hogedraad komkommernewas van april tot en met september 2016 bij Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw in Bleiswijk een verkennend experiment uit te voeren. Er werden vijf behandelingen, elk bestaande uit een carrousel, van het ras Hi Power toegepast. Deze vijf behandelingen bestonden uit combinaties van 3 of 3.5 stengels m<sup>-2</sup>, en 0%, 16% of 33% bladpluk in de kop van het gewas. De combinatie 3.5/0% ontbrak a.g.v. ruimtegebrek.

Tabel 0.1

*De vijf behandelingen en totale versproductie.*

Stengel- dichtheid (# m <sup>-2</sup> )	Bladpluk bovenin	LAI	Gewasstructuur	Cumulatief aantal vruchten (# m <sup>-2</sup> )	Gemiddeld vruchtgewicht (g vrucht <sup>-1</sup> )	Cumulatieve versproductie (kg m <sup>-2</sup> )
3	0%	normaal	normaal	192	413	79.2
3	16%	laag	open	186	400	74.5
3	33%	extra laag	extra open	174	411	73.6
3.5	16%	normaal	normaal	212	389	82.5
3.5	33%	laag	open	176	401	70.6

Het totaal aantal vruchten m<sup>-2</sup> was het meest bepalend voor de totale versproductie en dit wordt bepaald door een optimale combinatie van stengeldichtheid en assimilatenaanbod. Het is dus belangrijk om de teelthandelingen dusdanig uit te voeren dat het maximaal haalbare aantal vruchten kan worden bereikt. Natuurlijk speelt het vruchtgewicht ook een rol, maar omdat hier bij de oogst getracht wordt om vruchten in een bepaalde gewichtsklasse te oogsten, is deze beperkt variabel. Als de vruchten te klein dreigen te worden, kan er meer gedund worden zodat het aantal vruchten afneemt.

Er zijn een aantal processen om rekening mee te houden:

1. De abortie nam toe bij een hogere stengeldichtheid en meer bladpluk. Dit heeft te maken met de beperkte beschikbaarheid van assimilaten voor de jonge vruchten. Het is de vraag of minder dunning wel tot meer volwassen vruchten leidt of dat de abortie toeneemt.
2. Een open gewasstructuur geeft een lagere ontwikkelingssnelheid van het gewas, dus in totaal minder oksels. Dit kan waarschijnlijk met een goede dunningsstrategie worden gecompenseerd, mits de LAI hoog genoeg is om de assimilaten voor extra vruchten te leveren.
3. Bladpluk alleen leidde tot kleinere bladeren en dus tot een lagere LAI en lichtonderschepping. Minder bladeren en kleinere bladeren versterken elkaar.

Als gevolg van deze drie effecten leidde bladpluk in de proefperiode rond de zomer (april tot en met september) tot de oogst van minder vruchten en minder kilo's.

4. De behandelingen hadden geen effect op de fotosynthese zodat verschillen in lichtonderschepping zich direct in groeiverschillen vertalen, en niet via verschillen in fotosynthese worden gecompenseerd (of juist versterkt).

5. De ongewenste effecten van abortie, lagere ontwikkelingssnelheid en lagere LAI kunnen worden gecompenseerd met een hogere stengeldichtheid. Als een iets hogere stengeldichtheid (3.5 i.p.v. 3 stengels  $m^{-2}$ ) wordt gecombineerd met een lichte bladpluk (16%) dan ontstaat er een gewas met een normale LAI en gewasstructuur, maar wel met een hoger aantal oksels  $m^{-2}$  waar vruchten aangehouden kunnen worden. De productie en lichtbenuttingsefficiëntie nemen toe. Hier staat tegenover dat ook de arbeid voor gewasverzorging toeneemt.

Een iets hoger aantal oksels  $m^{-2}$  kan ook worden bereikt door of en toe een setje van 2 vruchten aan te houden.

# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Een belangrijk onderdeel van Het Nieuwe Telen is het goed in balans houden van het gewas. Dit heeft twee dimensies. Ten eerste moet er iedere dag een maximale hoeveelheid assimilaten naar de vruchten zonder dat de groeikracht van het gewas er onder leidt. Ten tweede moet dit voor wat betreft het gewas mogelijk gemaakt worden door de juiste gewashandelingen te verrichten: bijvoorbeeld stengels aanhouden, plukken van niet-actief blad, vruchten dunnen. Komkommer is een voorbeeld van een gewas dat niet als geheel op de markt wordt gebracht maar waarvan alleen de vruchten worden verkocht. Bij deze gewassen kan dus met de gewasopbouw worden gevarieerd omdat de handel hier niets van merkt.

Er is aangetoond dat een open gewas door bladplukken bij tomaat (ras Briosio) de plant beter in balans kan houden. Doordat er minder bladeren aan de plant hangen is er minder verlies aan onderhoudsademhaling, en wordt in de winter het relatieve aandeel van de drogestof dat naar de vruchten gaat hoger. Daarmee wordt de lichtbenuttingsefficiëntie beter.

De teelt van hogedraadkomkommer is erg vergelijkbaar met die van tomaat en daarmee geschikt om als nieuw voorbeeldgewas Het Nieuwe Telen verder uit te diepen. Komkommer kent een relatief korte aanloopfase en is snel in het ritme van de stabiele productiefase. Uitgaande van de behoefte van het volwassen gewas bestaan ook hier mogelijkheden om door de juiste bladpluk in de kop van de plant en stengeldichtheid een opener gewas te realiseren, de assimilatenverdeling te verbeteren, onderhoudsademhaling te verminderen en zo tot een betere lichtbenuttingsefficiëntie en productie te komen.

Het opener gewas leidt daarnaast tot meer licht op de uitgroeïende vruchten, wat ten goede komt aan de groei, vruchtkleur en houdbaarheid. Verder geeft het kleinere bladoppervlak een lagere verdamping waardoor er minder vocht weg-geventileerd hoeft te worden. Als dit wordt gecombineerd met nog intensiever schermen biedt dit mogelijkheden om (mits vertaald naar een wintersteelt) bij te dragen aan energiebesparing. De lagere verdamping kan ook leiden tot minder vochtproblemen en vochtgerelateerde ziekten.

## 1.2 Doelstellingen

### **Technische doelstellingen**

- Verbetering van de lichtbenuttingsefficiëntie en productie (5%) door.
  - Aangepaste bladpluk en stengeldichtheid, en daardoor een opener gewasstructuur en een betere lichtverdeling door het gewas.
  - Minder onderhoudsademhaling.
  - Een betere assimilatenverdeling ten gunste van de vruchten.

### **Energiedoelstellingen**

- In de voorgestelde zomerteelt wordt er weinig vermindering van het toch al beperkte gasverbruik verwacht. Maar toepassing in andere seizoenen leidt naar verwachting wel tot minder gasverbruik (minstens 5%) omdat er minder verdampingsvocht weg-geventileerd hoeft te worden. Dit leidt tot een betere energiebenuttingsefficiëntie.
- Het onderzoek is relevant voor de Nederlandse komkommertelers (2014: 234 bedrijven op 598 ha; [www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl); 2015: ca. 570 ha, waarvan ca. 120 ha teelt aan de hogedraad). Het areaal met hogedraad groeit de laatste jaren.
- Een mogelijke belemmering wordt gevormd door de extra arbeid, al kan het wegnemen van het jonge blad gelijktijdig met het indraaien plaatsvinden en deze bladeren hoeven onderin niet meer weggenomen te worden.

### **Nevendoelstellingen**

- Er zijn geen directe nevedoelstellingen van dit project.

## 1.3 Inpassing

Het onderzoek staat in relatie tot de volgende onderzoeken:

1. In de 2014-2015 proef 'Het Nieuwe Gewas: Verhogen van de lichtbenutting door de plant' werd bij het tomatenras Briosio aangetoond dat door een meer open gewas, een verhoging van de lichtbenuttingsefficiëntie gerealiseerd kan worden. Dit speelde met name in de winter als de beperkte lichthoeveelheid optimaal moet worden ingezet. Na de winter werd er geen productiewinst meer behaald en werd de lichtbenutting lager omdat bij de hogere lichtintensiteiten ook onderin het gewas relatief veel licht beschikbaar was (de Gelder *et al.* 2016).
2. In de 2015-2016 proef 'Tomatenproductie sturen van blad naar vrucht' is met wederom Briosio hierop voorgebouwd (Elings *et al.* 2017). Er werd onder meer gevonden dat door bladpluk in de winter de drogestofverdeling naar de vruchten wordt gestimuleerd, maar dat 55% bladpluk uit productieoogpunt in de winter te risicovol kan zijn. In de zomer moet bladpluk in de kop van het gewas worden uitgevoerd, en niet lager in het gewas, en is het van belang om het aantal vruchten per m<sup>2</sup> zo hoog mogelijk te houden. De kans op groene puntvruchten is dan echter aanwezig.
3. Binnen het project "Paprikateelt in een hoogisolierende kas" zijn waarnemingen gedaan aan paprikaplanten waar blad in een zeer jong stadium wordt geplukt. Er bleek al snel dat dit nadelig was voor de groei van de kop zodat dit niet is doorgezet (de Gelder *et al.* 2017).
4. Het onderzoek sluit aan bij 'Sturen op vochtafvoer' (de Gelder, 2016).

De uitvoering en opzet zijn afgestemd met tuinders die op hun eigen bedrijf hogedraadkomkommer telen.

Voor het in de praktijk brengen van de onderzoeksresultaten zijn geen noemenswaardige vervolgstappen nodig, afgezien van goed bekend maken in de praktijk van de onderzoeksresultaten.

## 1.4 Dankwoord

Het project werd in het kader van het programma 'Kas als Energiebron' gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken en het Productschap Tuinbouw, onder projectnummer 20033.

Dank gaat uit naar Gerdien Kouwenhoven, Mary Warmenhoven, Johan Steenhuizen en Peter Lagas voor het uitvoeren en verwerken van een groot aantal metingen aan het gewas en naar het kaspersoneel van WUR Glastuinbouw voor het zorgvuldig verzorgen van het gewas.



## 2 Materiaal en Methoden

### 2.1 Proefopzet

#### 2.1.1 Verkennend experiment

De proef was een verkenning waarin een aantal variaties in bladpluk en stengeldichtheid met elkaar werden vergeleken. Het experiment vond plaats in compartiment 8.04 van 144 m<sup>2</sup> bij WUR Glastuinbouw in Bleiswijk. Deze bood ruimte voor 5 rijen met een V-systeem (exclusief randrijen). De beperkte kasruimte en het feit dat het een verkennend onderzoek was hielden in, dat er geen herhalingen en warring (Engels: 'randomization') in de kas mogelijk waren en dat resultaten daarmee indicatief zijn. Veelbelovende behandelingen zouden in een vervollexperiment nauwkeuriger kunnen worden onderzocht.

#### 2.1.2 Experimentele details

Ras:	Hi Power F1 van Bayer/Nunhems. Dit is een voorjaar-zomerras voor hogedraadteelt met hoge resistentie tegen <i>Corynespora cassiicola</i> en <i>Cladosporium cucumerinum</i> .
Plantdatum:	5 april 2016.
Plantdichtheid	1.5 of 1.75 planten m <sup>-2</sup> .
Stengels per plant	2 (getopte plant)
Begin bladplukbehandelingen:	21 april 2016 (week 16).
Toppen:	half september.
Laatste oogst:	7 oktober 2016.

#### 2.1.3 Teeltstrategie

Met begin april als plantdatum groeit het gewas aanvankelijk bij toenemende lichtintensiteit. In het begin van de teelt zal de LAI snel toenemen om te stabiliseren als de bladpluk onderin het gewas is begonnen. Het aanhouden van extra stengels hangt hiermee samen: extra stengels leveren extra LAI. De langste dag valt op 21 juni, iets minder dan drie maanden na de plantdatum, en ongeveer halverwege de teeltperiode. Na de langste dag neemt de lichthoeveelheid af, waarbij een meer open gewasstructuur past. In 2016 was augustus erg licht zodat er toen geen extra blad is geplukt.

De teeltmaatregelen om de LAI en daarmee lichtonderschepping te sturen zijn strategisch van aard, maar niet voldoende om op de korte, operationele termijn invloed uit te oefenen. De beschikbaarheid van licht is niet alleen afhankelijk van de daglengte maar ook van de bewolking die in Nederland enorm kan variëren. Hogedraadtellers schermen in de zomer om te hoge instraling /c.q. hoge koemperaturen te vermijden. In het experiment is verneveld. Er is tot op zekere hoogte getracht om te telen volgens het principe van Het Nieuwe Telen. Dit betekent wat minder ventileren om CO<sub>2</sub> en vocht binnen te houden. In de kleine kas werd het echter snel te warm, waardoor er vaak toch flink geventileerd moest worden om niet te hoge etmaaltemperaturen te realiseren. Dit heeft uiteraard invloed op het gerealiseerde CO<sub>2</sub>-gehalte.

#### 2.1.4 Behandelingen

Er was ruimte voor 5 niet-herhaalbare behandelingen van een rij met een V-systeem waarin de linker- en rechterstengel een ronddraaiende carrousel vormden.

Er werd variatie tussen de behandelingen in stengeldichtheid en bladpluk in de kop van het gewas gerealiseerd. Het streven was om op deze manier verschillende gewasstructuren te realiseren in de zoektocht naar optimale lichtonderschepping, minimale investering in 'overbodig' bladmateriaal en het gebruik van zo veel mogelijk assimilaten voor de vruchtgroei.

De variatie in stengeldichtheid werd daarnaast toegepast om verschillen in plantbelasting (aantal vruchten m<sup>-2</sup>; dus niet per plant!) te laten ontstaan. Hierdoor ontstonden ook verschillende optimale verhoudingen tussen straling en temperatuur maar omdat de behandelingen zich samen in een compartiment bevonden was het niet mogelijk om het klimaat aan te passen aan de verschillende behandelingen. Er werd dus qua temperatuur voor een grootste gemene deler gekozen.

Verdere toelichting:

- Uitgangspunt: 50% dunnen. Het ras aborteert niet snel. Soms blijven kleine vruchten hangen en moeten deze er kleiner worden afgehaald.
- In de praktijk worden er maximaal (rekening houdend met abortie) 10-10.5 nieuwe vruchten per m<sup>2</sup> per week gevormd (en dus ook maximaal geoogst). Dit komt overeen met 3-3.5 nieuwe vruchten per stengel per week. Dit kan in de mooie voorjaarsmaanden en in de zomermaanden worden bereikt. In het experiment was dat over de hele proefperiode gemiddeld 2.9 vruchten per stengel (Tabel 4.1).
- Naar de herfst (in het experiment vanaf week 34) toe zal dit moeten afnemen, door bijvoorbeeld te toppen of meer de dunnen.
- Overall worden ongeveer evenveel (10.5) vruchten m<sup>-2</sup> aangehouden. Dan is er ruimte voor verbetering. In eerste instantie door iets zwaardere vruchten te oogsten, eventueel door iets meer vruchten (setjes van 2 vruchten) aan te houden.
- Er worden twee stengeldichtheden gebruikt: 3 en 3.5 stengels m<sup>-2</sup>. Bij 3.5 stengels m<sup>-2</sup> zal dus als uitgangspunt iets meer gedund moeten worden, anders vormen zich er meer nieuwe vruchten m<sup>-2</sup>.
- Dit wordt gecombineerd met 16% en 33% bladpluk. Dit blad indien mogelijk wegnemen waar géén vruchtje wordt aangehouden. Dit was dus bij 1 op de 3 vruchten wegnemen maar de helft van de keren mogelijk.
- Start behandelingen na ongeveer 2 weken als LAI is ongeveer 2.
- Maximaal verwacht verschil in productie: zo'n 10%.
- In de loop van het experiment zal het mogelijk zijn om in overleg met de BCO, afhankelijk van de stand van het gewas en de verwachte groei en productie, de bladpluk en dunning aan te passen.

Tabel 2.1

Beschrijving van de vijf behandelingen.

Behandeling	LAI	Gewas-structuur	Plantdichtheid (# m <sup>-1</sup> )	Stengeldichtheid (# m <sup>-1</sup> )	Bladpluk bovenin
3 / 0%	normaal	normaal	1.5	3	0%
3 / 16%	laag	open	1.5	3	16% (1 op de 6 bladeren)
3 / 33%	extra laag	extra open	1.5	3	33% (1 op de 3 bladeren)
3.5 / 16%	normaal	normaal	1.75	3.5	16% (1 op de 6 bladeren)
3.5 / 33%	laag	open	1.75	3.5	33% (1 op de 3 bladeren)

### 2.1.5 Kasinrichting en technische uitvoering

- Het experiment werd uitgevoerd in compartiment 8.04 van WUR Glastuinbouw in Bleiswijk. De kas had normaal glas en een energie/schaduwscherm.
- Er werd geen assimilatiebelichting toegepast (was ook niet aanwezig).
- Er werd naar gestreefd om de CO<sub>2</sub> concentratie bij licht tussen 600 en 700 ppm te houden en bij gesloten luchtramen naar 800 ppm te laten stijgen. Uit Figuur 3.3 blijkt dat bij open ramen het niveau tot ongeveer 450 ppm (ongeveer de buitenwaarde) terugzakte.
- De teelt werd energiezuinig (al was dit nauwelijks aan de orde omdat het een zomerteelt betrof) en conform de praktijk uitgevoerd, in nauw overleg met de BCO.
- Er werd naar gestreefd om zodanig telen dat geen aantasting door Botrytis of Mycosphaerella zou ontstaan. Er werd gestreefd naar maximaal schermgebruik en minimaal ventileren.

### 2.1.6 Overleg en samenwerking

De proef is 2-wekelijks begeleid door de BCO bestaande uit komkommertelers Jacco den Bakker en Jan Reijm. Tevens was soms adviseur Cees Ammerlaan van Bayer/Nunhems aanwezig. WUR onderzoekers hebben deelgenomen aan enkele BCO's van de bladplukproeven van aubergine in de praktijk.

## 2.2 Waarnemingen

### 2.2.1 Periodieke gewaswaarnemingen

De periodieke gewaswaarnemingen zijn in onderstaande Tabel samengevat. De beperkte proefopzet met beperkt aantal planten per behandeling leende zich niet voor het bepalen van drooggewichten van blad, stengel en vrucht door de tijd, waarvoor destructieve oogsten nodig zijn.

Tabel 2.2

Overzicht van de periodieke gewaswaarnemingen.

Waarneming	Dimensie	Direct /afgeleid	Groep planten	Frequentie
Productie	Kilo's m <sup>-2</sup> Klasse 1 Klasse 2 Aantal vruchten m <sup>-2</sup> Klasse 1 Klasse 2	direct	Hele carrousel	Alle oogstdagen.
Cumulatieve productie	Kilo's m <sup>-2</sup> Aantal vruchten m <sup>-2</sup>	afgeleid		Wekelijks
Vruchtgewicht	gram	afgeleid		Wekelijks
Cumulatief gemiddeld vruchtgewicht	gram	afgeleid		Wekelijks
Lengtegroei	cm week <sup>-1</sup>	direct	5 meetplanten = 10 stengels	1 x per week
Cumulatieve plantlengte	cm	afgeleid		1 x per week
Aantal nieuwe bladeren	# week <sup>-1</sup>	direct		1 x per week
Cumulatief aantal bladeren	#	afgeleid		1 x per week
Bladeren aan de plant	#	direct		1 x per week
Geplukte bladeren	#	afgeleid		1 x per week
Plantbelasting*	# vruchten plant <sup>-1</sup> # vruchten m <sup>-2</sup>	direct		1 x per week
Bloeidatum vrucht	Datum	direct	4 meetplanten = 4 stengels	3 x per week
Oogstdatum vrucht	Datum	direct		3 x per week
Aantal gezette vruchten	#	afgeleid		3 x per week
Uitgroeiduur vruchten	# dagen	afgeleid		3 x per week
Bladlengte**	mm	direct	4 meetplanten = 4 stengels	1 x per week
Bladbreedte	mm	direct		1 x per week
Bladoppervlak***	mm <sup>2</sup>	afgeleid		1 x per week

\*: telling vanaf de uitbloei

\*\*: Van de top van het blad tot aan de bladsteel

\*\*\*: m.b.v. een kalibratielijijn

### 2.2.2 Bladoppervlak

Omdat er geen destructieve oogsten konden worden uitgevoerd, is er voor gekozen om de LAI af te leiden uit de lengte en/of breedte van de bladeren. Zo'n regressielijn geeft een betrouwbare schatting van de totale LAI.

### 2.2.3 Fotosynthese

Het effect van de lichtintensiteit op de fotosynthesesnelheid wordt met een curve beschreven die bij een hoog lichtintensiteit een plateau bereikt.

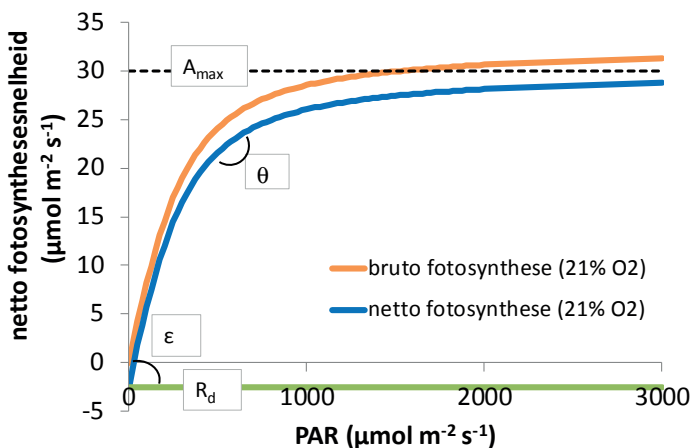
$$Ass = \left( \varepsilon R + (A_{\max} + R_d) - \sqrt{((\varepsilon R + A_{\max} + R_d)^2 - 4\Theta \varepsilon R (A_{\max} + R_d))} \right) / (2\Theta)$$

Waarin:

- $A_{ss}$  : bruto  $\text{CO}_2$ -assimilatiesnelheid ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
- $A_{\text{max}}$  : maximale netto  $\text{CO}_2$ -assimilatiesnelheid bij (zeer) hoge lichtintensiteit ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
- $R_d$  : 'dag' ademhaling ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Let op: in deze formule heeft  $R_d$  een negatieve waarde!)
- $\epsilon$  : initiële lichtbenuttingsnelheid ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1} / [\mu\text{mol PAR m}^{-2} \text{s}^{-1}]$ )
- $\Theta$  : parameter die de buiging van de curve beschrijft
- $R$  : fotosynthetisch actieve straling (PAR,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )

De vraag is of de behandeling, het  $\text{CO}_2$  niveau, of de hoogte in het gewas een effect heeft op een van de vier parameters.

Metingen aan de fotosynthese-lichtresponscurve zijn verricht van 18 - 22 juli en 28 juli - 2 augustus 2016. De metingen zijn uitgevoerd bij twee  $\text{CO}_2$  niveaus (500 en 800 ppm), drie hoogtes in het gewas (bovenin, midden, onderin) en PAR niveaus van 1500, 1200, 900, 600, 300, 200, 100, 50 en 0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .



**Figuur 2.1** Voorbeeld van bruto en netto fotosynthese met weergave van de parameters van de fotosynthese-lichtresponscurve.

#### 2.2.4 Lichtonderschepping

Op drie momenten tijdens de teelt is de lichtonderschepping met de SunScan gemeten, te weten op 23 mei, 13 juni en 2 augustus. We raken hier een lastig punt van de proef. Doordat er geen herhalingen waren uitgezet, en iedere behandeling slechts een carousel breed was, zijn de lichtmetingen (en mogelijk meer waarnemingen) beïnvloed door de positie in het kascompartiment. Er is gebruik gemaakt van een enkele randrij (wat beperkt is), en vanuit statistisch oogpunt is er per definitie een interactie tussen de locatie in het kascompartiment en de gewaseigenschappen. Maar dat was vanaf het begin een geaccepteerd gevolg van het feit dat dit een verkennend experiment was en de metingen indicatief zouden zijn.

#### 2.2.5 Stengelgewicht

Er konden geen periodieke destructieve oogsten worden uitgevoerd, maar aan het einde van de teelt konden wel eindmetingen aan de stengels worden uitgevoerd. Per behandeling werden 4 stengels genomen, werden de bladeren verwijderd en werd de totale lengte gemeten (zie paragraaf 3.4). Van de basis, het midden en de bovenkant van de stengel werden stukken van 1 meter uitgesneden. Aan deze delen werden de volgende bepalingen verricht: drooggewicht, versgewicht, drogestofgehalte, diameter onderkant en diameter bovenkant. Uit de laatste twee metingen werd de gemiddelde diameter berekend, en op de gegevens werd een 2-weg anova toegepast met behandeling en hoogte als hoofdeffekten.





# 3 Resultaten

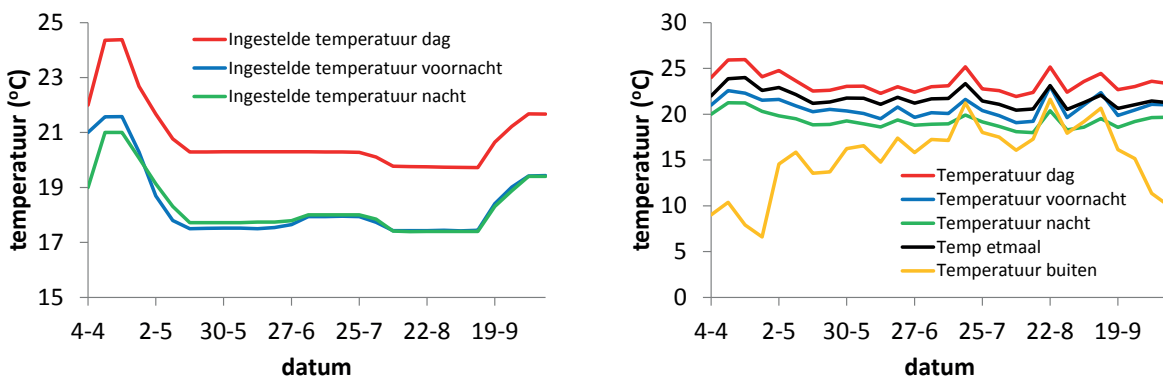
## 3.1 Klimaat

### 3.1.1 Temperatuur

Er werd gedurende het grootste deel van de teelt een stooktemperatuur gedurende de dag van ongeveer 20°C ingesteld (vanaf 16 mei 20.3°C, vanaf 8 augustus 19.8°C en tegen het einde van de teelt 21.7°C). De ingestelde nacht- en voornachttemperaturen varieerden tussen 17.4 en 18°C. In de eerste weken lagen de ingestelde temperaturen een stuk hoger om na het planten in een lichtrijke periode een snelle plantgroei te realiseren, net als in de laatste weken van de teelt om na het toppen de laatste vruchten aan de plant nog zoveel mogelijk te kunnen oogsten.

De gemiddeld gerealiseerde etmaaltemperatuur was 21.8°C, met een minimum van 19.7°C (op 18 augustus) en een maximum van 26°C (op 25 juli). De gemiddeld gerealiseerde temperaturen gedurende de dag, nacht en voornacht lagen enkele graden verwijderd van de gemiddelde etmaaltemperatuur.

Zie ook Bijlage 2.

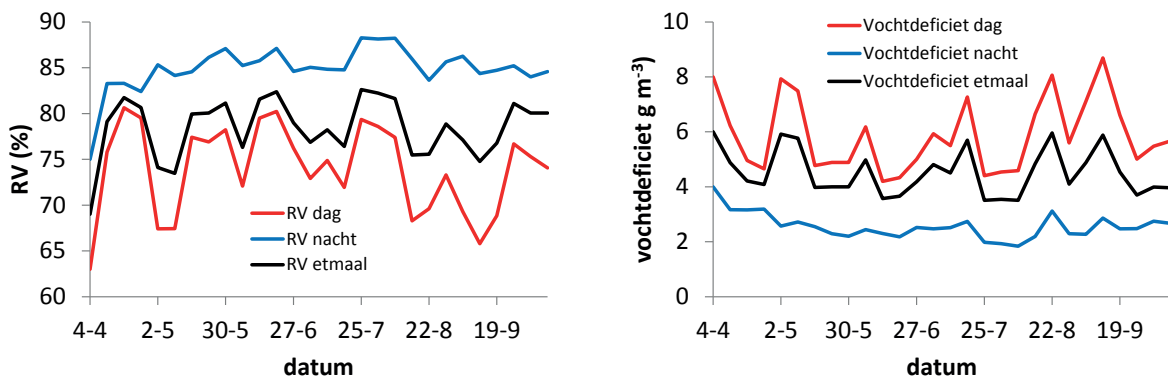


**Figuur 3.1** Weekgemiddelden van de temperatuurinstellingen (links) en de gerealiseerde temperaturen (rechts).

### 3.1.2 Luchtvochtigheid

De relatieve luchtvochtigheid varieerde overdag tussen de 65% en 80% en was in de nacht rond de 85% (zie Figuur 3.2), met uitschieters naar beneden en boven. Als gevolg van de lange dagen had de dagwaarde een relatief grote invloed op de etmaalwaarden.

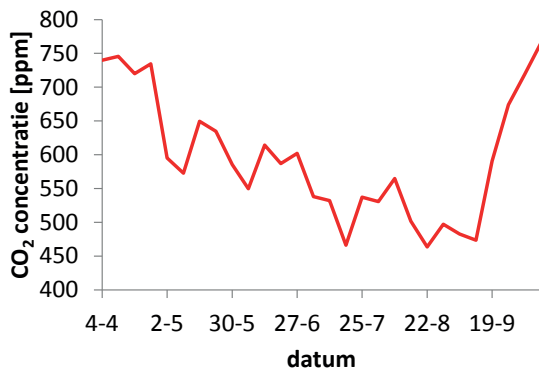
Vanaf begin augustus is er minder snel verneveld, omdat de BCO bang was voor het optreden van schimmels, met name botrytis. In de nazomer en vroege herfst was er relatief veel licht met hoge buitentemperaturen (zie Figuur 3.1). I.v.m. te hoog oplopende etmaaltemperaturen is er daarom overdag soms veel geventileerd, wat soms ten koste ging van de luchtvochtigheid.



**Figuur 3.2** Weekgemiddelden de relatieve luchtvochtigheid (links) en het vochtdeficit (rechts).

### 3.1.3 CO<sub>2</sub>

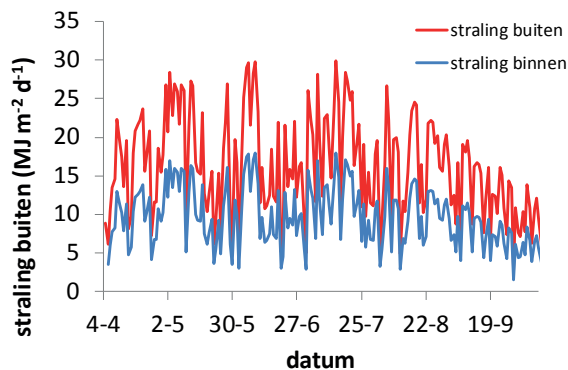
Het CO<sub>2</sub> niveau was sterk afhankelijk van de mate van ventileren. In de zomer was het buiten warmer zodat er meer gelucht moest worden en daarmee het CO<sub>2</sub> niveau daalde (Figuur 3.3). Het gemiddelde CO<sub>2</sub> niveau over de hele teelt was 595 ppm, met een absoluut minimum van 432 ppm en een absoluut maximum van 821 ppm.



**Figuur 3.3** Weekgemiddelden van het CO<sub>2</sub> niveau in het kascompartment.

### 3.1.4 Straling

De buitenstraling bedroeg gemiddeld 16.1 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, met een absoluut minimum van 2.7 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> en een absoluut maximum van 29.9 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Pas na eind augustus nam de dagelijkse hoeveelheid straling structureel af. De kastransmissie bedroeg 59%.

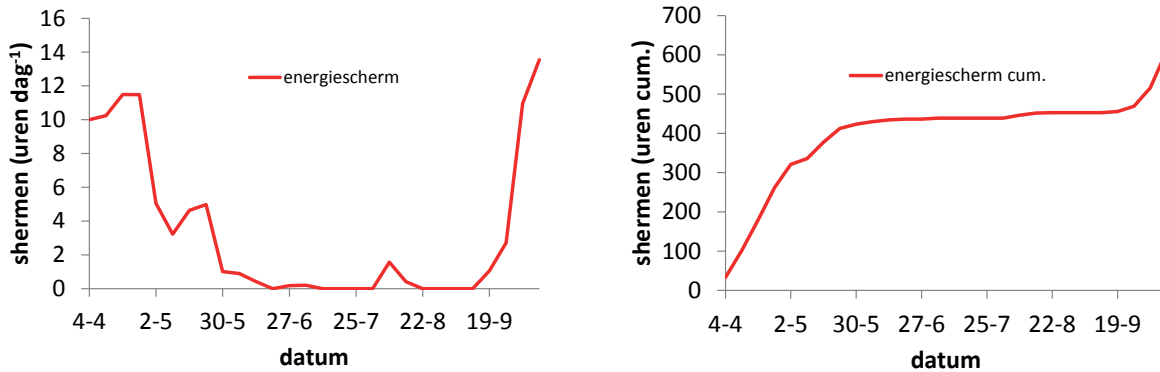


**Figuur 3.4** Dagverloop van het stralingsniveau binnen en buiten).

### 3.1.5 Schermgebruik

Er werd alleen een energiescherm gebruikt. Het energiescherm werd vooral toegepast als de buitentemperatuur laag werd. Tot aan de zomer was het cumulatief aantal schermuren ongeveer 430; aan het einde van de teelt was het 610. Begin augustus ging er iets mis in de regeling waardoor het scherm overdag dichttrok (en de verneveling lekte). Een uitstralingsmeter ontbrak, zodat er niet op uitstraling geschermd kon worden.

Naast het energiescherm is ook gebruik gemaakt van een gevelscherm om lichthinder van de naastliggende proef te voorkomen.



**Figuur 3.5** Weergave van het gebruik van het energiescherm.

## 3.2 Gewasstand

### April

Op 5 april zijn de getopte planten van het ras Hi-Power in de kas op de mat gezet. Het gewas groeide in april erg hard en de bladeren waren relatief groot. Op 21 april, (week 16) zijn de bladplukbehandelingen ingezet. De eerste oogst viel op 23 april, 18 dagen na het planten.



**Figuur 3.6** De proefkas aan het begin van de teelt (links) en een jonge plant met twee stengels (rechts).

### Mei

Begin mei was al te zien dat de bovenste bladeren wat kleiner begonnen te worden. In de eerste weken van mei waren de vruchten aan de korte kant, maar dat is in het begin van een teelt bijna altijd het geval. Half mei waren de vruchtbeginsels sterk. Eind mei was te zien dat de bladeren verder in grootte afnamen en dat de vruchten langer werden. Er stond een sterke kop op de plant, de vruchtopvolging was goed en er was nauwelijks abortie. De plant stond dus goed in balans qua vegetatieve en generatieve groei.

### *Juni*

In de gehele maand stonden de planten nog steeds goed in balans met een goede bloeihoogte en vruchtopvolging. Er werd steeds om en om vruchtjes gesnoeid. Er kwamen een aantal planten met botrytisplekjes voor, waartegen werd behandeld. In week 23 is gestart met verneveling indien de luchtvochtigheid te laag en de instraling hoog genoeg was.

### *Juli*

Half juli is het gewas duidelijk schraler komen te staan. Vruchtvorm was erg mooi. Onder de kop waren er wel 2 à 3 aborterende vruchtjes. Dit leek erger bij 1 op 3 kleine blaadjes wegnemen dan bij de andere behandelingen. Deze abortie was mogelijk mede het gevolg van de zware plantbelasting en grote oogst (ruim 5 kg/m<sup>2</sup>) in de voorgaande week (week 28). Om de plantbelasting weer wat te verhogen werd in week 29 daarom een setje van 2 vruchtjes achter elkaar aangehouden.

In de 2<sup>e</sup> helft van juli waren er duidelijke onderlinge verschillen in gewasstand tussen de planten zichtbaar. Bovenin leek het gewas ten opzichte van de voorgaande week (week 29) wat te zijn opgeknapt. Wel ontstonden er wat puntvruchten.



**Figuur 3.7** Een goede verdeling van de komkommervruchten over de gewasdiepte in mei (links) en een vooraanzicht van de proefkas in juli (rechts).

### *Augustus*

In week 32 was het gewas verder opgeknapt en vertoonde meer groei. In de weken ervoor was er veel vruchtabortie opgetreden. De verneveling werd aangepast: er werd pas verneveld bij een hoge kasttemperatuur (ca. 27°C) en boven ca. 400 W/m<sup>2</sup>. In het gewas nam de aantasting van luis, rups, trips, mineervlieg en botrytis wat toe. Hiertegen werden maatregelen genomen. Het gewasherstel zette in de 2<sup>e</sup> helft van augustus door, maar de plantverschillen bleven. Als planten in een bepaald ritme zitten, blijkt het zeer moeilijk om dit te veranderen.

### *September*

In de 1<sup>e</sup> helft van september trad er weer veel abortie op. De vruchtopvolging was ook niet optimaal. Het gewas zag er echter wel goed uit. Half september zijn de planten getopt door een klein kopje eruit te halen. Er zijn daarna steeds setjes van 2 vruchtjes aangehouden.

### *Oktober*

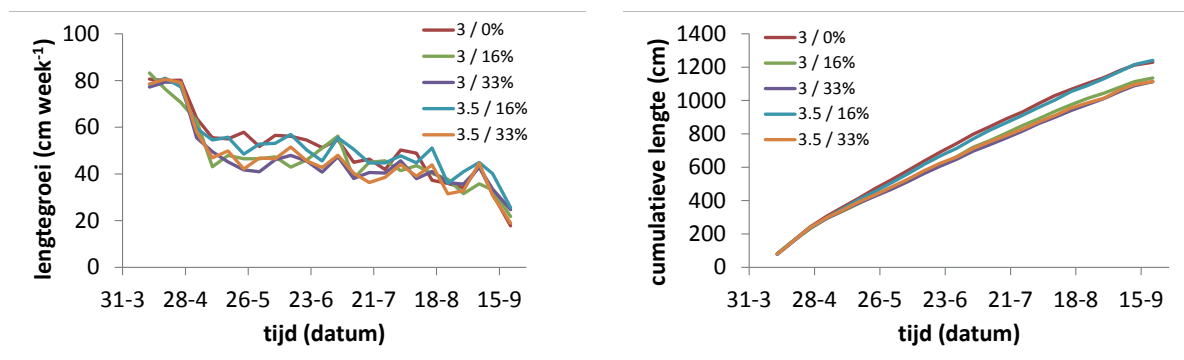
Op 7 oktober zijn de laatste vruchten geoogst.

## 3.3 Lengtegroei

De lengtegroei was aanvankelijk ongeveer 80 cm per week en daalde vrij snel naar zo'n 50 cm per week, om daarna geleidelijk te dalen naar ongeveer 40 cm per week.

Er zijn twee groepen behandelingen die in hun cumulatieve lengte verschillen. De behandelingen 3/0% en 3.5/16% bereikten een cumulatieve lengte van respectievelijk 1230 en 1241 cm, terwijl de andere behandelingen een gemiddelde cumulatieve lengte van 1120 bereikten: meer dan een meter korter. Meer bladpluk resulteerde dus in een minder lengtegroei, wat ook in de bladplukproeven tomaat was waargenomen (Elings *et al.* 2017).

Zie Bijlage 4 voor de getallen in tabelvorm.



**Figuur 3.8** Lengtegroei (links) en cumulatieve lengte (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.

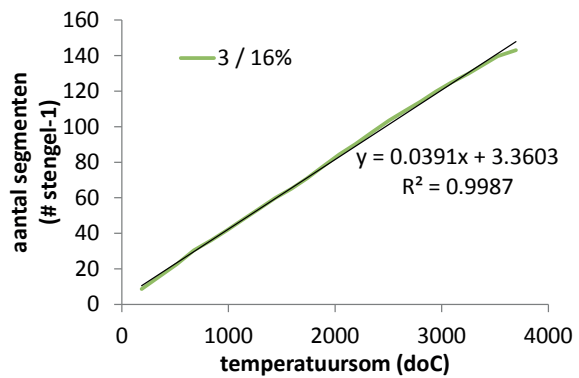
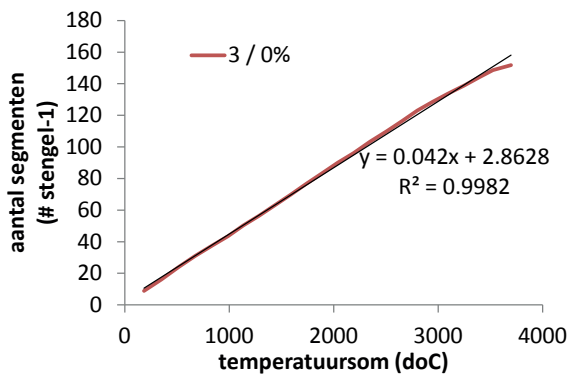
### 3.4 Aantal oksels en bladeren

Het aantal nieuwe bladeren aan de plant werd uiteraard beïnvloed door het bladplukregime. Daarom is het beter om eerst te kijken naar het aantal oksels (= nieuwe bladeren + lege oksels) dat per week werd gevormd.

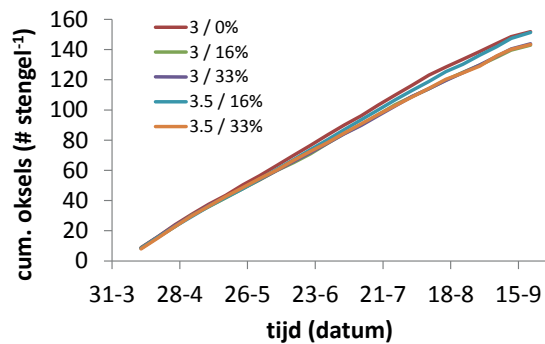
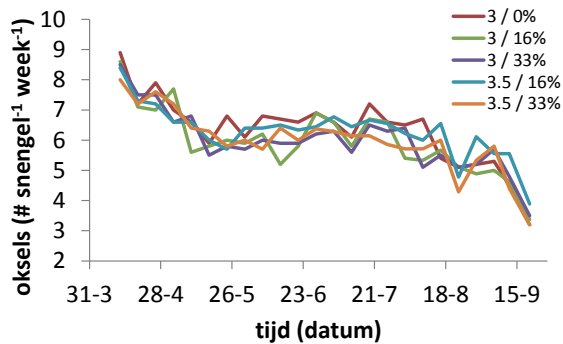
De aanlegssnelheid van de oksels is lineair afhankelijk van de temperatuursom (Figuur 3.9, waarin van elk van de 2 groepen een voorbeeld is gegeven). Marcelis (1994) verbond de aanlegssnelheid van de oksels aan zowel de temperatuursom als de dagelijkse hoeveelheid PAR. Dit levert ook een zo goed als lineaire relatie voor deze kasproef (in het Intkam gewasgroeimodel is de relatie van Marcelis overigens wel gebruikt, aangezien dit de standaard is).

In de proef werden er in het begin 8-9 oksels per week aangelegd. Dit aantal daalde geleidelijk naar 6-7 per week, wat een groot deel van het seizoen zo bleef, om aan het einde van de teelt te zakken naar nog lagere waarden. In de tweede helft van het seizoen vormden zich twee groepen: de behandelingen 3/0% en 3.5/16% vormden in totaal respectievelijk 152 en 151 oksels, terwijl de andere behandelingen 143 oksels vormden.

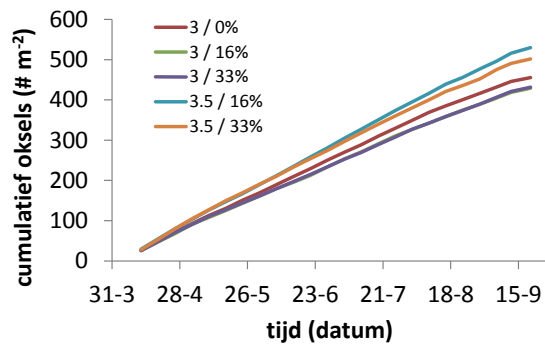
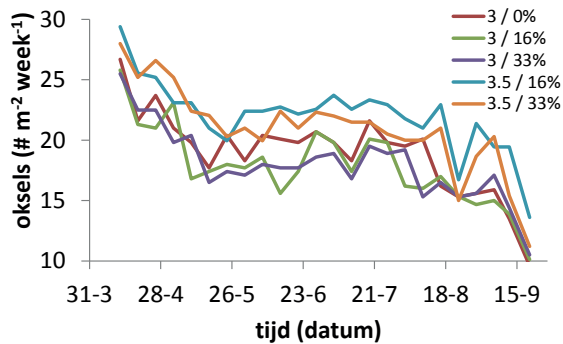
Op 21 april werd met de bladplukbehandelingen gestart. In Figuur 3.13 is het aantal bladeren per stengel na de bladpluk weergegeven. Het aantal nieuwe bladeren per week van behandeling 3/0% is uiteraard het hoogst omdat hier geen blad is verwijderd. Dit wordt gevolgd door behandelingen 3.5/16% en 3/6% waar 1 op de 6 bladeren werd verwijderd, en door behandelingen 3.5/33% en 3/33% waar 1 op de 3 bladeren werd verwijderd.



**Figuur 3.9** Het aantal nieuw gevormde oksels per stengel voor behandeling 3/0% (links) en behandeling 3/16% (rechts). Gegeven zijn de waarnemingen (gekleurde lijnen) en de lineaire fits (zwarte lijnen).

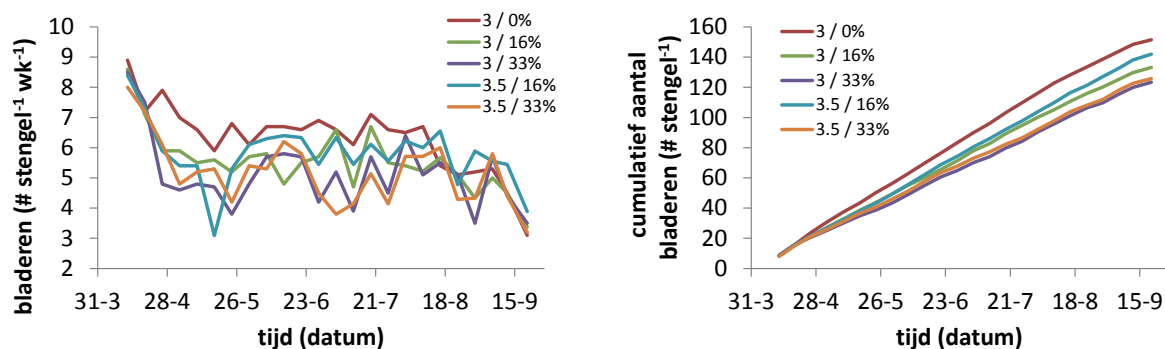


**Figuur 3.10** Aantal nieuw gevormde oksels per stengel per week (links) en cumulatief aantal oksels per stengel (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.



**Figuur 3.11** Aantal nieuw gevormde oksels per m<sup>2</sup> per week (links) en cumulatief aantal oksels per m<sup>2</sup> (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.





**Figuur 3.12** Aantal nieuw gevormde bladeren per stengel, na bladpluk, (links) en cumulatief aantal bladeren per stengel (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.

Zie Bijlage 4 voor de getallen in Tabelvorm.

## 3.5 Bladoppervlak

### 3.5.1 LAI

De LAI is bepaald door lengte en breedte van bladeren te meten en met een regressielijn naar bladoppervlak te vertalen. In het begin van de teelt werd van alle bladeren de lengte en breedte bepaald, maar omdat dit erg arbeidsintensief was, zijn op 24 mei van een representatief monster van bladeren de bladlengte, bladbreedte en het bladoppervlak bepaald. Hierbij werd voor het bladoppervlak onderscheid gemaakt tussen de bladschijf en de bladsteel. Dit resulteerde in een goede correlatie tussen bladlengte en bladoppervlak. Daarom werd besloten om vanaf dat moment alleen bladlengte te bepalen, en bovendien alleen van die bladeren bovenin de plant die nog niet de volledige lengte hadden bereikt.

De relatie tussen bladoppervlak, bladlengte en bladbreedte is ook op 13 juli en 15 augustus bepaald om te onderzoeken of de correlatie tussen lengte en oppervlak, en breedte en oppervlak stabiel was. Dit bleek het geval. Op 13 juli bleek dat het bladoppervlak het beste kon worden afgeleid uit de bladlengte. Uiteindelijk bleek echter dat op seizoensbasis de beste relatie werd gevormd door het verband tussen bladbreedte en het oppervlak van de bladschijf plus het oppervlak van de bladsteel (die bij het oppervlak van de bladschijf hoort te worden opgeteld).

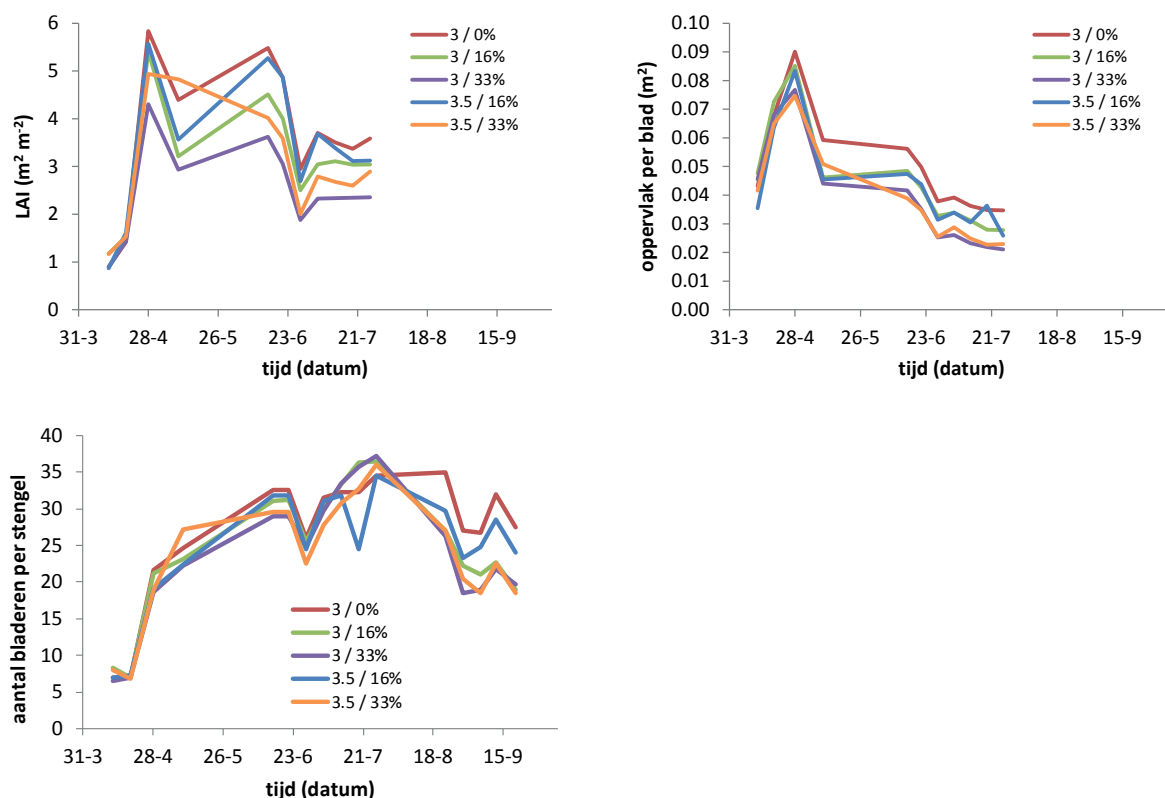
$$Opp\ bladschijf + bladsteel = 0.4178\ bladbreedte^{2.127} (r^2 = 0.9968)$$

Omdat in juli was gekozen voor het meten van alleen de bladlengte, is voor de LAI berekeningen de volgende vergelijking gebruikt, die ook een erg hoge correlatiecoëfficiënt kent:

$$Opp\ bladschijf + bladsteel = 0.1941\ bladlengte^{2.5098} (r^2 = 0.9902)$$

Een probleem is dat in de zomer (vakantie van de vaste medewerker) metingen helaas niet correct zijn uitgevoerd. In de tellingen is toen geen koppeling gelegd met de bladnummering van de week ervoor zodat het bladoppervlak van het nieuw gevormde blad niet meer kon worden gekoppeld aan dat van eerder gevormd blad. Dit is erg vervelend. Er is daarom voor gekozen om in de modellering van het gewas uit te gaan van een vaste LAI vanaf het moment van de laatste betrouwbare meting.

Komkommer is een snelgroeiend gewas met grote bladeren in de beginfase en kleinere bladeren als de plant ouder wordt (Figuur 3.13). Het afnemende oppervlak per blad en het bladplukken vanaf 21 april zorgde niet voor een afname van de LAI. Pas eind juni nam de LAI duidelijk af om op  $3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  te stabiliseren. De LAI afname vond plaats op een moment dat er ook een afname in het aantal bladeren per stengel was, in combinatie met een tweede reductie in het gemiddeld bladoppervlak (de eerste was begin mei). De grote oogsten in de voorgaande weken in combinatie met de relatief lage instraling kan ook een rol hebben gespeeld. Daarna nam het aantal bladeren per stengel weliswaar weer toe, maar dit leidde slechts tot beperkt herstel van de LAI.



**Figuur 3.13** De LAI ontwikkeling (linksboven) en het gemiddelde oppervlakte per blad (rechtsboven) en het aantal bladeren per stengel (linksonder) van de 5 behandelingen.

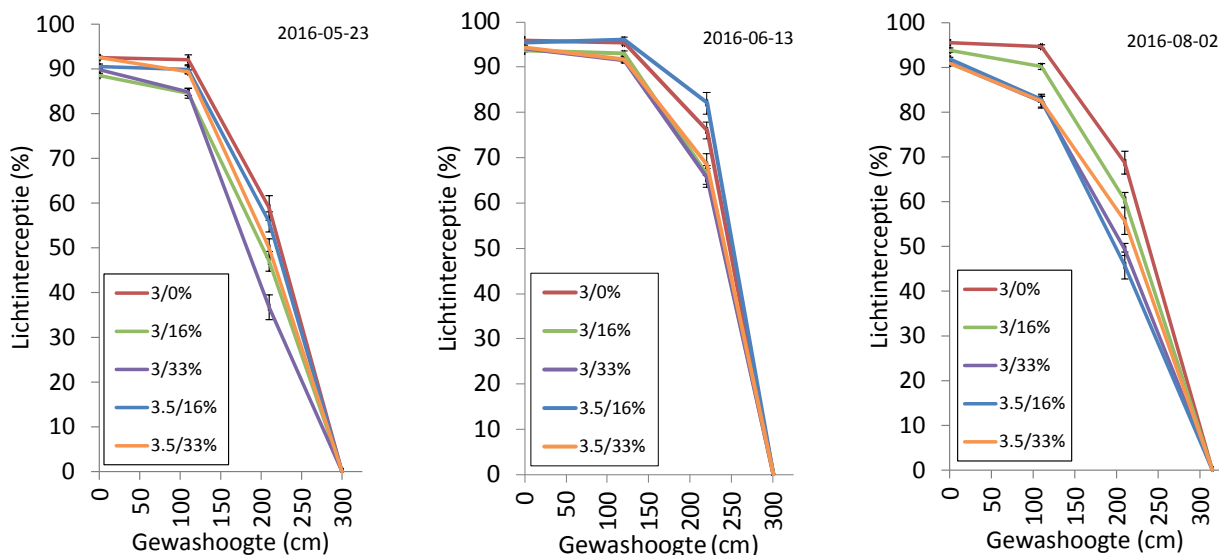
### 3.5.2 Lichtonderschepping

Het is niet eenvoudig om de LAI en de lichtonderschepping met elkaar te vergelijken. Ten eerste is de lichtonderschepping gekoppeld aan de gewashoogte, en niet aan de LAI toename over de gewashoogte. We hebben in dit verkennende experiment ook niet de metingen gedaan om deze koppeling te leggen.

Enkele observaties:

- Behandeling 3/0% had meestal de hoogste LAI en ook de meeste lichtonderschepping bovenin het gewas.
- Behandeling 3.5/16% had vaak de op één na hoogste LAI en bij de eerste twee metingen ook veel lichtonderschepping bovenin het gewas. Maar bij de derde meting in augustus had deze behandeling juist de laagste lichtonderschepping bovenin het gewas. Hiervoor kan vooralsnog geen goede verklaring worden gegeven.
- Voor de andere behandelingen is het moeilijk verbanden te leggen.

Het is opvallend dat de hoeveelheid licht die op 1 meter van de gewaskop is onderschept, in de loop van de tijd varieerde: ongeveer 50% in mei, ongeveer 75% in juni en ongeveer 60% begin augustus. Het is niet te verklaren uit de oppervlakte van de individuele bladeren, die in de loop van de tijd geleidelijk afnam.



**Figuur 3.14** De lichtonderschepping op drie momenten tijdens de teelt in de 5 behandelingen. Gewashoogte 0 cm is bij de mat, en gewashoogte 300 of 315 cm is vlak boven de kop van het gewas. Bij de laatste meting was het gewas iets hoger dan bij de eerste twee metingen.

Het is ook zinvol om te verifiëren of de behandelingen aan de zijkanten van het compartiment een andere lichtonderschepping vertoonden dan de behandelingen meer in het midden van het compartiment. De randrij was tenslotte maar één rij dik. Van links naar rechts (ten opzichte van de ingang van de kas), of van zuid naar noord was de volgorde van de behandelingen als volgt:

Links – zuid      3.5/16%  
                           3/33%  
                           3.5/33%  
                           3/0%  
 Rechts – noord    3/16%

De twee behandelingen met 16% bladpluk stonden dus aan de zijkanten van het compartiment. Na analyse bleek dat deze twee behandelingen geen systematisch ander patroon van lichtonderschepping lieten zien dan de andere behandelingen.

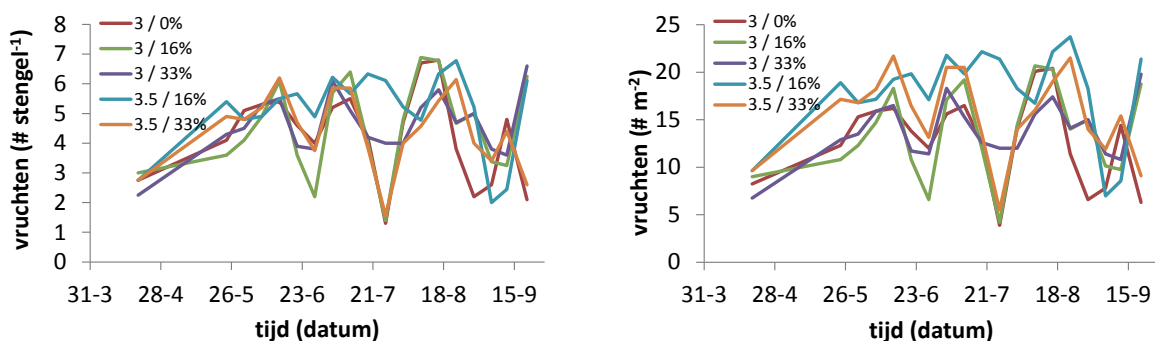
## 3.6 Vruchten

### 3.6.1 Plantbelasting

De plantbelasting varieerde nogal, maar was gemiddeld over alle behandelingen heen 4.6 vruchten per stengel (Figuur 3.15). Vanwege de twee plantdichtheden verschilden de plantbelastingen per m<sup>2</sup> (wat meer relevant is): gemiddeld 13.4 vruchten m<sup>-2</sup> voor de behandelingen met 3 stengels m<sup>-2</sup> en gemiddeld 16.7 vruchten m<sup>-2</sup> voor de behandelingen met 3.5 stengel m<sup>-2</sup> (Tabel 3.1). De behandeling 3.5/16% had de hoogste plantbelasting met een gemiddelde van 17.9 vruchten m<sup>-2</sup>. De behandeling 3/0% had de laagste plantbelasting met een gemiddelde van 12.8 vruchten m<sup>-2</sup>. De behandelingen 3/16% en 3.5/33% vertoonden de grootste uitschieters naar beneden, zeker in de zomer.

Als gevolg van de vele gewaswaarnemingen en –handelingen in de kas is er vrij veel uitval geweest. Dit is een duidelijk nadeel van zo'n intensieve proef.

Uiteraard wordt de plantbelasting beïnvloed door het dunningsregime en de vruchtabortie. In principe werden 50% van de vruchten gedund, maar afhankelijk van de gewasstand werd daar op gezette tijden van af geweken. In de volgende paragraaf wordt op de abortie ingegaan.



**Figuur 3.15** De plantbelasting per stengel (links) en per m<sup>2</sup> (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.

Tabel 3.1

Gemiddelde plantbelasting.

Behandeling	Per stengel	Per m <sup>2</sup>
3 / 0%	4.3	12.8
3 / 16%	4.5	13.6
3 / 33%	4.6	13.8
3.5 / 16%	5.1	17.9
3.5 / 33%	4.4	15.5

### 3.6.2 Abortie

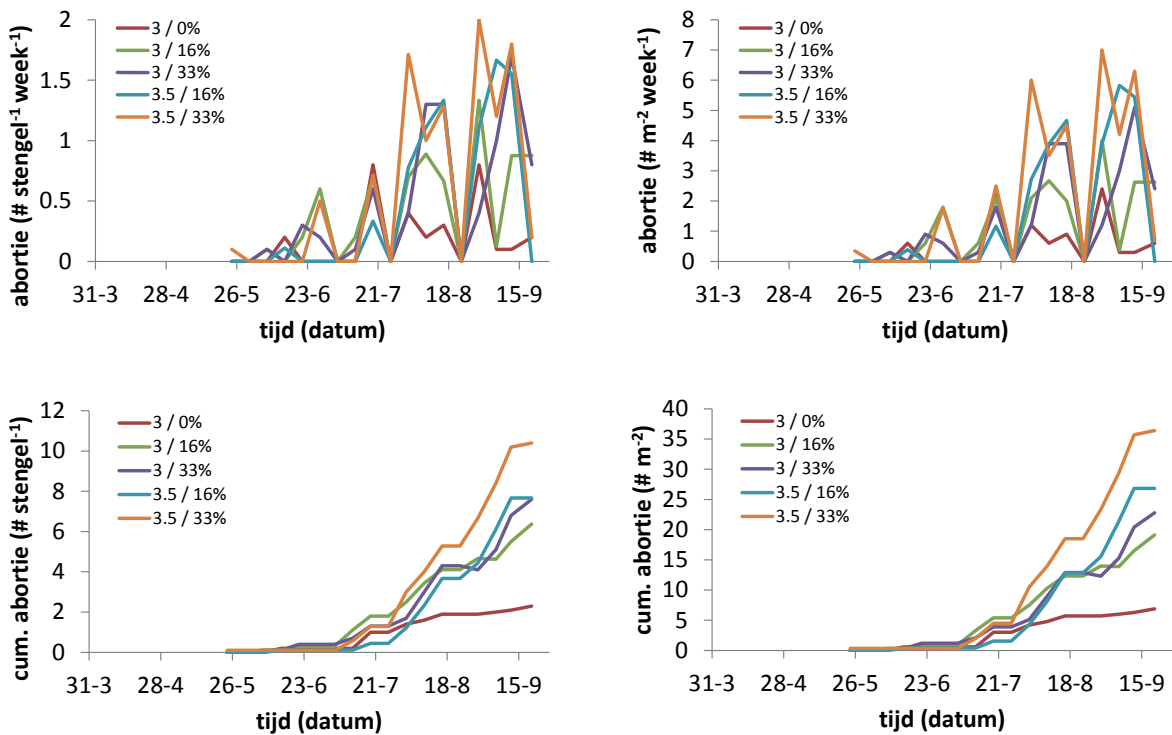
De abortie vertoont stevige fluctuaties in de tijd en is het hoogst na de zomer. De cumulatieve abortie liet duidelijke behandelingsverschillen zien, waarbij zich drie groepen vormden: 3.5/33% had een cumulatieve abortie van 10.4 vruchten per stengel, 3/16%, 3.5/16% en 3/33% hadden een cumulatieve abortie van rond de 7 vruchten per stengel, en 3/0% had een cumulatieve abortie van 2.3 vruchten per stengel.

Als de abortie per m<sup>2</sup> wordt berekend dan varieert de cumulatieve waarde van 7 tot 36 vruchten m<sup>-2</sup>, waarbij de middelste groep uit elkaar wordt getrokken.

De conclusie is dat de abortie toeneemt bij een hogere stengeldichtheid en meer bladpluk.

De berekening van de relatieve abortie (het aantal geaborteerde vruchten ten opzichte van het aantal uitgroeiende vruchten, Tabel 3.1) valt net als het absolute aantal geaborteerde vruchten uiteen in drie groepen: 2.3 per stengel voor behandeling 3/0%, 10.4 voor behandeling 3.5/33%, en rond de 6.5-7.5 voor de andere behandelingen.

In principe werd 50% van de vruchten in de kop van de plant gedund, maar afhankelijk van de gewasstand kon hier van worden afgeweken. Sommige vruchtbeginsels waren bijvoorbeeld al voor de bloei heel klein, zodat ze werden weggenomen of verdroogden en er 2 of meer oksels zonder vrucht ontstonden. Het aantal uitgroeiende vruchten is de som van het aantal geoogste vruchten en het aantal geaborteerde vruchten. De verhouding tussen het aantal uitgroeiende vruchten en het aantal oksels levert de fractie dunning. Dit blijkt te variëren tussen 52% en 58% en is op seizoensbasis dus hoger dan 50%. In combinatie met de abortie (die we in de tijd na de dunning plaatsen) levert dit een fractie geoogste vruchten op die aanzienlijk lager is dan 50%, namelijk 35-42%, afhankelijk van de behandeling. Hierbij speelt waarschijnlijk ook dat er soms stengels wegvoielen door botrytis of breuk. Er werden wel spoedig weer nieuwe stengels bijgemaakt, maar er was mogelijk toch enig verlies aan vruchten.



**Figuur 3.16** De abortie per week en de cumulatieve abortie, per stengel (links) en per m<sup>2</sup> (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.

Tabel 3.2

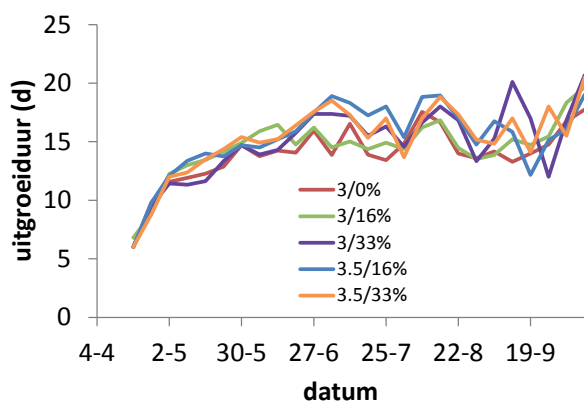
Cumulatieven van aantal oksels, uitgroeïende vruchten, geaborteerde vruchten, en geoogste vruchten, en fracties dunning en abortie.

Behandeling	Oksels (cum. # stengel <sup>-1</sup> )	Uitgroeïende vruchten (cum. # stengel <sup>-1</sup> )	Dunning (%)	Geaborteerde vruchten (cum. # stengel <sup>-1</sup> )	Geoogste vruchten (cum. # stengel <sup>-1</sup> )	Geoogste vruchten (%)	Cumulatieve abortie (%)
3 / 0%	151.8	66.2	56%	2.3	63.9	42	3.5%
3 / 16%	143.0	68.5	52%	6.4	62.1	43	9.3%
3 / 33%	143.9	65.6	54%	7.6	58	40	11.6%
3.5 / 16%	151.3	68.2	55%	7.7	60.5	40	11.3%
3.5 / 33%	143.4	60.6	58%	10.4	50.2	35	17.2%

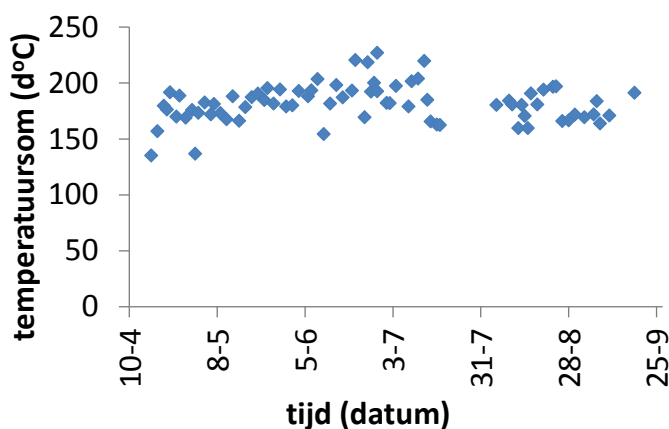
### 3.6.3 Uitgroeïduur

De uitgroeïduur in dagen gemeten neemt na een lage waarde aan het begin van de teelt toe naar ongeveer 15 dagen tijdens de meest productieve fase (Figuur 3.17). De snelle afrijping in het begin is het gevolg van de hoge temperaturen die toen werden gehandhaafd en mogelijk ook de lage plantbelasting. Daarna is de afrijpingsduur in dagen gemeten redelijk stabiel. Op basis van de seizoensgemiddelden vormen zich twee groepen: de eerste groep met behandelingen 3/0% en 3/16%, en een tweede groep met de andere drie behandelingen (Tabel 3.3). De waarnemingen duiden er op dat meer bladpluk en een hogere stengeldichtheid (wat zich vertaalt in een hogere plantbelasting m<sup>-2</sup>) leiden tot een langere uitgroeïduur.

Het is echter beter om de uitgroei duur van een komkommervrucht afhankelijk te stellen van de temperatuursom (Marcelis, 1994), waarbij een basistemperatuur van 10°C wordt gehanteerd. Als dat wordt gedaan, blijven de twee groepen gehandhaafd, maar verdwijnt het feit dat de afrijping aan het begin van de teelt sneller lijkt te gaan (Figuur 3.18). De gemiddelde uitgroei duur, over alle behandelingen, was 193.2 d°C (graaddagen).



**Figuur 3.17** De uitgroei duur in dagen van komkommervruchten van de planten in de 5 behandelingen, als functie van de bloeidatum.



**Figuur 3.18** De uitgroei duur in d°C (basistemperatuur = 10°C) van komkommervruchten van behandeling 3/0%, als functie van de bloeidatum.

Tabel 3.3

Gemiddelde uitgroei duur van komkommervruchten van de planten in de 5 behandelingen, in dagen en graaddagen (met 10°C als basistemperatuur).

Behandeling	Uitgroei duur (d)	Uitgroei duur (d°C)
3 / 0%	13.34	180.5
3 / 16%	13.70	183.4
3 / 33%	15.08	200.3
3.5 / 16%	15.06	199.4
3.5 / 33%	15.38	202.7



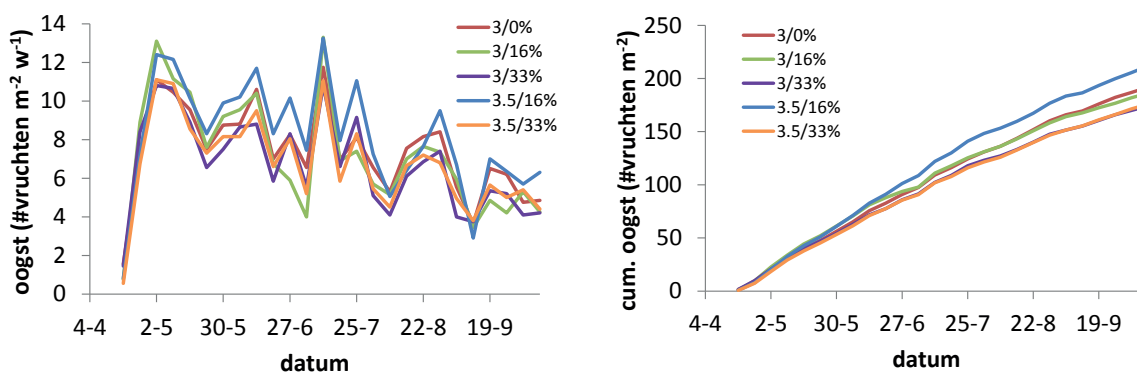
### 3.6.4 Productie

Het meest belangrijke van het hele experiment was natuurlijk de productie. Het aantal geoogste vruchten per week fluctueerde per week, met een gemiddelde van 7.5 vruchten  $m^{-2} w^{-1}$  (exclusief de eerste week). Er was een langzaam dalende trend van het aantal geoogste vruchten per week, zeker na de langste dag (21 juni). Dit komt waarschijnlijk door het optreden van vroege abortie, soms al voor de bloei. En dit kan verband houden met de afnemende draagkracht of vitaliteit van het gewas met afnemende beschikbaarheid van het licht en aanmaak van suikers.

Het gemiddeld cumulatief aantal geoogste vruchten was 188 vruchten  $m^{-2}$ , waarbij er zich drie groepen vormden:

- 3.5/16% met 212 vruchten  $m^{-2}$ ,
- 3/0% en 3/16% met gemiddeld 189 vruchten  $m^{-2}$ ,
- 3/33% en 3.5/33% met gemiddeld 175 vruchten  $m^{-2}$ .

Deze drie groepen werden vrij snel na de eerste oogst gevormd, en vertoonden geen hergroepering door de tijd heen.



**Figuur 3.19** Het aantal geoogste vruchten per week (links) en het cumulatief aantal geoogste vruchten (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.

Het gemiddeld vruchtgewicht varieerde van 335 gram (3.5/33% in de week van 3 oktober) tot 524 gram (3/0% in de week van 25 juli). Na de eerste oogst van zware vruchten rond 450 gram viel het vruchtgewicht 2 weken lang terug, om daarna gedurende de zomer al fluctuerend te stijgen tot 450-500 gram. Na de langste dag nam het vruchtgewicht geleidelijk af tot ongeveer 350 gram. Het gemiddelde vruchtgewicht over alle behandelingen was 403 gram, waarbij er ook hier een aantal weken na de eerste oogst zich drie groepen vormden, maar weer andere dan bij het aantal vruchten:

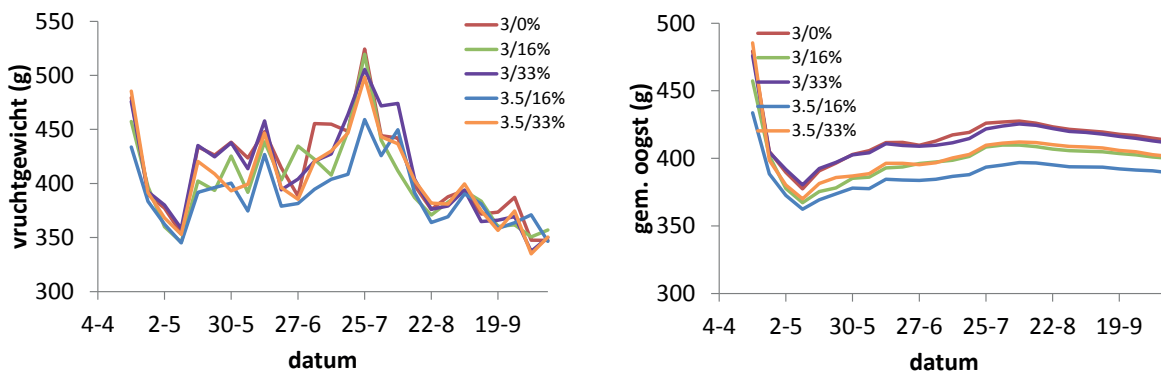
- 3/0% en 3/33% met een gemiddeld vruchtgewicht van 412 gram vrucht $^{-1}$ ,
- 3/16% en 3.5/33% met een gemiddeld vruchtgewicht van 400 gram vrucht $^{-1}$ ,
- 3.5/16% met een gemiddeld vruchtgewicht van 389 gram vrucht $^{-1}$ .

De productie is een combinatie van het aantal geoogste vruchten en het vruchtgewicht. Gemiddeld was de kiloproductie  $3.0 \text{ kg m}^{-2} \text{ w}^{-1}$ . De productie begon redelijk stabiel maar fluctueerde tussen ongeveer 2 en  $5 \text{ kg m}^{-2} \text{ w}^{-1}$  in de maanden juni en juli, waarbij de fluctuaties van vruchtgewicht en oogstgewicht overeen kwamen. Dit is verklaarbaar omdat het aantal vruchten steeds werd bepaald door de dunning bovenin en het vruchtgewicht dus het enige was waarmee gevarieerd kon worden op het moment van de oogst. Na juli nam de productie geleidelijk af tot ongeveer  $2 \text{ kg m}^{-2} \text{ w}^{-1}$  aan het einde van de teelt. Deze afnemende productie houdt uiteraard verband met de afnemende straling en mogelijk het oudere gewas. In afnemende volgorde was de productie:

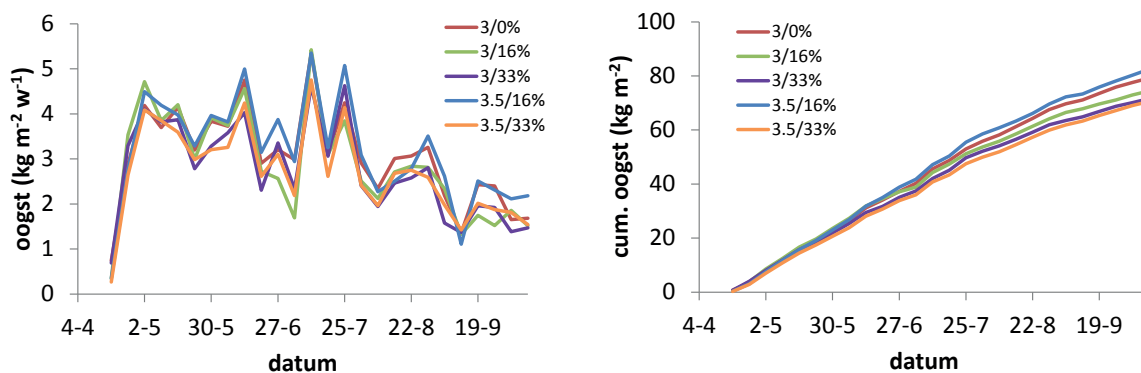
- 3.5/16%: deze meest producerende behandeling combineerde het hoogst aantal geoogste vruchten met het laagste vruchtgewicht. Het eerste had duidelijk de overhand.
- 3/0%: deze op één na hoogst producerende behandeling combineerde een hoog vruchtgewicht met een tussenliggend aantal vruchten.
- 3/16%: deze behandeling combineerde een tussenliggend vruchtgewicht met een tussenliggend aantal vruchten.
- 3/33%: deze behandeling combineerde het laagste aantal vruchten met een hoog vruchtgewicht, waarbij het eerste de overhand had.
- 3.5/33%: deze slechtst producerende behandeling combineerde een laag aantal vruchten met een tussenliggend vruchtgewicht.

Meer bladplukken gaat ten koste van het aantal kilo's. Dit is het sterkst te zien bij de hoge stengeldichtheid.

Figuur 3.22 laat zien dat er een verband bestaat tussen het cumulatief aantal geoogste vruchten en het cumulatieve oogstgewicht. Er zijn wel verbanden tussen de andere variabelen, maar veel minder sterk (bijlage 5).



**Figuur 3.20** Het gemiddelde vruchtgewicht per week (links) en het vruchtgewicht op basis van de cumulatieven van aantallen geoogste vruchten en oogstgewicht (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.

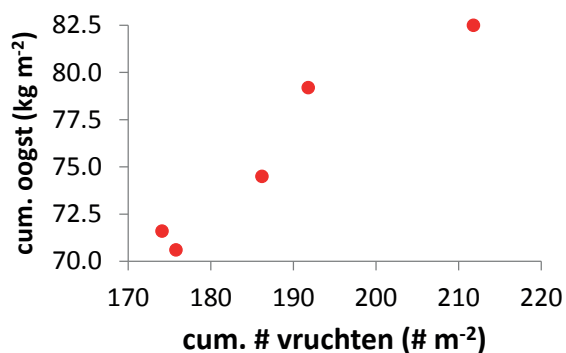


**Figuur 3.21** De productie per week (links) en de cumulatieve productie (rechts) van de planten in de 5 behandelingen.

Tabel 3.3

Gemiddeld aantal geoogste vruchten per week (exclusief de eerste week), het cumulatief aantal geoogste vruchten, het gemiddeld vruchtgewicht, de gemiddelde kiloproductie per week (exclusief de eerste week), en de cumulatieve kiloproductie.

Behandeling	Gem. aantal vruchten (# m <sup>-2</sup> w <sup>-1</sup> )	Cum. aantal vruchten (# m <sup>-2</sup> )	Gem. vruchtgewicht (g vrucht <sup>-1</sup> )	Gem. productie (kg m <sup>-2</sup> w <sup>-1</sup> )	Cum. productie (kg m <sup>-2</sup> w <sup>-1</sup> )	Verandering t.o.v. 3/0%
3 / 0%	7.6	191.8	413	3.1	79.2	
3 / 16%	7.4	186.2	400	3.0	74.5	-5.9%
3 / 33%	6.9	174.1	411	2.8	73.6	-7.1%
3.5 / 16%	8.4	211.8	389	3.3	82.5	+4.2%
3.5 / 33%	7.0	175.8	401	2.8	70.6	-10.9%
gemiddeld	7.5	187.9	402.8	3.0	75.7	



**Figuur 3.22** Verband tussen het cumulatief aantal geoogste vruchten en de cumulatieve productie van de 5 behandelingen aan elkaar gerelateerd.

### 3.7 Fotosynthese

De vraag was of het CO<sub>2</sub> niveau, de behandeling (verschillende combinaties van stengeldichtheid en bladpluk) of de hoogte in het gewas een effect had op een van de vier parameters die de fotosynthese-lichtresponscurve beïnvloeden (paragraaf 2.2.3).

Statistische analyse van alle waarnemingen samen leidde tot de volgende conclusies:

De behandeling had geen effect op een van de parameters. Productieverschillen tussen de behandelingen kunnen dus niet aan verschillen in eigenschappen van de fotosynthese-lichtresponscurve worden toegekend.

Het CO<sub>2</sub> niveau had een significant effect op  $R_d$ .

De hoogte in het gewas had een significant effect op  $A_{\max}$  en  $R_d$ . Deze effecten blijven in stand als de gegevens bij CO<sub>2</sub>-concentraties van 500 en 800 ppm apart worden geanalyseerd.

Uitgebreide Figuren zijn in bijlage 5 gegeven.

Tabel 3.4

Effect van het CO<sub>2</sub>-niveau, behandeling en gewashoogte op de parameters die de fotosynthese-lichtresponscurve beschrijven. De significant verschillende waarden zijn vetgedrukt

parameter	algemeen	CO <sub>2</sub>		Behandeling					Hoogte		
		500	800	3/ 0%	3/ 16%	3/ 33%	3.5/ 16%	3.5/ 33%	top	mid- den	onder
$A_{\max}$	34.09	33.15	35.03	32.90	33.23	31.67	35.60	37.04	<b>44.01</b>	<b>39.24</b>	<b>19.01</b>
$R_d$	-1.679	<b>-2.189</b>	<b>-1.169</b>	-1.551	-1.513	-1.692	-1.830	-1.809	<b>-2.829</b>	<b>-1.573</b>	<b>-0.635</b>
$e$	0.08431	0.08371	0.08492	0.08488	0.08281	0.08012	0.08550	0.08826	0.08708	0.08347	0.08239
$\theta$	0.661	0.666	0.656	0.689	0.706	0.699	0.672	0.540	0.644	0.701	0.639

### 3.8 Stengelgewicht aan einde teelt

Behalve het drooggewicht over de behandelingen waren alle effecten significant (Tabel 3.5). Twee-weg interacties waren niet significant. De toenemende hoeveelheid drogestof per strekkende meter stengel was groter onderin het gewas dan bovenin het gewas. Dit toont aan dat er nog geruime tijd gewichtstoename van een ouder wordend stuk stengel plaatsvindt en dat dit niet alleen beperkt is tot het bovenste deel van de stengel. Het drogestofgehalte van de stengel neemt naar onderen toe af, misschien omdat het gewas in het begin erg snel is gegroeid, al blijft het versgewicht nog steeds toenemen. Ook is de gemiddelde diameter onderin groter dan bovenin.

Het is opvallend dat het drooggewicht per strekkende meter geen behandelingseffect kent. Via het drogestofgehalte zijn er wel effecten op het versgewicht. De afwezigheid van een effect op het drooggewicht is mogelijk het gevolg van het feit dat de groei bijna volledig source-gelimiteerd is geweest (zie paragraaf 3.10.4) en de stengel niet als tijdelijke opslag van assimilaten heeft gefungeerd.

Tabel 3.5

Effect van behandeling en gewashoogte op een aantal stengelkenmerken.

parameter	Algemeen	Behandeling					$p$	Hoogte			$p$
		3/ 0%	3/ 16%	3/ 33%	3.5/ 16%	3.5/ 33%		top	mid- den	onder	
Drooggewicht (g m <sup>-1</sup> )	5.785	5.918	6.092	5.787	5.515	5.611	ns	4.607	6.065	6.681	<0.001
Versgewicht (g m <sup>-1</sup> )	79.8	74.3	84.6	81.1	77.2	81.8	<0.05	57.6	80.2	101.6	<0.001
Drogestofgehalte (-)	0.074	0.081	0.074	0.072	0.072	0.070	<0.001	0.080	0.076	0.066	<0.001
Diameter gem. (mm)	8.96	8.68	9.26	9.13	8.91	8.82	<0.05	7.08	9.35	10.46	<0.001

## 4 Fysiologische analyse

Om inzicht te krijgen in onderliggende fysiologische processen, zijn de proeven nagerekend met het INTKAM gewasgroeimodel. Dit model is in het verleden ontwikkeld voor een parapluteelt van komkommer (Gijzen, 1994), en is ten behoeve van dit experiment omgezet naar een hogedraadteelt. Er wordt benadrukt dat er geen periodieke destructieve oogsten waren om het model mee te controleren, maar uitsluitend zettings- en oogstwaarnemingen. Er zijn standaard sinksterktes aan de bladeren en stengels toegekend, die in het verleden goede simulatieresultaten hebben gegeven (Elings *et al.* 2006). De nadruk is gelegd op de simulatie van de opbrengst. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van waargenomen klimaatgegevens, zoals CO<sub>2</sub>-concentratie, luchttemperatuur en dampdrukverschil (VPD, vapour pressure deficit) (het model rekent met het meer relevante dampdrukverschil in plaats van het vochtdeficiet zelf). Op basis van gemeten buitenstraling en een kastransmissie van 59% werden de volgende stralingscomponenten in de kas berekend:

- Diffuse fotosynthetisch actieve straling (PAR, photosynthetically active radiation) van de zon.
- Directe PAR van de zon.
- Diffuse NIR van de zon.
- Directe NIR van de zon.

Er werd aangenomen dat er geen ziekten en plagen aanwezig waren en dat water en nutriënten in voldoende mate door de plant werden opgenomen (conform de werkelijkheid). In werkelijkheid is wel een enkele plant weggevallen door pythium of botrytis, maar er werd zo veel mogelijk snel weer een nieuwe stengel bijgemaakt. Daar waar mogelijk is het model geparameteriseerd op basis van teelthandelingen en waarnemingen.

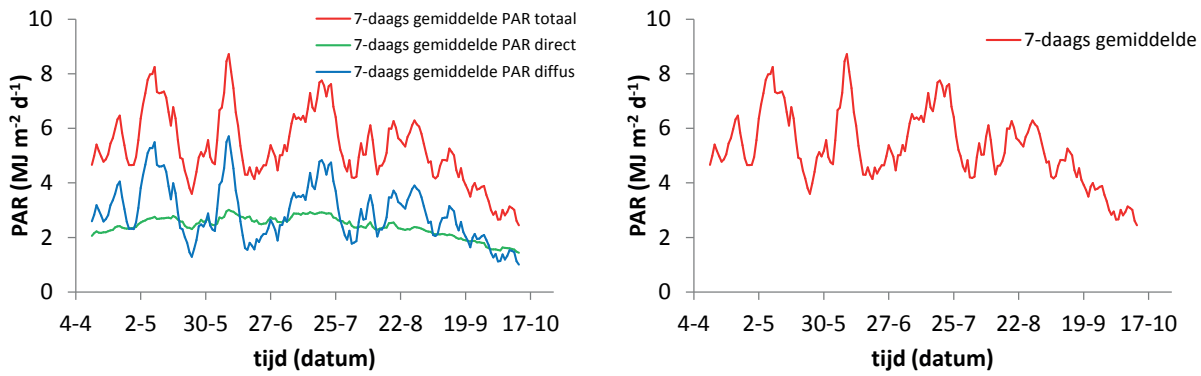
De volgende analysestappen zijn gezet:

1. Lichtbeschikbaarheid
2. Lichtonderschepping
3. Bruto fotosynthese
4. Onderhoudsademhaling
5. Netto beschikbaarheid van assimilaten
6. Totale groei
7. Source en sink
8. Drogestofverdeling
9. Vruchtgroei
10. Ontwikkeling
11. Vruchtzetting
12. Vruchtgewicht

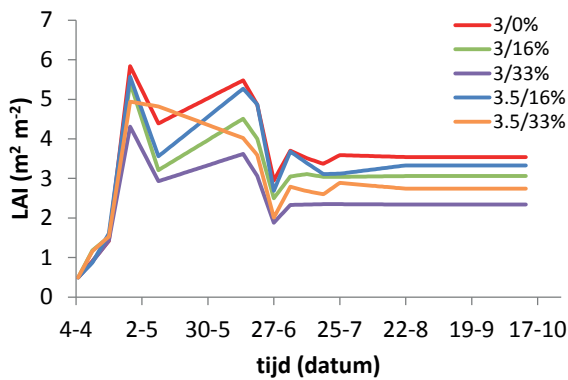
### 4.1 Licht

De dagelijkse hoeveelheid PAR in de kas volgde uiteraard het seizoen met hogere waarden in de zomer dan in het voor- en najaar. De zomermaanden waren niet erg stabiel qua directe en totale PAR (diffuse PAR was veel stabiel). Medio mei, een groot deel van juni, de tweede helft van juli en de 2<sup>e</sup> week van augustus waren directe en totale PAR relatief laag.

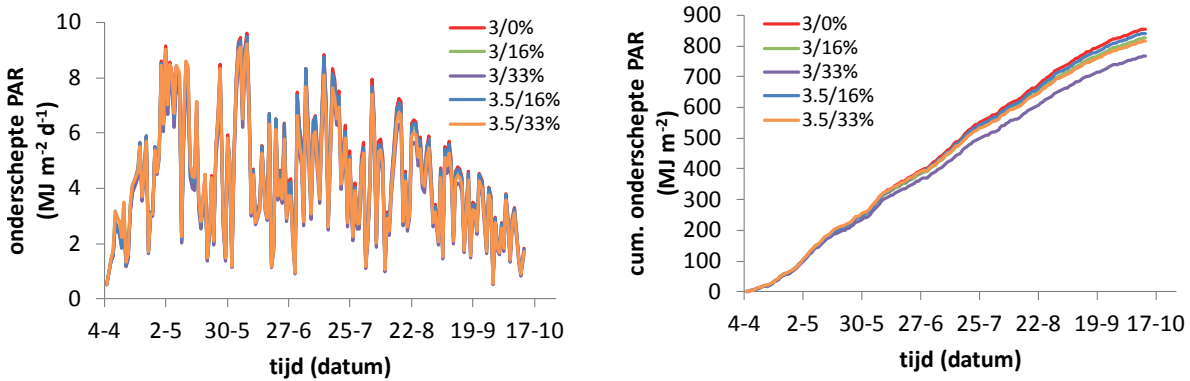
De beschikbare hoeveelheid PAR en de LAI bepalen hoeveel PAR er door het gewas wordt onderschept. De LAI's waren na eind mei niet voldoende hoog om al het licht te onderscheppen zodat een lagere LAI tot een lagere fractie en absolute hoeveelheid onderschept licht leidt. Dit geldt met name voor de lagere LAI van behandeling 3/33%.



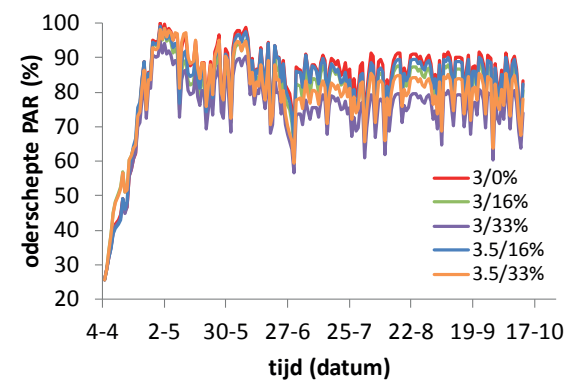
**Figuur 4.1** Het 7-daags lopende gemiddelde van directe, diffuse en totale PAR in het kascompartment.



**Figuur 4.2** Waargenomen en geëxtrapoleerde LAI. Aan het einde van de teelt zijn continue waarden aangenomen (zie paragraaf 3.6.1).



**Figuur 4.3** Dagelijkse hoeveelheid geabsorbeerde PAR (links) en cumulatieve onderschepte PAR (rechts).

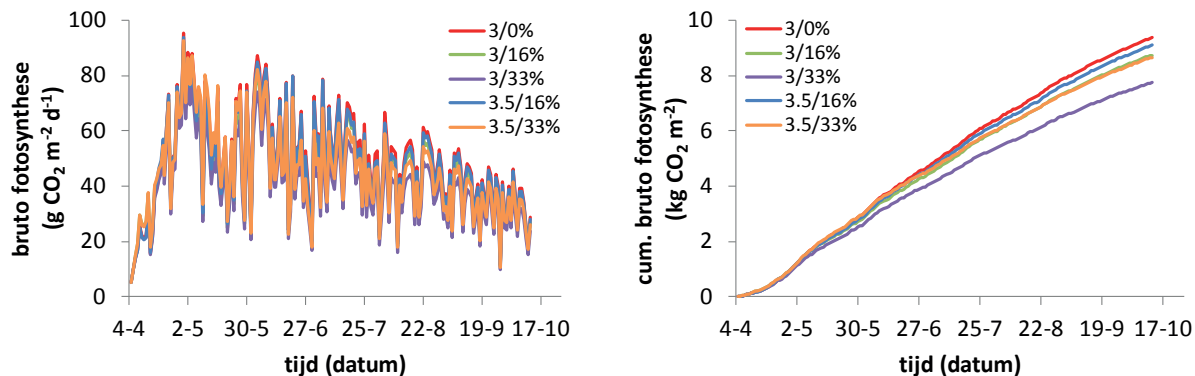


**Figuur 4.4** Fractie geabsorbeerde PAR.



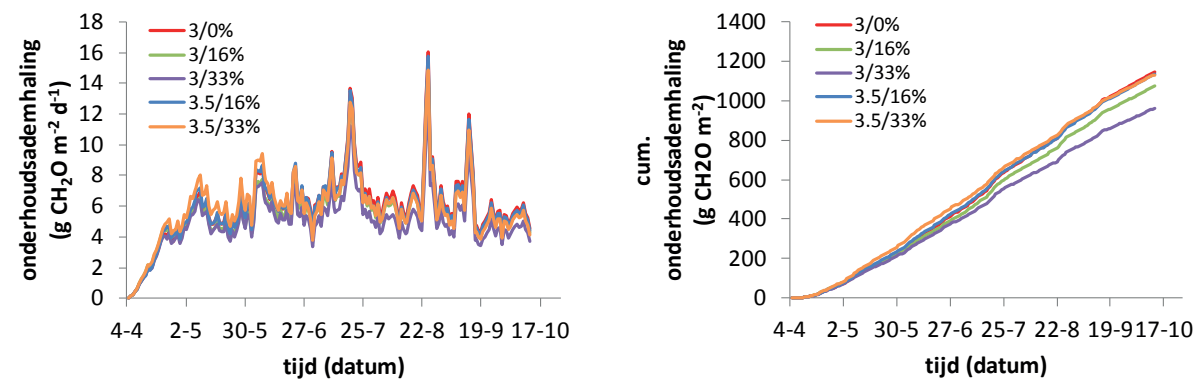
## 4.2 Fotosynthese, ademhaling, assimilatenbeschikbaarheid en groei

Omdat de behandelingen bij elkaar in een kas stonden waren alle klimaatfactoren hetzelfde en is de bruto fotosynthese sterk gekoppeld aan de hoeveelheid onderschepte licht. De verschillen tussen de behandelingen zijn voor wat betreft de bruto fotosynthese groter dan voor wat betreft de hoeveelheid onderschepte straling. Dit komt niet omdat de fotosynthese-eigenschappen tussen de behandelingen van elkaar verschillen, want deze verschillen alleen per gewashoogte en CO<sub>2</sub> concentratie. De oorzaak ligt in de verschillende LAI's en hoeveelheden onderschepte straling.



**Figuur 4.5** Bruto dagelijkse fotosynthese (links) en cumulatieve bruto fotosynthese (rechts).

De onderhoudsademhaling is voor alle behandelingen zo goed als gelijk, behalve behandeling 3/33%, die bijna steeds een lagere onderhoudsademhaling kent dan de andere behandelingen. Dit is het gevolg van het lagere totaalgewicht van deze behandeling. De onderhoudsademhaling is afhankelijk van de hoeveelheid plantmateriaal dat onderhouden moet worden. De pieken in de onderhoudsademhaling vallen samen met een hogere kastemperatuur (Figuur 3.1). De onderhoudsademhaling neemt exponentieel toe met een hogere temperatuur en is daardoor op warme dagen een serieuze kostenpost in de koolstofbalans.



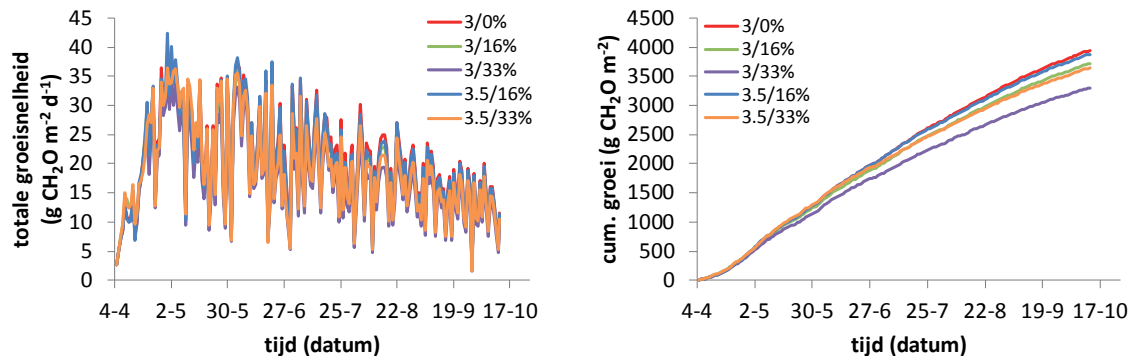
**Figuur 4.6** Dagelijkse onderhoudsademhaling.

De netto dagelijkse groeisnelheid is de dagelijkse bruto beschikbaarheid van assimilaten minus de onderhoudsademhaling. Deze ademhaling is behoorlijk hoog als gevolg van het grote stengelgewicht (net als bijvoorbeeld bij tomaat en paprika). Een lagere bruto beschikbaarheid van assimilaten leidt dus al snel tot een lagere netto groeisnelheid.

Het komt in sommige situaties wel voor dat er aan het begin van de teelt een opbouw van een virtueel orgaan met reserves plaatsvindt. Dit vindt bijvoorbeeld plaats als er niet snel genoeg vruchten tot ontwikkeling komen of als er het aanbod van assimilaten in de zomer groter is dan de vraag ernaar. Uit de simulaties blijkt dat dit in deze komkommerproef niet het geval is geweest. Afgezien van een enkele dag aan het begin van de teelt met een kortdurende aanwezigheid van assimilaten, was dit virtuele reserve-orgaan leeg.

Samenvattend vindt bij behandeling 3/33% het volgende plaats:

- Een lage LAI en lichtonderschepping.
- Een lage bruto beschikbaarheid aan assimilaten.
- Een lagere onderhoudsademhaling, die echter niet voldoende compenseert.
- Daardoor een lage netto groeisnelheid.

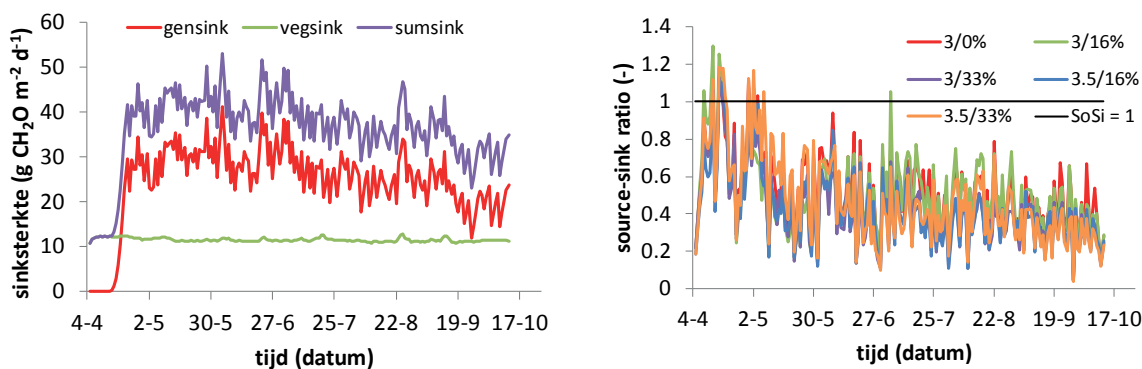


**Figuur 4.7** Dagelijkse groeisnelheid (links) en cumulatieve groei (rechts).

### 4.3 De source-sinkbalans

In de vorige paragraaf is al aangeroerd dat afgezien van enkele dagen aan het begin van de teelt, wanneer het reserve-orgaan kortdurend gevuld is, de vraag naar assimilaten groter is dan het aanbod. Het aanbod van assimilaten volgt de lichteveelheid (naast temperatuur en CO<sub>2</sub>) en de vraag naar assimilaten wordt gedefinieerd als de som van de potentiële groeisnelheden van alle organen.

De dagelijkse vraag naar assimilaten is redelijk stabiel. De reden is dat de potentiële groeisnelheden bepaald worden door de temperatuur en het gewicht van de organen. Omdat beiden redelijk stabiel waren, is ook de vraag naar assimilaten redelijk stabiel. Meest bepalend voor de grote veranderingen in de source-sinkbalans is daarom het aanbod van assimilaten. Vrucht- en bladpluk zorgen voor kleinere variaties.



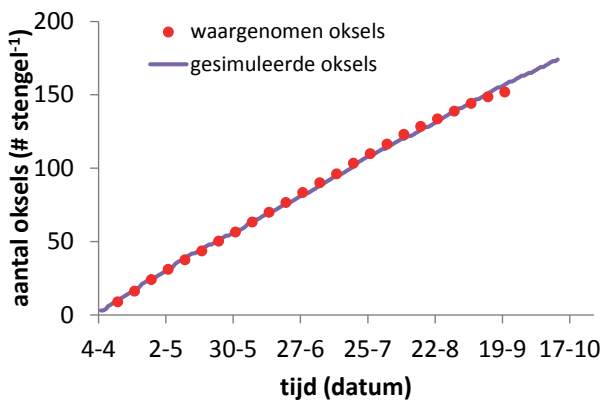
**Figuur 4.8** Dagelijkse sinksterktes van de vegetatieve (vegsink) en generatieve organen (gensink) en het totale gewas van behandeling 3/0% (sumsink) (links) en dagelijkse verhouding tussen het aanbod van en de vraag naar assimilaten: de source-sink balans (rechts).

## 4.4 Ontwikkeling

### 4.4.1 Aantal oksels

In paragraaf 3.5 is uitgelegd dat volgens de literatuur de aanlegssnelheid van de oksels afhankelijk is van de temperatuursom en de dagelijkse hoeveelheid PAR (Marcelis, 1994), maar dat in deze proef ook een prima lineaire afhankelijkheid van de temperatuursom werd bepaald. In het Intkam gewasgroeimodel is de relatie van Marcelis overigens wel gebruikt, aangezien dit de standaard is en ook een nagenoeg een lineair verband levert.

Om goede simulatieresultaten te verkrijgen, moest worden aangenomen dat de ontwikkelingssnelheid van behandelingen 3/16%, 3/33% en 3.5/33% iets lager (2.5%) was dan die van de andere twee behandelingen.

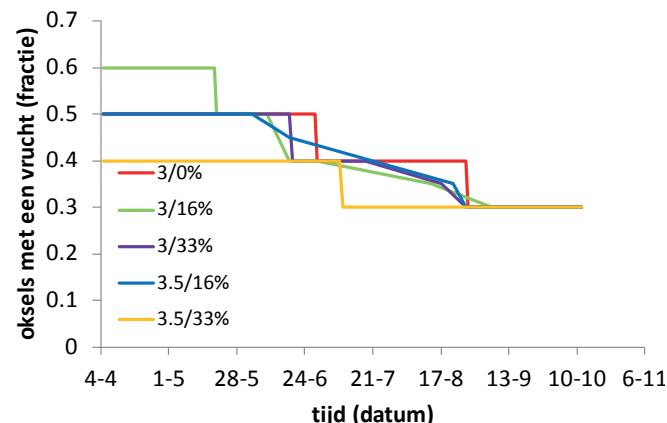


**Figuur 4.9** Waargenomen en gesimuleerde oksels van behandeling 3/0%.

### 4.4.2 Vruchtzetting

Zowel aantal oksels als het aantal geogste vruchten is nauwkeurig waargenomen. Er kan dus achteraf precies worden bepaald hoeveel oksels wel en niet in een vrucht hebben geresulteerd. Dunning en abortie hebben hierin een rol gespeeld. In principe werd 50% van de oksels gedund, waarbij steeds werd gelet op de status van de plant. Daarnaast vond abortie plaats, en werd in het begin van de teelt bij een enkele plant een klein aandeel mannelijke bloemen verwijderd. In paragraaf 3.7.3 is dit op seizoensbasis geanalyseerd, en hier wordt het in de tijd geanalyseerd door van de oogstwaarneming steeds terug te rekenen naar het moment van zetting.

Er vallen twee dingen op. Ten eerste neemt de fractie oksels dat in een geogste vrucht resulteert af in de tijd tot 30-35%, dus ongeveer een derde. Ten tweede ontwikkelen zich in behandeling 3.5/33% vanaf het begin minder vruchten (40% blijft over) dan in de andere behandelingen. Beide effecten kunnen te maken hebben met de draagkracht van de plant. Het is goed mogelijk dat behandeling 3.5/33% direct al minder sterk was.



**Figuur 4.10** Het aandeel oksels dat uiteindelijk in een vrucht resulteert.

Tabel 4.1

Gemiddeld aantal vruchten per week voor de vijf behandelingen.

Behandeling	Gemiddeld aantal vruchten per week
3 / 0%	3.2
3 / 16%	3.1
3 / 33%	2.9
3.5 / 16%	3.0
3.5 / 33%	2.5

## 4.5 Vruchtgroei en vruchtgewicht

### 4.5.1 Productie

De simulatie van het aantal vruchten was goed, net als de simulatie van de droog- en versgewichten van de vruchten en van het gemiddeld vruchtgewicht.

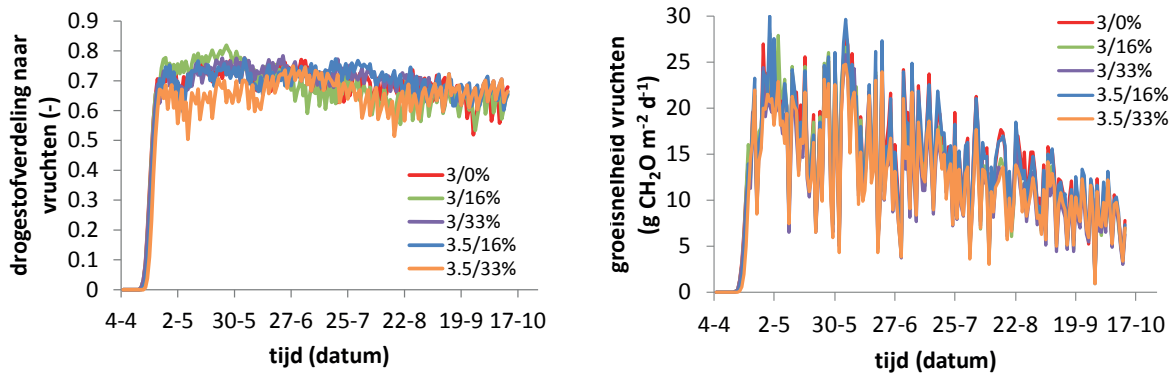
De groeisnelheid van de vruchten is de combinatie van de groeisnelheid van het gewas en de drogestofverdeling naar de vruchten (die weer een afgeleide is van het aantal vruchten m<sup>-2</sup>). De drogestofverdeling naar de vruchten was gemiddeld laag (64.2%) voor behandeling 3.5/33%. Behandeling 3/16% had gemiddeld ook een lage drogestofverdeling (66.6%) maar compenseerde dit met een hoge groeisnelheid. De andere behandelingen hadden een hogere drogestofverdeling van 67.5-68.7%.

Er zijn verschillen tussen de behandelingen in de groei van het gewas en de groei van de vruchten, die het best zichtbaar worden bij de cumulatieven (Figuren 4.5, 4.12 en 4.13). Het cumulatieve totaalgewicht van behandeling 3.5/33% zakt in geval van de cumulatieve productie terug om zo goed als samen te vallen met dat van behandeling 3/33%. Het cumulatieve totaalgewicht van behandeling 3.5/16% daarentegen stijgt in geval van de cumulatieve productie en valt samen met dat van behandeling 3/0%. De oorzaak hiervan ligt in het aantal vruchten dat mede bepalend is voor de opbrengst en in het eerste geval drukkend werkt op de kiloproductie, maar in het tweede geval juist stimulerend.

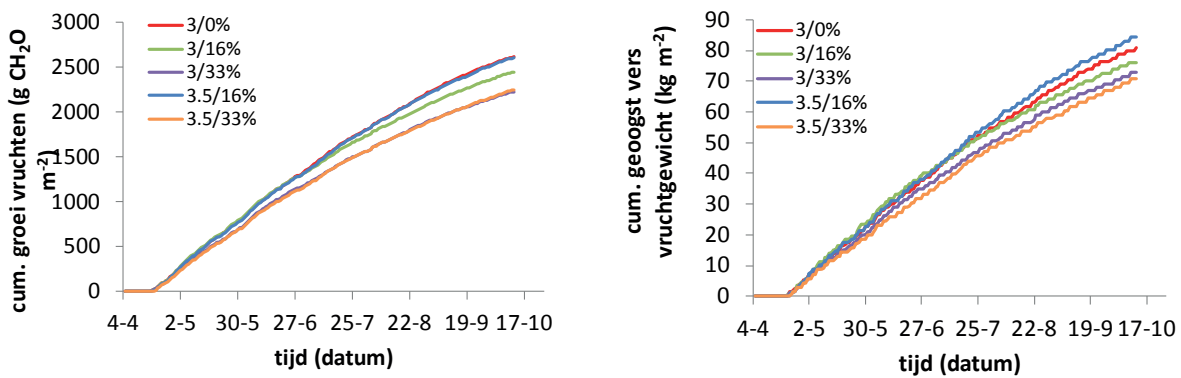
De lichtbenuttingsefficiëntie (Tabel 4.2) neemt af bij bladplukken vanwege de dalende productie. Maar met het verhogen van de stengeldichtheid, mits er beperkt blad wordt geplukt (16%) is er een lichte stijging.

De laatste stap is de vertaling van droog vruchtgewicht naar vers vruchtgewicht, wat gaat via het drogestofgehalte van de vruchten (zie volgende paragraaf). Het resultaat is dat behandeling 3.5/16% 'doorstijgt' en de hoogste productie bereikt, en dat behandeling 3.5/33% verder daalt en de laagste productie bereikt.

Meer Figuren worden in bijlage 10 gegeven.



**Figuur 4.11** Dagelijkse drogestofverdeling naar, en groeisnelheid van de vruchten.



**Figuur 4.12** Cumulatief droog (links) en vers (rechts) vruchtgewicht.

Tabel 4.2

Gesimuleerde lichtbenuttingsefficiëntie: de hoeveelheid droog vruchtgewicht per hoeveelheid geabsorbeerde PAR.

Behandeling	Lichtbenuttingsefficiëntie (g droog vruchtgewicht / MJ onderschepde PAR)
3 / 0%	3.04
3 / 16%	2.92
3 / 33%	2.87
3.5 / 16%	3.06
3.5 / 33%	2.72

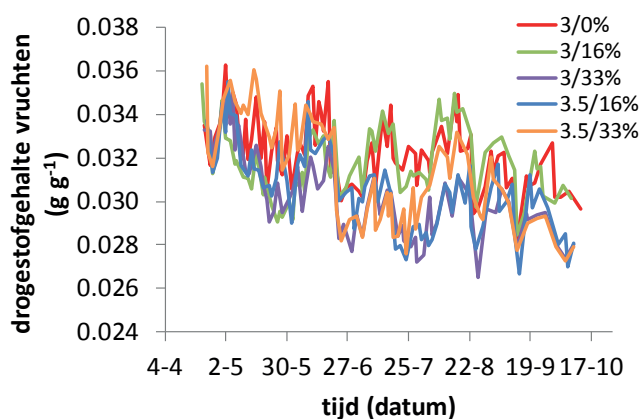
Tabel 4.3

Waargenomen en gesimuleerde versproducties, aantal vruchten en gemiddeld vers vruchtgewicht.

Behandeling	versproductie (kg m <sup>-2</sup> )		Aantal vruchten (# m <sup>-1</sup> )		Gemiddeld vers vruchtgewicht (g vrucht <sup>-1</sup> )	
	Waargenomen	Gesimuleerd	Waargenomen	Gesimuleerd	Waargenomen	Gesimuleerd
3 / 0%	79.2	81.1	191.8	198	413	410
3 / 16%	74.5	76.1	186.2	189	400	403
3 / 33%	71.6	72.8	174.1	180	411	404
3.5 / 16%	82.5	84.3	211.8	213.5	389	395
3.5 / 33%	70.6	70.8	175.8	178.5	401	397

#### 4.5.2 Drogestofgehalte van de vruchten

Het drogestofgehalte van de komkommervrucht is afhankelijk van een aantal factoren: de fysiologische leeftijd, de etmaaltemperatuur, het gewicht en de source-sink verhouding (Marcelis, 1994). Het gaat te ver om deze factoren voor dit experiment volledig te ontleden; we beperken ons tot de observatie dat het gesimuleerde drogestofgehalte (er zijn geen waarnemingen) in de tijd langzaam afneemt van ongeveer 3.4% naar ongeveer 3%. In absolute termen een kleine verandering, maar in relatieve termen toch aanzienlijk. De gemiddelde gesimuleerde waarden voor het drogestofgehalte zijn gegeven in Tabel 4.1.



**Figuur 4.13** Gesimuleerde drogestofgehaltes voor de vijf behandelingen.

Tabel 4.4

Gesimuleerde gemiddelde drogestofgehaltes voor de vijf behandelingen.

Behandeling	Gesimuleerde drogestofgehalte (g g <sup>-1</sup> )
3 / 0%	3.23
3 / 16%	3.18
3 / 33%	3.03
3.5 / 16%	3.06
3.5 / 33%	3.14

## 5 Discussie en Conclusies

Voor de laatste jaren zet de areaaluitbreiding van hogedraadteelt zich ten koste van de traditionele teelt door. Dit komt o.a. vanwege een betere en uniforme kwaliteit en het beschikbaar komen van geschiktere rassen voor de hogedraadteelt. Momenteel is de verdeling paraplu- vs. hogedraadsysteem ongeveer 3:1. Het telen in een hogedraadsysteem maakt het mogelijk om teeltmaatregelen toe te passen die voorheen niet mogelijk waren, zoals jong blad wegnemen. Dit is bij de hogedraad van tomaat bij bepaalde rassen al langer de gewoonte, maar wordt bij komkommer nog weinig toegepast. Arbeidstechnisch is het relatief eenvoudig om deze teeltmaatregel in te voeren omdat komkommer, net als tomaat, ingedraaid of geclipt moet worden en er vruchten gedund moeten worden, zodat er toch arbeid bij de kop van het gewas moet worden verricht. Het op gezette tijden wegnemen van een blad is een kleine extra moeite, wat later weer terugverdiend wordt doordat dit blad onderin niet verwijderd hoeft te worden.

Mits het zinvol is natuurlijk. Kan de lichtbenuttingsefficiëntie worden verhoogd en kan het energieverbruik worden verminderd? Op deze twee vragen richtte zich dit onderzoek.

Ten aanzien van de lichtbenuttingsefficiëntie:

- Is de gewasstructuur opener en is er daardoor een betere lichtverdeling?
- Is er minder onderhoudsademhaling?
- Is er een betere assimilatenverdeling naar de vruchten?

Ten aanzien van het energieverbruik:

- Is er sprake van een verhoogde lichtbenuttingsefficiëntie en productie?
- Omdat het experiment als zomerteelt werd uitgevoerd werd er weinig vermindering van het toch al beperkte gasverbruik verwacht. Een winterteelt leidt naar verwachting wel tot minder gasverbruik omdat er minder verdampingsvocht weggeventileerd hoeft te worden.

### **Teeltuitvoering**

Het experiment was ingericht als een verkenning van de effecten van verschillen in bladplukstrategie en stengeldichtheid (aantal per m<sup>2</sup>) op de gewasgroei en -productie. Elk van de vijf behandelingen bestonden uit slechts één carousel en waren samen in een compartiment aanwezig. Randrijen tussen de behandelingen waren niet aanwezig. Het klimaat kon dus niet worden aangepast aan de behandeling. Zo had er bij de verschillende plantbelastingen een andere temperatuurstrategie gehanteerd kunnen worden (al is er proeftechnisch veel voor te zeggen om alle klimaten gelijk te houden). Er werd dus qua temperatuur voor een grootste gemene deler gekozen en er was voor wat betreft licht nogal wat interferentie tussen de behandelingen. De gegevens moeten hierdoor met het nodige voorbehoud worden gezien – maar dat was van tevoren ook bij de opdrachtgevers bekend. Met deze beperkingen in het achterhoofd verliep het experiment eigenlijk verrassend goed, in de zin dat de meeste resultaten goed te begrijpen zijn.

Er zijn veel waarnemingen uitgevoerd zodat er veel menselijke beweging in de kas is geweest. Dat was niet bevorderlijk voor het gewas en leidde nogal eens tot stengeluitval.

Het was de bedoeling om door 50% te dunnen een gelijkmatige vruchtopbouw te realiseren. In juli ontstond er op een zeker moment van hoge plantbelasting (Figuur 3.15, begin juli) en grote productie (Figuur 3.19, medio juli) zodat het gewas hierna schraal stond (met name in de behandelingen met 33% bladpluk). Er trad relatief veel abortie op (Figuur 3.16) waardoor er later schommelingen in productie ofwel vluchten ontstonden.

Conclusies:

- Gezien de proeftechnische beperkingen verliep de teelt eigenlijk heel goed en leverde begrijpelijke resultaten.
- Het is niet goed voor het gewas om veel waarnemingen te doen. Helaas konden de waarnemingen niet over veel planten worden verspreid vanwege de beperkte omvang.
- Het vermijden grote fluctuaties in de productie is niet volledig geslaagd.

## Gewasontwikkeling

Marcelis (1994) relateert de ontwikkelingssnelheid aan de temperatuursom en de dagelijkse hoeveelheid PAR. Deze zijn in ons experiment voor alle behandelingen hetzelfde geweest. Toch vormden behandelingen 3/0% en 3.5/16% duidelijk meer oksels per stengel (151-152) dan de andere drie behandelingen (143-144) in dezelfde periode (Tabel 3.2). Dit suggereert dat de beschikbare hoeveelheid assimilaten, die voor deze twee behandelingen relatief hoog was (zie Figuur 4.7 met cumulatieve groei), ook een invloed heeft op de ontwikkelingssnelheid van het komkommengewas (7% verschil in gevormde oksels). Mogelijk moet de dagelijkse hoeveelheid PAR, zoals deze door Marcelis (1994) was voorgesteld, worden omgezet naar de dagelijkse hoeveelheid onderschepde PAR, omdat dit dichterbij de hoeveelheid beschikbare assimilaten staat. Met dit alles als gegeven leidt bladplukken tot een lagere ontwikkelingssnelheid, maar dit kan worden gecompenseerd door de stengeldichtheid te verhogen.

De behandelingen waren gebaseerd op het feit dat bij hogedraadkomkommer in de praktijk maximaal 10-10.5 vruchten  $m^{-2}$  per week worden gevormd. Het aantal gevormde vruchten per week in de experimenten lag hierboven, variërend van 12.8 vruchten  $m^{-2}$  week<sup>-1</sup> voor behandeling 3/0% tot 17.9  $m^{-2}$  week<sup>-1</sup> voor behandeling 3.5/16% (zie bijlage 4). In het experiment was dat over de hele proefperiode gemiddeld 2.9 vruchten per stengel (Tabel 4.1).

De abortie nam toe bij een hogere stengeldichtheid en meer bladpluk, en was het hoogst na de zomer. Waarschijnlijk is er een verband is met de beschikbaarheid van assimilaten. Komkommervruchten, maar ook bloemen, aborteren tijdens de eerste 10 dagen van hun aanwezigheid als er niet voldoende assimilaten beschikbaar zijn (beneden een bepaalde grenswaarde; Marcelis, 1994). Om hier goed mee om te gaan zou dunnen op basis van de lichtprognose uitgevoerd kunnen worden: in de zomer setjes van 2 aanhouden en na de langste dag minder vruchten aanhouden.

Net als bij tomaat heeft bladplukken een effect op de lengtegroei. Bladplukken reduceerde de lengtegroei met ca. 10%. Dit effect is ook bij tomaat gevonden (de Gelder *et al.* 2016, Elings *et al.* 2017). Het leek erop dat meer stengels ook de lengtegroei wat stimuleerde, wat niet vreemd is

De uitgroeiduur, die het beste in graaddagen ( $d^{\circ}C$ ) kan worden uitgedrukt, was binnen een behandeling stabiel in de tijd. Als de uitgroeiduur in dagen wordt uitgedrukt nam deze met name in het begin van de teelt toe omdat er werd begonnen met een hoge temperatuurinstelling. Er waren tussen de behandelingen verschillen in uitgroeiduur die erop duiden dat meer bladpluk en een hogere stengeldichtheid (wat zich vertaalt in een hogere plantbelasting  $m^{-2}$ ) leiden tot een langere uitgroeiduur.

Conclusies:

- Er lijkt een effect van de behandeling op de ontwikkelingssnelheid. Het effect van bladpluk en stengeldichtheid zijn niet te ontwarren, maar de behandelingen met een 'normale' openheid ontwikkelde een hoger aantal oksels per stengel dan de behandelingen met een 'open' of 'extra open' gewasstructuur.
- De abortie nam toe bij een hogere stengeldichtheid en meer bladpluk. Er wordt geadviseerd goed te monitoren en eventueel de bladplukstrategie aan te passen, zeker bij afnemend licht.
- Net als bij tomaat heeft bladplukken een reducerend effect op de lengtegroei, terwijl een hogere stengeldichtheid juist het tegenovergestelde effect lijkt te hebben.
- De resultaten duiden erop dat meer bladpluk en een hogere stengeldichtheid (wat zich vertaalt in een hogere plantbelasting  $m^{-2}$ ) leiden tot een langere uitgroeiduur.

## LAI en lichtonderschepping

De bladeren van de komkommerplanten werden vanaf begin mei snel kleiner (Figuur 3.11), zonder dat de LAI ook direct lager werd. Dit gebeurde pas eind juni, op het moment dat er ook een afname in het aantal bladeren per stengel was, het oppervlak per blad afnam, er net veel geoogst was en het stralingsniveau laag was. De bladeren van behandeling 3/0% waren tijdens de hele teelt groter dan die van de andere behandelingen.



Bladpluk leidde in onze experimenten tot kleinere bladeren, niet tot grotere (dit laatste zou nog verklaard kunnen worden uit bijvoorbeeld de lagere competitie voor assimilaten). Het wegnemen van bladeren in een jong stadium werd door de plant dus niet gecompenseerd door grotere bladeren te vormen. Welke mechanismen hier een rol spelen is helaas niet duidelijk, maar het is een effect tot ook bij tomaat is waargenomen (Elings *et al.* 2017). Het is niet bekend of de bladdikte als gevolg van bladplukken veranderde omdat het specifieke bladoppervlak niet is bepaald.

Behandeling 3.5/33% had een afwijkende LAI ontwikkeling. Verder bleek de volgende afnemende volgorde te ontstaan:

- Behandeling 3/0% en 3.5/16% hadden evenveel bladeren  $m^{-2}$ . Behandeling 3.5/16% had weliswaar 1/6 meer stengels  $m^{-2}$ , maar er was ook 1/6 deel van de bladeren verwijderd. Behandeling 3/0% had de hoogste LAI van de twee, wat geassocieerd is met de grootste bladeren.
- Behandelingen 3/16% en 3.5/33% hadden volgens hetzelfde systeem ook evenveel bladeren  $m^{-2}$ , maar minder dan de vorige twee genoemde behandelingen. De LAI van 3/16% nam de 3<sup>e</sup> plaats in. Behandeling 3.5/33% had een afwijkende LAI ontwikkeling. Het was wenselijk geweest om in meer herhalingen te meten om zeker te stellen dat de meting betrouwbaar was.
- Behandeling 3/33% had het laagste aantal bladeren  $m^{-2}$ , wat overeenkwam met de laagste LAI.

Nadat de LAI was afgenomen (eind juni) was de LAI niet voldoende hoog meer om al het licht te onderscheppen en ontstonden er kleine behandelingsverschillen. Met name behandeling 3/33% (dus de behandeling met relatief de laagste stengeldichtheid en hoogste bladpluk) onderschepte duidelijk minder straling dan de andere behandelingen. Behandeling 3.5/33% onderschepte van de resterende behandelingen de minste straling.

Conclusies:

- Minder bladeren  $m^{-2}$  leidt tot een lagere LAI.
- Bladpluk lijkt tot kleinere bladeren te leiden. Deze conclusie zou steviger zijn geweest als de behandeling 3.5/0% had bestaan (en als we herhalingen hadden gehad).
- De combinatie 3/33% onderschepte duidelijk minder straling dan de andere behandelingen. Dit vertaalt zich door naar productie (zie hieronder).

### **Fotosynthese, onderhoudsademhaling en groei**

De hoeveelheid onderschepte straling vertaalt zich direct door naar de bruto fotosynthesesnelheid van het gewas (paragraaf 4.2). Na aftrek van de onderhoudsademhaling, waarbij behandeling 3/33% de laagste onderhoudsademhaling had vanwege het lagere totaalgewicht, dat weer voortvloeit uit het lagere vruchtgewicht van deze behandeling. Maar de lagere onderhoudsademhaling kan niet voorkomen dat de netto groeisnelheid van het gewas van behandeling 3/33% de laagste was. De behandelingen met de hoogste bruto fotosynthese vertoonden ook de hoogste gewasgroei (3/0% en 3.5/16%).

Conclusies:

- De behandelingen hadden geen effect op de eigenschappen van de fotosynthese-lichtreponscurve. De fotosynthese geeft daarmee geen verklaring voor productieverschillen.
- Daarom vertaalden verschillen in hoeveelheid onderschept licht zich direct door naar bruto fotosynthese en netto groei.

### **Drogestofverdeling en productie**

Er vormden zich groepen met betrekking tot aantal geoogste vruchten en vruchtgewicht, die resulteerden in verschillen in kiloproductie. Het aantal vruchten is belangrijk voor het totaalgewicht. Dit is logisch omdat er op een min of meer vast niveau van vruchtgewicht wordt geoogst en er al gaande de teelt wordt beoordeeld wat de draagkracht van het gewas is. De behandeling met de meeste vruchten (3.5/16%) had de hoogste kiloproductie en de behandelingen met de minste vruchten (3/33% en 3.5/33%) hadden de laagste productie. Het hoge gemiddelde vruchtgewicht (want er was natuurlijk wel enige variatie) van behandeling 3/33% kon dit niet compenseren. De behandelingen met een middelmatig aantal vruchten (3/0% en 3/16%) hadden ook een middelmatige productie waarbij het vruchtgewicht tussen deze twee behandelingen het onderscheid maakte.

De drogestofverdeling naar de vruchten varieerde op seizoensbasis gemiddeld over de behandelingen tussen 64.2% en 68.7%. Alleen in geval van behandeling 3.5/33% was een lage opbrengst ook gekoppeld aan een lage drogestofverdeling naar de vruchten. Voor de andere behandelingen was er een sterke interactie met de groeisnelheid en plantbelasting van het gewas. Dit zou ruimte moeten bieden voor een verdere optimalisatie, waarbij een hoge plantbelasting een belangrijk sturende factor is.

De lichtbenuttingsefficiëntie (Tabel 4.2) neemt af bij bladplukken vanwege de dalende productie. Maar met het verhogen van de stengeldichtheid, mits er beperkt blad wordt geplukt (16%) is er een lichte stijging.

Het is dus belangrijk om een dusdanige teeltstrategie te volgen dat er een maximaal aantal vruchten  $m^{-2}$  met een voldoende vruchtgewicht kan worden gerealiseerd. Het is het meest aantrekkelijk voor telers vanwege de prijs om vruchten van net boven de 410 g te oogsten.

Conclusies:

- Het is belangrijk om een dusdanige teeltstrategie te volgen dat er een maximaal aantal vruchten  $m^{-2}$  met een voldoende vruchtgewicht kan worden gerealiseerd. Want omdat een tuinder het vruchtgewicht in de praktijk slechts beperkt laat fluctueren, is het aantal vruchten meer sturend.
- Behandeling 3.5/16% gaf een productieverbetering van 4.2% ten opzichte van behandeling 3/0%. De andere behandelingen gaven een productieverlaging.
- Behandeling 3.5/16% had het hoogste aantal vruchten per stengel, en zeker per  $m^2$ , gevolgd door behandeling 3.5/33% die trouwens niet extra veel vruchten per stengel had.
- Bij de meest optimale strategie neemt ook de lichtbenuttingsefficiëntie iets toe.
- Alleen in geval van behandeling 3.5/33% was een lage opbrengst ook gekoppeld aan een lage drogestofverdeling naar de vruchten. Voor de andere behandelingen was er een sterke interactie met de plantbelasting op een bepaald moment.

## Energie

De bladplukproef vond plaats in de zomermaanden waarbij de nadruk lagen op het effect van bladplukken en minder op energiebesparing. Het was van tevoren duidelijk dat de zomer niet het geschikte jaargetijde is om de potentie voor energiebesparing vast te stellen. Toch is te verwachten dat bladplukken, net als in de bladplukproeven met tomaat, in de winter tot energiebesparing zal leiden omdat er minder vocht weggeventileerd hoeft te worden.

## Samenvatting en aanbevelingen

1. Het totaal aantal vruchten  $m^{-2}$  was het meest bepalend voor de totale versproductie en dit wordt bepaald door een optimale combinatie van stengeldichtheid en assimilatenaanbod. Het is dus belangrijk om de teelthandelingen dusdanig uit te voeren dat het maximaal haalbare aantal vruchten kan worden bereikt. Natuurlijk speelt het vruchtgewicht ook een rol, maar omdat hier bij de oogst getracht wordt om vruchten in een bepaalde gewichtsklasse te oogsten, is deze beperkt variabel. Als de vruchten te klein dreigen te worden, zal er meer gedund worden zodat het aantal vruchten afneemt. De verwachte instraling in de komende weken op basis van meerjarige gemiddelden speelt hier ook een belangrijke rol.
2. Omdat bladpluk alleen in de proefperiode leidde tot een licht stijgende abortie, een lagere ontwikkelingsnelheid en dus minder oksels, en een lagere LAI met minder lichtonderschepping, gaf bladpluk minder vruchten en minder kilo's.
3. Dit kan echter worden gecompenseerd door een hogere stengeldichtheid. Er ontstaat dan een gewas met een normale LAI en gewasstructuur, maar wel met een hoger aantal oksels  $m^{-2}$  waar vruchten aangehouden kunnen worden. De productie en lichtbenuttingsefficiëntie nemen toe.
4. Hier staat tegenover dat ook de arbeid voor gewasverzorging toeneemt.
5. Dit experiment is in een zomerseizoen met veel licht uitgevoerd. Van bladplukproeven in tomaat weten we dat dit vooral in donkere perioden effectief is en dan ook leidt tot minder verdamping, behoefte om vocht af te voeren en daarmee energieverbruik. Het is daarom te verwachten dat dit ook voor komkommer zal gelden.
6. De aanbeveling voor de praktijk, op basis van wat we nu weten, zou zijn: pluk slechts beperkt klein blad weg, combineer het met een relatief hoge stengeldichtheid, en bespaar energie in een vroege teelt.

Tabel 5.1

Kwalitatieve samenvatting van de behandelingsverschillen voor teeltmaatregelen (m), waarnemingen (w) en simulaties (s). Er zijn voor de waarnemingen en simulaties drie codes gebruikt, te weten '-', '0' en '+'. Hierbij heeft '-' de laagste kwantitatieve waarde, '+' de hoogste en '0' een tussenliggende waarde. Voor de LAI en de versooft is een rangschikking gebruikt, waarbij 1 de hoogste waarde vertegenwoordigt. Bij de plantbelasting is ook de code '-' gebruikt.

Behandeling	Openheid gewas*	Stengel- lengte	Oksels per stengel	abortie	Uitgroei- duur	Vruchten stengel <sup>-1</sup>	Vruchten m <sup>-2</sup> (plant- belasting)
	m	w	w	m	m	w	w
3 / 0%	normaal (3)	0	+	-	-	-	--
3 / 16%	open (2)	-	-	0	-	-	-
3 / 33%	extra open (1)	-	-	0	+	-	-
3.5 / 16%	normaal (3)	+	+	0	+	+	+
3.5 / 33%	open (2)	-	-	+	+	-	0

\*: een behandeling 3.5/0% zou de classificatie 'dicht (4)' hebben gehad.

Behan- deling	Openheid gewas	Oppervlakte per blad	LAI	Lichtonder- schepping	Bruto fotosynthese	Onderhouds- ademhaling	Gewas- groei	Vrucht- groei
	m	w	w	s	s	s	s	w/s
3 / 0%	normaal (3)	+	1	+	+	+	+	2
3 / 16%	open (2)	-	3	+	0	0	0	3
3 / 33%	extra open (1)	-	4	-	-	-	-	4
3.5 / 16%	normaal (3)	-	2	+	+	+	+	1
3.5 / 33%	open (2)	-	afwijkend	0	0	+	0	5

Behandeling	Openheid gewas	# geogste vruchten	Vrucht-gewicht	kg productie	Lichtbenuttings- efficiëntie
	m	m	m	m	m
3 / 0%	normaal (3)	0	+	2	0
3 / 16%	open (2)	0	0	3	-
3 / 33%	extra open (1)	-	+	4	-
3.5 / 16%	normaal (3)	+	-	1	+
3.5 / 33%	open (2)	-	0	5	-



# Literatuur

Elings, A., A. de Gelder en J. Janse, 2017.

Bladplukken tomaat. Tomatenproductie sturen van blad naar vrucht. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1452.

A. Elings, F. de Zwart, J. Janse, F. Buwalda en L. Marcelis, 2006.

Flexibele meerdaagse temperatuurinstelling op basis van de assimilatenbalans van het gewas. PRI nota 383, 68 p.

Gelder, A. de, 2016.

Telen met gestuurde vochtafvoer. Komkommers in de Venlow Energy Kas. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport Rapport GTB-1408.

Gelder, A. de, J. Janse en M. Warmenhoven, 2016.

Het Nieuwe Gewas. Sturen van de plantvorm voor verhoogde lichtbenutting. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1047.

Gelder, A. de, R. van der Burg en J. Zwinkels, 2017.

Paprika energiezuinig met goede kwaliteit. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1434.

Gijzen, H., 1994.

Ontwikkeling van een simulatiemodel voor transpiratie en wateropname en van een integraal gewasmodel. Rapport 18, AB-DLO, Wageningen

Marcelis, L.F.M., 1994.

Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber. Dissertation Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 173 pp.



# Bijlage 1 Publiciteit

## Lezingen

Anne Elings, Arie de Gelder & Jan Janse, 2016. Lopende bladplukproeven tomaat en komkommer. Wageningen UR Glastuinbouw teamvergadering 6 juni 2016, Wageningen.

Anne Elings, Arie de Gelder & Jan Janse, 2017. Bladplukken voor optimale lichtbenutting bij tomaat en komkommer. EnergiekEvent 9 maart 2017, Bleiswijk.

Anne Elings, Arie de Gelder & Jan Janse, 2017. Leaf picking in tomato and cucumber. Bezoek Scandinavische onderzoekers, 9 februari 2017, Bleiswijk.

Anne Elings, Arie de Gelder & Jan Janse, 2016. Bladplukken voor optimale lichtbenutting bij tomaat en komkommer. Wageningen UR Glastuinbouw teamvergadering 24 april 2017, Bleiswijk.

## Publicaties

Anne Elings, 2016. Meer bladplukken meer assimilaten naar vruchten sturen. Groenten & Fruit 14: 26-27, (interview).

Anne Elings en Jan Janse, 2016. Bladplukken bij hogedraadkomkommer in de zomer negatief. Website Groenten & Fruit, 9 augustus 2016.

Pieter van Velden, 2017. Beïnvloeden assimilatenbalans vruchtgewassen. Kunst van blad snijden is op het juiste moment je winst pakken. Onder Glas 6/7:14-15 (interview).

## Web

Kas als Energiebron / LTO Glaskracht:

13 april 2016. Project 'Energiebesparing door bladpluk bij komkommer gestart'.





## Bijlage 2 Klimaatgegevens

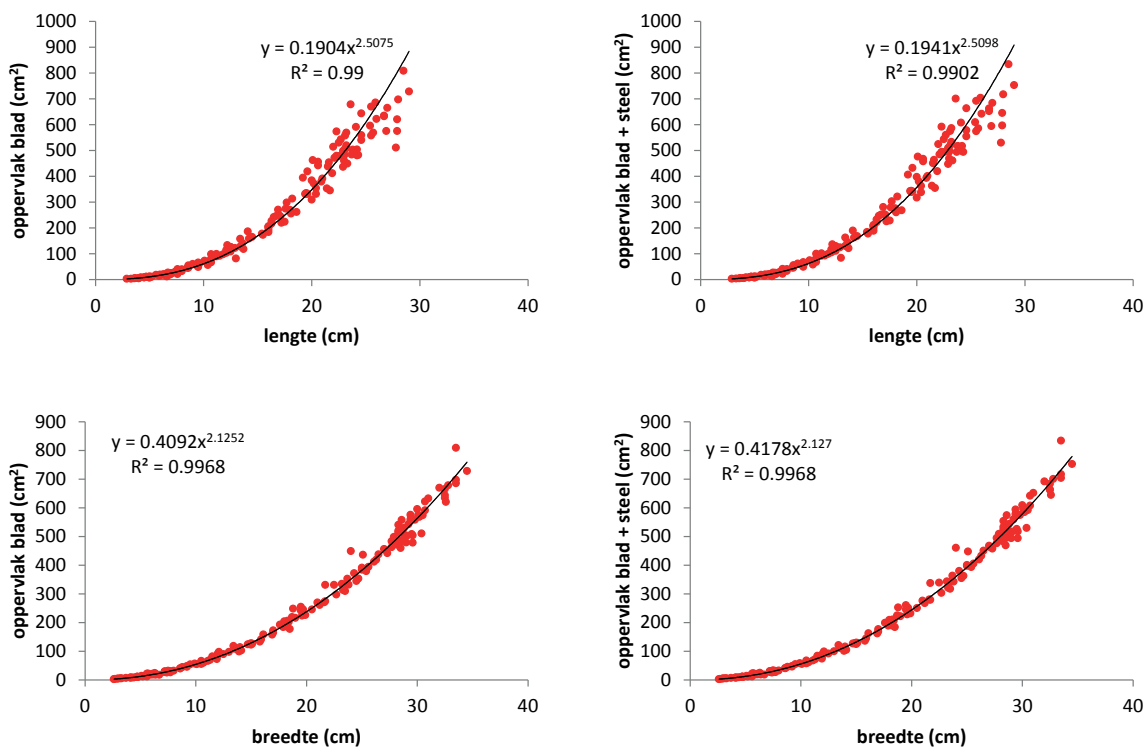
Tabel 1

*Setpoints en realisatie van verschillende temperaturen.*

Type temperatuur (°C)	minimum	gemiddelde	maximum
Ingestelde temperatuur dag	19.7	20.9	24.4
Ingestelde temperatuur voornacht	17.4	18.3	21.6
Ingestelde temperatuur nacht	17.4	18.4	21.0
Temperatuur dag	21.1	23.5	28.9
Temperatuur voornacht	18.3	20.7	27.2
Temperatuur nacht	17.6	19.3	22.1
Temp etmaal	19.7	21.8	26.0
DIF (verschil dag nacht)	2.0	3.6	5.8



## Bijlage 3 Bladoppervlak



**Figuur b3.1** Correlaties tussen bladlengte en bladbreedte, en het oppervlak van de bladschijf en de bladschijf + bladsteel. De metingen zijn uitgevoerd op 24 mei, 13 juli en 15 augustus 2016 aan een representatief monster van bladeren van planten uit alle 5 behandelingen. In de berekening van de LAI is gebruik gemaakt van de relatie tussen bladbreedte en het oppervlak van de bladschijf en bladsteel (rechtsonder).



## Bijlage 4 Lengte, oksels en bladeren

datum	plantlengte				
	3 / 0%	3 / 16%	3 / 33%	3.5 / 16%	3.5 / 33%
12-4-2016	81	83	77	78	79
19-4-2016	161	160	157	159	159
26-4-2016	241	230	236	237	238
3-5-2016	305	293	291	296	296
10-5-2016	360	336	341	351	343
17-5-2016	415	384	386	406	393
24-5-2016	473	430	428	455	435
31-5-2016	525	477	468	508	482
7-6-2016	581	524	515	561	528
14-6-2016	637	567	562	618	580
21-6-2016	692	613	608	669	625
28-6-2016	743	664	649	715	662
5-7-2016	798	720	696	770	712
12-7-2016	843	758	734	821	753
19-7-2016	889	803	775	865	789
26-7-2016	931	849	815	910	828
2-8-2016	981	890	861	958	872
9-8-2016	1030	934	899	1003	911
16-8-2016	1067	975	940	1054	954
23-8-2016	1103	1012	976	1090	986
30-8-2016	1137	1044	1012	1131	1014
6-9-2016	1180	1080	1055	1176	1064
12-9-2016	1212	1113	1088	1216	1095
20-9-2016	1230	1135	1113	1241	1114

datum	oksels per stengel				
	3 / 0%	3 / 16%	3 / 33%	3.5 / 16%	3.5 / 33%
12-4-2016	9	9	9	8	8
19-4-2016	16	16	16	16	15
26-4-2016	24	23	24	23	23
3-5-2016	31	30	30	30	30
10-5-2016	38	36	37	36	36
17-5-2016	44	42	42	42	43
24-5-2016	50	48	48	48	49
31-5-2016	56	54	54	54	55
7-6-2016	63	60	60	61	60
14-6-2016	70	65	66	67	67
21-6-2016	77	71	72	74	73
28-6-2016	83	78	78	80	78
5-7-2016	90	84	84	87	85
12-7-2016	96	90	90	93	91
19-7-2016	103	97	96	100	97
26-7-2016	110	104	103	107	103
2-8-2016	116	109	109	113	109
9-8-2016	123	114	114	119	114
16-8-2016	129	120	120	125	120
23-8-2016	134	125	125	130	125
30-8-2016	139	130	130	136	129
6-9-2016	144	135	136	142	136
12-9-2016	149	140	140	147	140
20-9-2016	152	143	144	151	143

datum	oksels per m2				
	3 / 0%	3 / 16%	3 / 33%	3.5 / 16%	3.5 / 33%
12-4-2016	27	26	26	29	28
19-4-2016	48	47	48	55	53
26-4-2016	72	68	71	80	80
3-5-2016	93	91	90	103	105
10-5-2016	113	108	111	126	127
17-5-2016	131	125	127	147	149
24-5-2016	151	143	145	167	170
31-5-2016	169	161	162	190	191
7-6-2016	190	180	180	212	211
14-6-2016	210	195	197	235	233
21-6-2016	230	213	215	258	254
28-6-2016	250	233	234	281	274
5-7-2016	270	253	253	305	297
12-7-2016	288	271	269	327	318
19-7-2016	310	291	289	350	340
26-7-2016	330	311	308	373	360
2-8-2016	349	327	327	395	380
9-8-2016	369	342	342	416	400
16-8-2016	386	359	359	439	421
23-8-2016	401	375	374	456	436
30-8-2016	416	389	390	477	452
6-9-2016	432	405	407	497	475
12-9-2016	446	419	421	516	491
20-9-2016	455	429	432	530	502

datum	bladeren per stengel				
	3 / 0%	3 / 16%	3 / 33%	3.5 / 16%	3.5 / 33%
12-4-2016	9	9	9	8	8
19-4-2016	16	16	16	16	15
26-4-2016	24	22	21	22	21
3-5-2016	31	28	25	27	26
10-5-2016	38	33	30	32	31
17-5-2016	44	39	35	38	37
24-5-2016	50	44	39	43	41
31-5-2016	56	50	44	50	46
7-6-2016	63	55	49	56	52
14-6-2016	70	60	55	62	58
21-6-2016	76	66	61	69	64
28-6-2016	83	71	65	74	68
5-7-2016	90	78	70	81	73
12-7-2016	96	83	74	86	77
19-7-2016	103	89	80	92	82
26-7-2016	110	95	84	98	86
2-8-2016	116	100	91	104	92
9-8-2016	123	105	96	110	98
16-8-2016	128	111	101	116	104
23-8-2016	133	116	106	121	108
30-8-2016	139	120	110	127	112
6-9-2016	144	125	116	133	118
12-9-2016	148	130	120	138	123
20-9-2016	152	133	123	142	126

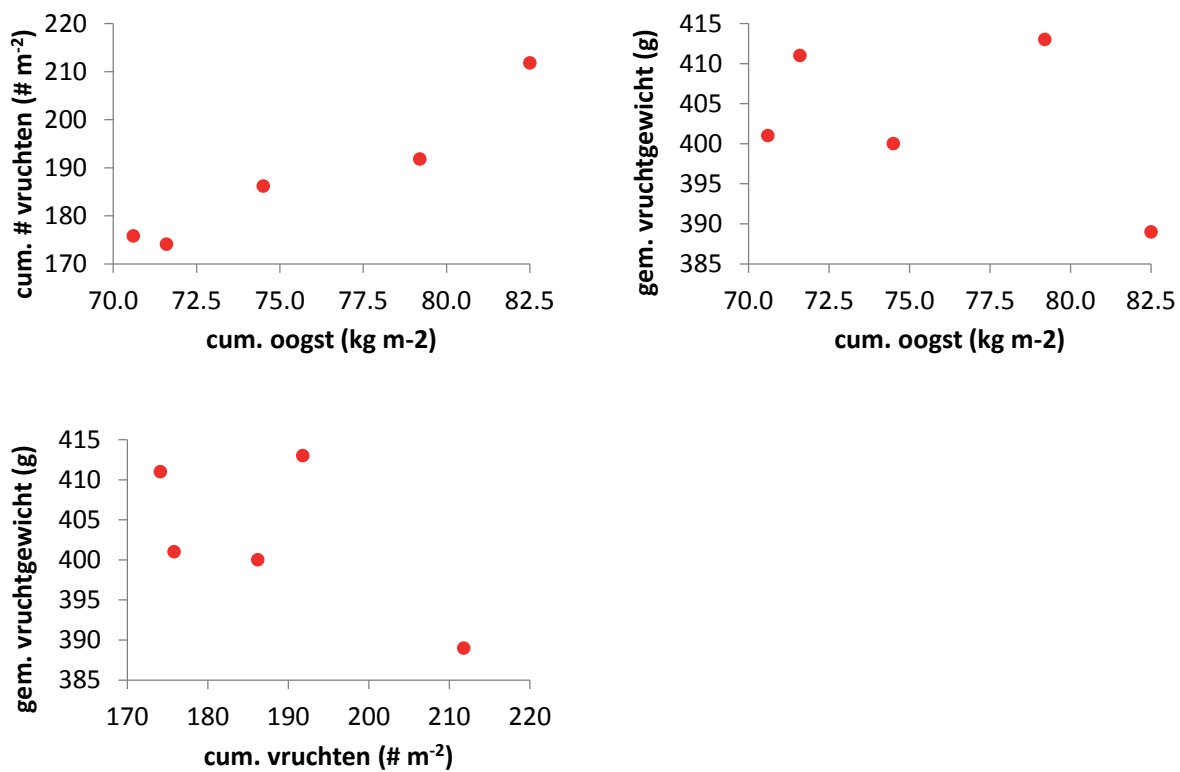


## Bijlage 5 Vruchten

vruchten per stengel					
datum	3 / 0%	3 / 16%	3 / 33%	3.5 / 16%	3.5 / 33%
19-4-2016	2.75	3.00	2.25	2.75	2.75
17-5-2016					
24-5-2016	4.10	3.60	4.30	5.40	4.90
31-5-2016	5.10	4.10	4.50	4.80	4.80
7-6-2016	5.30	4.90	5.30	4.90	5.20
14-6-2016	5.40	6.10	5.50	5.50	6.20
21-6-2016	4.60	3.60	3.90	5.67	4.70
28-6-2016	4.00	2.20	3.80	4.89	3.75
5-7-2016	5.20	5.70	6.10	6.22	5.86
12-7-2016	5.50	6.40	5.10	5.67	5.86
19-7-2016	4.20	4.00	4.20	6.33	3.86
26-7-2016	1.30	1.40	4.00	6.11	1.57
2-8-2016	4.70	4.80	4.00	5.22	4.00
9-8-2016	6.70	6.89	5.20	4.78	4.57
16-8-2016	6.80	6.78	5.80	6.33	5.43
23-8-2016	3.80	4.67	4.70	6.78	6.14
30-8-2016	2.20	5.00	5.00	5.22	4.00
6-9-2016	2.60	3.38	3.80	2.00	3.40
12-9-2016	4.80	3.25	3.60	2.44	4.40
20-9-2016	2.10	6.25	6.60	6.11	2.60
<b>min</b>	1.30	1.40	2.25	2.00	1.57
<b>gem</b>	4.27	4.53	4.61	5.11	4.42
<b>max</b>	6.80	6.89	6.60	6.78	6.20

<b>vruchten per m2</b>					
<b>datum</b>	<b>3 / 0%</b>	<b>3 / 16%</b>	<b>3 / 33%</b>	<b>3.5 / 16%</b>	<b>3.5 / 33%</b>
42479.00	8.25	9.00	6.75	9.63	9.63
42507.00					
42514.00	12.30	10.80	12.90	18.90	17.15
42521.00	15.30	12.30	13.50	16.80	16.80
42528.00	15.90	14.70	15.90	17.15	18.20
42535.00	16.20	18.30	16.50	19.25	21.70
42542.00	13.80	10.80	11.70	19.83	16.45
42549.00	12.00	6.60	11.40	17.11	13.13
42556.00	15.60	17.10	18.30	21.78	20.50
42563.00	16.50	19.20	15.30	19.83	20.50
42570.00	12.60	12.00	12.60	22.17	13.50
42577.00	3.90	4.20	12.00	21.39	5.50
42584.00	14.10	14.40	12.00	18.28	14.00
42591.00	20.10	20.67	15.60	16.72	16.00
42598.00	20.40	20.33	17.40	22.17	19.00
42605.00	11.40	14.00	14.10	23.72	21.50
42612.00	6.60	15.00	15.00	18.28	14.00
42619.00	7.80	10.13	11.40	7.00	11.90
42625.00	14.40	9.75	10.80	8.56	15.40
42633.00	6.30	18.75	19.80	21.39	9.10
<b>min</b>	3.90	4.20	6.75	7.00	5.50
<b>gem</b>	12.81	13.58	13.84	17.89	15.47
<b>max</b>	20.40	20.67	19.80	23.72	21.70

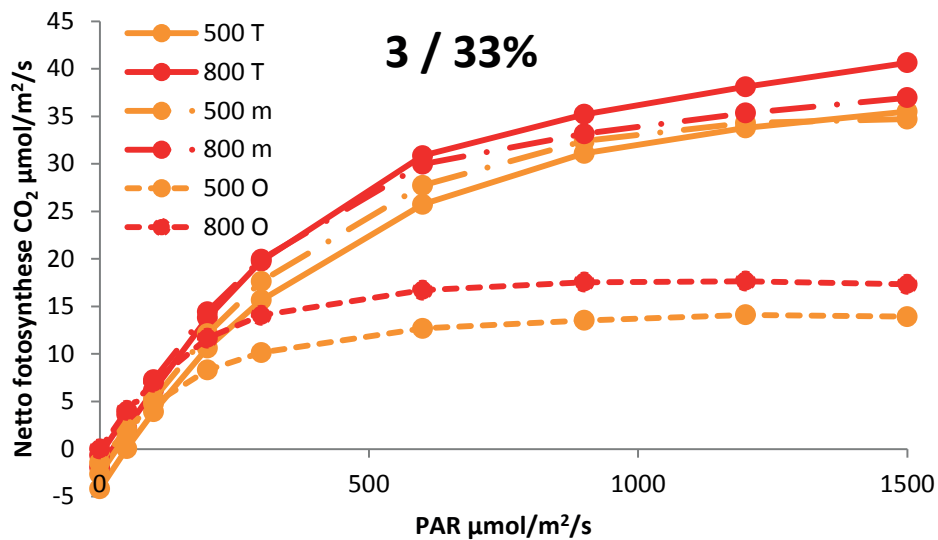
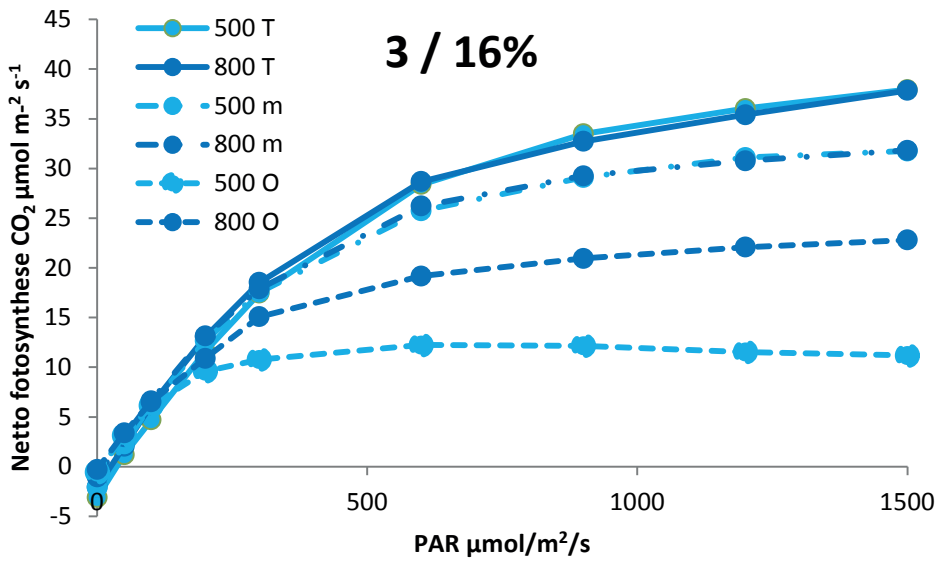
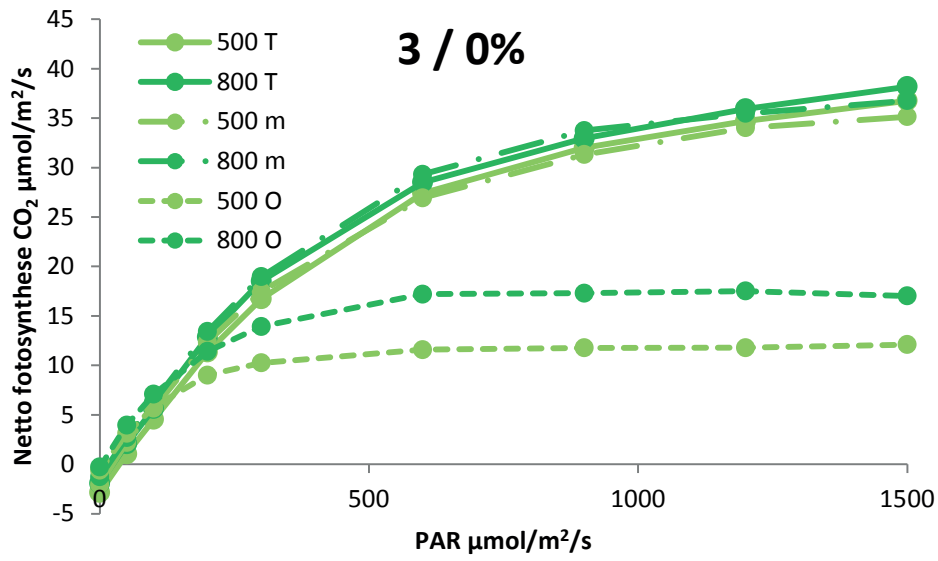
## Bijlage 6 Productieverbanden

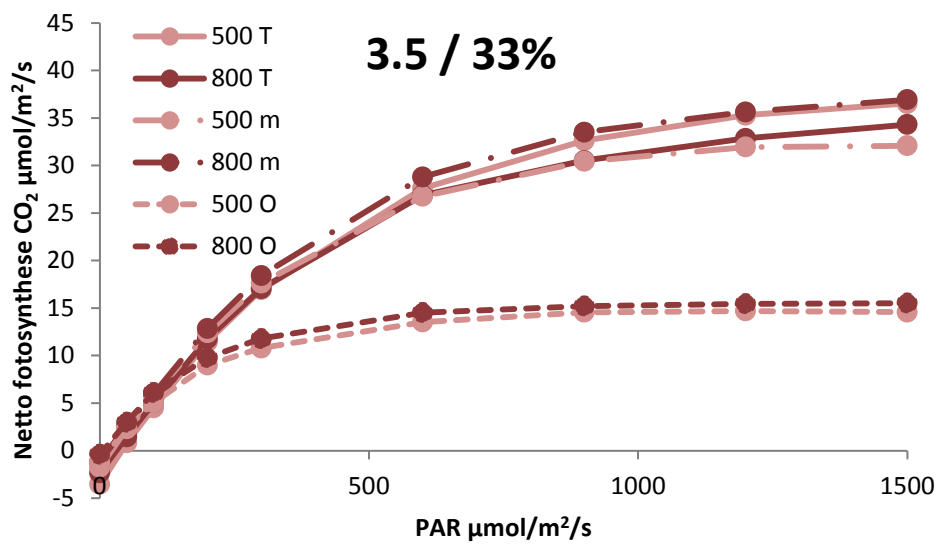
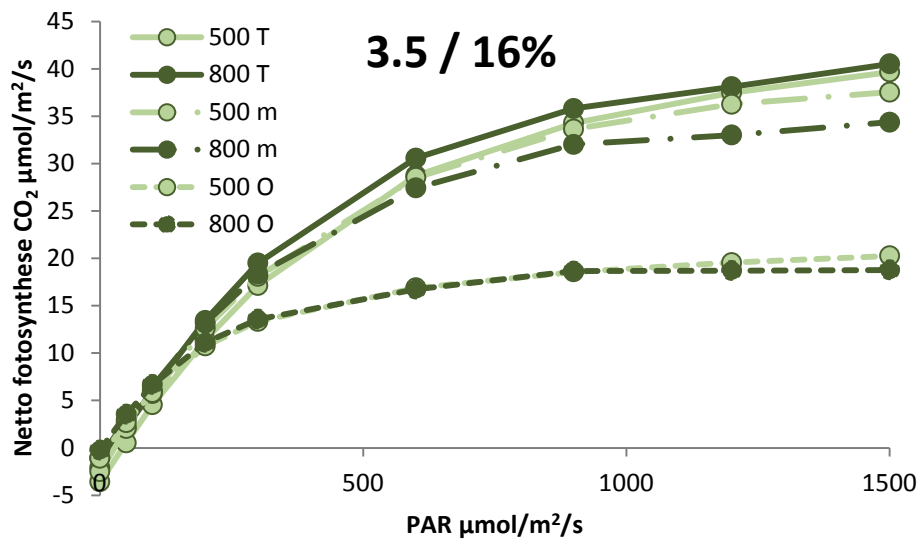


**Figuur 3.22** Cumulatieve productie, cumulatief aantal geoogste vruchten, en gemiddeld vruchtgewicht van de 5 behandelingen aan elkaar gerelateerd.

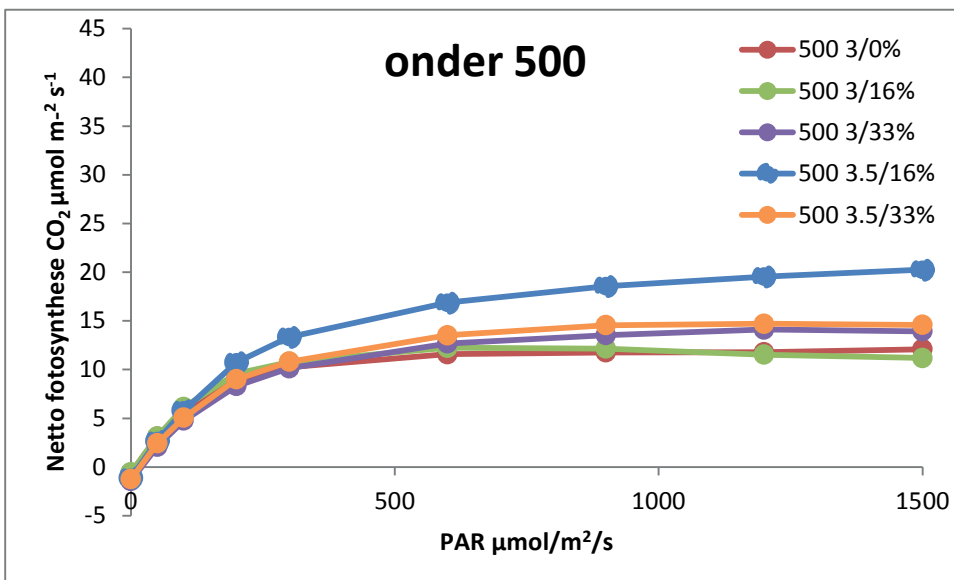
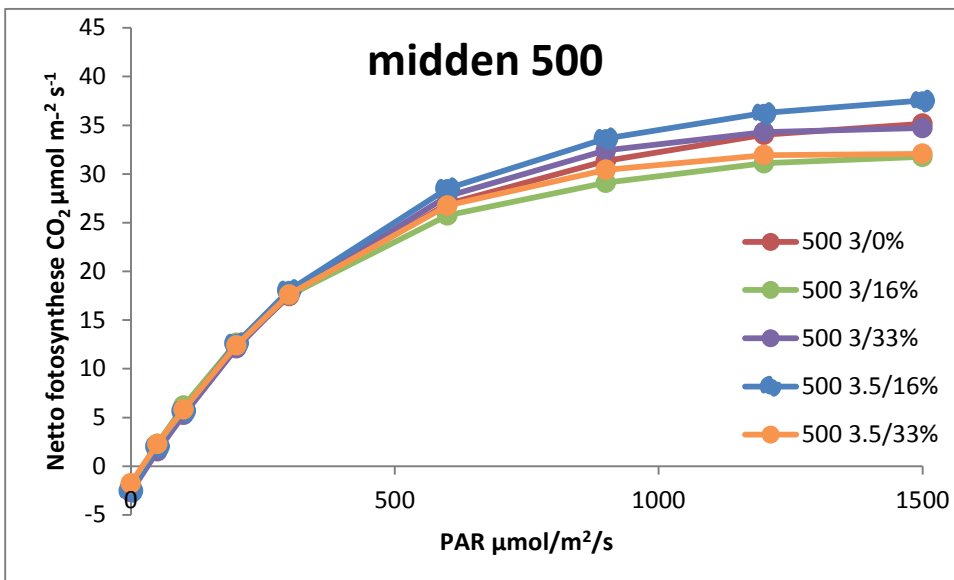
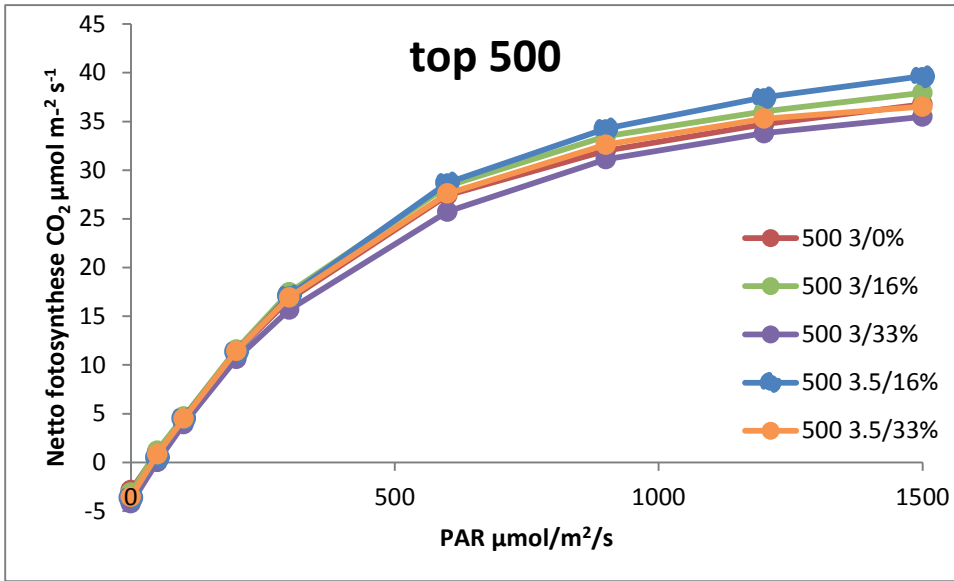


# Bijlage 7 Fotosynthese per behandeling





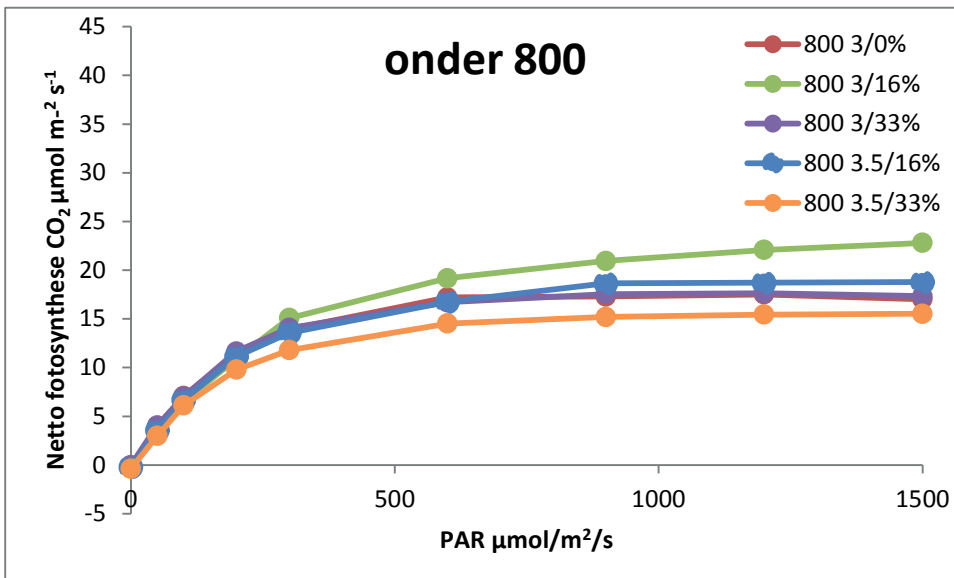
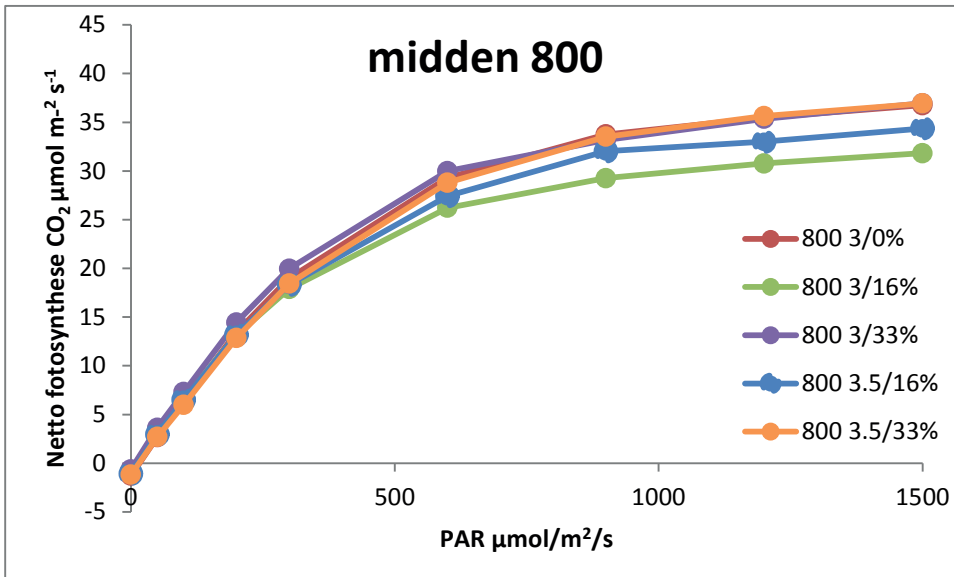
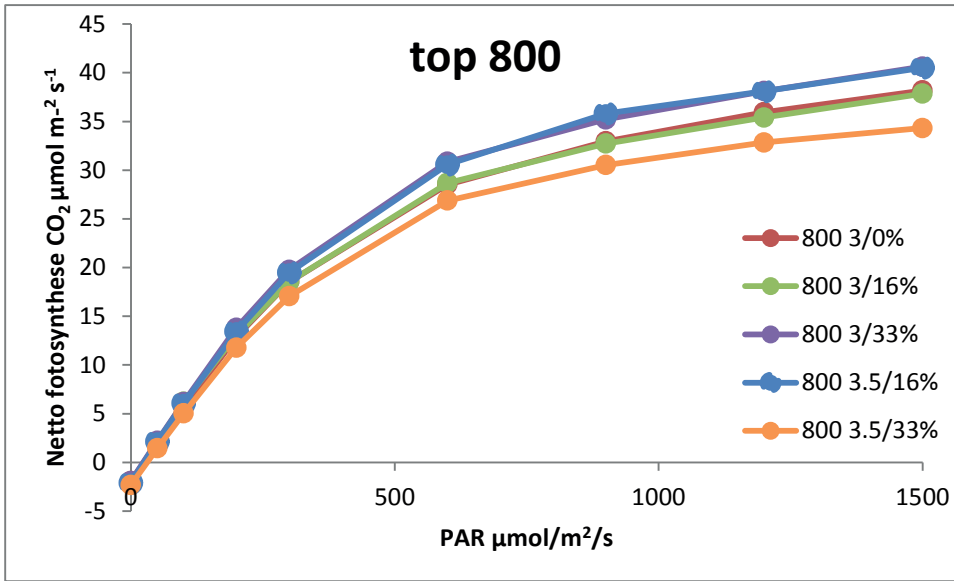
# Bijlage 8 Fotosynthese bij 500 ppm CO<sub>2</sub>





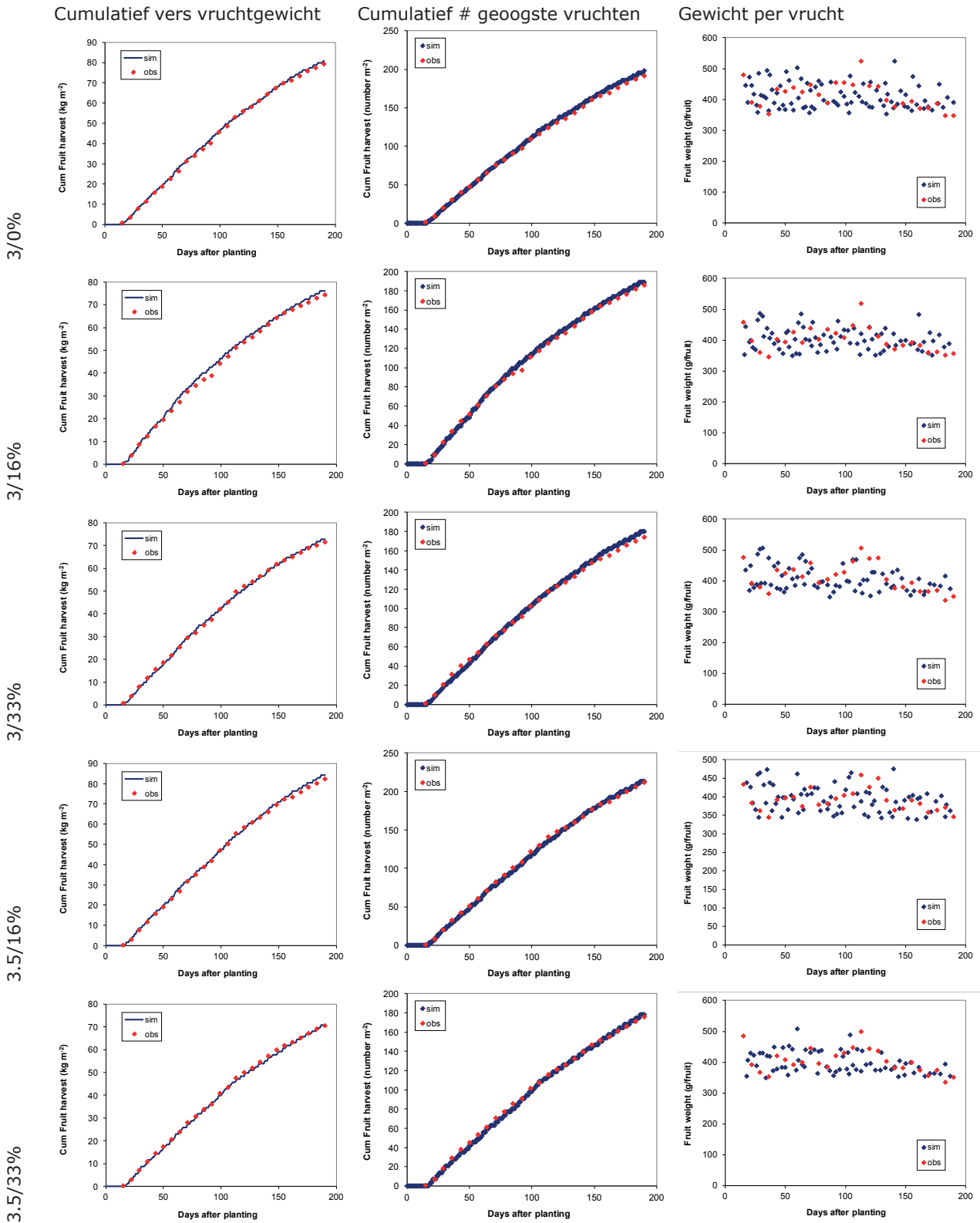


# Bijlage 9 Fotosynthese bij 800 ppm CO<sub>2</sub>





# Bijlage 10 Simulaties per behandeling











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



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wageningenur.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1451

Wageningen University & Research, BU 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 University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR 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 WUR 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.