

# Diffuus licht – wat is de optimale lichtverstrooiing?

Th.A. Dueck, D. Poudel, J. Janse & S. Hemming







# Diffuus licht – wat is de optimale lichtverstrooiing?

Th.A. Dueck, D. Poudel, J. Janse & S. Hemming

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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



Ministerie van Landbouw, Natuur en  
Voedselkwaliteit



## Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 48 60 01  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1    Introductie	5
2    Materialen en Methoden	7
2.1   Plantmateriaal en teeltcondities	7
2.2   Kasdekmaterialen	7
2.3   Behandelingen	7
2.4   Metingen	8
2.4.1   Klimaat registratie	8
2.4.2   Lichtmetingen	8
2.4.3   Plant registraties en destructieve oogst	9
2.4.4   Productie	9
3    Resultaten en Discussie	11
3.1   Voorjaarsteelt	11
3.1.1   Klimaatregistratie	11
3.1.2   Lichtbenutting	14
3.1.3   Gewasgroeiparameters en destructieve oogst	15
3.1.4   Productie	17
3.2   Najaarsteelt	20
3.2.1   Klimaatregistratie	20
3.2.2   Lichtbenutting	23
3.2.3   Gewasgroeiparameters en destructieve oogst	24
3.2.4   Productie	25
4    Conclusies	29
5    Referenties	33
Bijlage I.    Stralingsom direct en diffuus licht in de kas	2 pp.
Bijlage II.   Voorjaarsteelt, etmaal kasklimaat data	1 p.
Bijlage III.   Globale straling, kaslucht en bladtemperatuur in najaarsteelt op 2 zonnige dagen (30 en 31 augustus)	1 p.
Bijlage IV.   LAI en SLA tijdens de voorjaarsteelt	1 p.
Bijlage V.    Foto's	2 pp.



# Voorwoord

Recentelijk heeft onderzoek uitgewezen dat een aantal veranderingen aan kasdekmaterialen kunnen leiden tot een productieverhoging en energiebesparing. Daarin is aangetoond dat diffuus licht positieve effecten op de gewasproductie en energie-efficiënte heeft. In de hier beschreven onderzoek wordt de optimale lichtverstrooiing van diffuse kasdekmaterialen in combinatie met een veranderde lichtdoorlatendheid onderzocht. Hierdoor zou een snelle ontwikkeling en introductie van diffuse kasdekmaterialen in de tuinbouwpraktijk mogelijk kunnen maken.

In het kader van het energieonderzoek is in opdracht van het Ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw door Wageningen UR Glastuinbouw onderzoek gedaan naar effecten van de mate van diffusiteit en lichttransmissie op de groei en productie van komkommer. De resultaten van dit onderzoek wordt in dit rapport weergegeven.

Het experiment is begeleid door BCO bestaande uit Jaco Kieviet en Henk van der Waal, die de proef regelmatig hebben bezocht.

Tom Dueck  
Wageningen UR Glastuinbouw  
oktober 2009





## Samenvatting

In twee teelten met hogedraad komkommers is in 2008 bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk een onderzoek uitgevoerd naar effecten van de mate van diffusiteit en lichttransmissie op de groei en productie. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het energieonderzoek in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw.

In dit onderzoek waren drie behandelingen in tweevoud opgenomen. Als referentie diende een kas met standaard tuinbouwglas met 0% diffusiteit en 83% lichttransmissie. Daarnaast waren er twee kassen met 'laag diffuus' glas uitgerust (Vetrasol 502: 30% diffusiteit en 83% lichttransmissie) en twee kassen met 'hoog diffuus' glas (Vetrasol 503: 70% diffusiteit en 80% lichttransmissie). De lichttransmissie bij de standaard en laag diffuus glas was gelijk, maar bij hoog diffuus glas was de transmissie 3% lager. In het onderzoek zijn verschillende kasklimaatparameters geregistreerd en metingen verricht aan ondermeer lichtonderschepping, fotosynthesecapaciteit, lengtegroei, stengeldikte, bladontwikkeling en -oppervlakte, productie, kwaliteit en houdbaarheid.

De verschillende soorten kasdekken hadden tot gevolg dat er zowel in de voor- als najaarsteelt bij laag en hoog diffuus glas respectievelijk 10 en 24% meer diffuus licht in de kas kwam dan bij de referentie. In de voorjaarsteelt van komkommer was de gerealiseerde kastemperatuur vrijwel gelijk en de RV nam gemiddeld met 1 tot 2% toe naarmate de diffusiteit van het glas hoger was. In de najaarsteelt waren de klimaatverschillen bij de verschillende soorten glas gering. De CO<sub>2</sub>-concentratie was overdag zowel in de voor- als najaarsteelt bij de referentie 25 à 35 ppm hoger dan bij diffuus glas. Mogelijk komt dit door een lagere CO<sub>2</sub>-opname. Bij veel instraling in het voorjaar en zomer was de koptemperatuur onder diffuus glas ongeveer 2 °C lager dan onder standaard glas. In combinatie met de hogere RV betekende dit een beter klimaat in de kop van de plant en minder kans op stress.

De lichtonderschepping in de voorjaarsteelt als gevolg van een veranderde gewasmorfologie was halverwege de plant hoger onder diffuus dan onder standaard glas. Er kwam meer licht op de onderliggende bladeren, waardoor de fotosynthesecapaciteit beter kon worden benut. In het najaar was de lichtonderschepping hoger op 50 cm onder de kop bij laag diffuus, maar meer naar onderen in het gewas was deze juist lager dan bij hoog diffuus en de referentie, die onderling weinig verschilden. In de voorjaarsteelt was er geen verschil in de fotosynthesecapaciteit bovenin het gewas, maar middenin het gewas was deze 2 maal zo hoog bij hoog diffuus als bij standaard tuindersglas. Hierdoor kon het gewas bij diffuus licht een hogere fotosynthese realiseren. In de najaarsteelt lag dit minder duidelijk.

Met name in de voorjaarsteelt bleef het gewas korter en steviger en ontwikkelden zich minder bladeren onder diffuus glas in vergelijking met de referentie. De LAI en SLA waren lager bij diffuus dan bij helder glas, wat betekende dat het licht dieper in het gewas door kon dringen. Onder diffuus glas was de uitgroeiduur van de vruchten korter: het verschil bedroeg in het voorjaar 0.5 tot 1 dag, ofwel 3 tot 6% korter, en in het najaar 2 dagen, ofwel 10%.

In zowel de voor- als najaarsteelt had diffuus glas vanaf de start van de oogst een positief effect op de productie. In vergelijking met de referentie bedroeg de relatieve meerproductie in kilo's aan het einde van de voorjaarsteelt onder hoog en laag diffuus glas respectievelijk 9.2 en 6.5%. In de najaarsteelt was dit respectievelijk 9.7 en 8.8%. De totale kiloproductie over beide teelten was respectievelijk 75, 80 en 82 kg/m<sup>2</sup> en het aantal komkommers respectievelijk 197, 205 en 208 stuks/m<sup>2</sup>. De meerproductie onder diffuus glas werd gerealiseerd door de productie van zowel méér als zwaardere vruchten.

De verschillen tussen de drie behandelingen in percentage klasse 2 vruchten waren gering. Wel werd onder hoog diffuus glas in beide teelten ongeveer 2 maal zoveel stek geoogst dan bij laag diffuus en helder glas. In de voorjaarsteelt hadden de vruchten bij de oogst onder helder glas een wat donkerder kleur, maar door een groter kleurverlies tijdens de bewaring was de kleur na zo'n 12 dagen lager bij helder dan bij diffuus glas. In de najaarsteelt was de vruchtkleur zowel voor- als na bewaring het hoogst bij laag diffuus licht.

Tijdens het verloop van het project is er een aantal voordrachten gehouden en publicaties verschenen over de resultaten van het project. Deze zijn:

- Anoniem, 2007. WUR onderzoekt verhouding haze en lichtdoorlatendheid van diffuus glas. Groenten en Fruit 50: 10
- Anoniem, Dueck, T.A., 2008. Start proef met diffuus glas. Groenten en Fruit 8:15.
- Anoniem, Dueck, T.A., 2008. Meer productie onder diffuus glas. Groenten en Fruit. Week 23, 2008.
- Arkesteijn, Janse, J. & Dueck, T.A., 2007. Diffuus glasdek geeft fikse productietoename. Onder Glas 9:4-5. September 2008.
- Boonekamp, G., 2008. Verwachtingen van nieuwe soorten glas hooggespannen. Groenten en Fruit 48: 16-19.
- Boonekamp, G. & Dueck, T.A., 2008. Diffuus glas brengt theorie in praktijk. Groenten en Fruit 41: 24-25.
- Anoniem, Janse, J. & Dueck, T., 2008. Diffuus glas werkt ook in najaar. Energiek 2020nu. 28 nov. 2008.
- Dueck, T. & Janse, J., 2008. Meer kilo's komkommers onder diffuus glas. Gewasnieuws komkommer LTO Groeiservice, 11(3): 4.
- Dueck, T. & Janse, J., 2008. Meer en zwaardere komkommers onder diffuus glas. Gewasnieuws komkommer LTO Groeiservice, 11(4): 2.
- Dueck, T., Poudel, D. & Janse, J., 2008. Diffuus licht en komkommer: benutten van natuurlijk licht. Lezing Tulpentelers, Bovenkarspel, 3 november 2008.
- Dueck, T. & Janse, J., 2008. Diffuus licht en komkommer: benutten van natuurlijk licht. Informatiebijeenkomst Tomaat ZHG/ZWN, Kwintsheul, 8 december 2008.
- Dueck, T., 2009. Licht effecten en plant responsen. Lezing DLV, Wageningen, 29 juni 2009.
- Janse, J. & Dueck, T.A., 2008. Ook in de herfst geeft diffuus glas fors hogere productie. Gewasnieuws komkommer LTO Groeiservice, 11(5): 4.
- Visser, P. & Dueck, T.A., 2009. Ook in het najaar werkt diffuus licht effectief. Groente & Fruit. Week 28, 2009.
- Dueck, Th.A., Poudel, D., Janse, J. & Hemming, S., 2009. Diffuse light enhances greenhouse climate and increases production in cucumber. Lecture Light Symposium, 16 november, 2009, Tsukuba, Japan.

# 1 Introductie

Gebaseerd op aanwijzingen en rekenmodellen (DeLucia & Nelson, 1996; Hemming *et al.*, 2005), is er gedurende de laatste twee jaar onderzoek gedaan naar de invloed van diffuus licht in de glastuinbouw (Hemming *et al.*, 2007a; Hemming *et al.*, 2007b). In dit onderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat diffuus licht voordelen biedt voor verschillende teelten (bijvoorbeeld komkommer, maar ook potplanten): de productie en de energie efficiëntie worden verhoogd. Uit het onderzoek blijkt dat een kasdek materiaal met een hoge lichtverstrooiing wenselijk is. Verder is bekend dat de hoeveelheid licht belangrijk is voor de productie. Dit is vooral in de winter van groot belang en in diverse teelten wordt er vaak belicht. Daarom moet gezocht worden naar een kasdek materiaal dat zowel een hoge mate van lichttransmissie heeft en tevens het licht diffuus maakt. Een combinatie van beide factoren in één type kasdek materiaal biedt waarschijnlijk grote voordelen voor veel teelten.

Inmiddels beginnen tuinders te vragen naar diffuse kasdek materialen en diffuse schermen. Daarnaast willen de producenten van kasdek materialen en schermen graag tegemoet komen en meewerken aan deze ontwikkeling. Echter, fundamentele kennis over de optimale combinatie van lichtverstrooiing en lichttransmissie waarmee een optimaal product ontwikkeld kan worden ontbreekt nog steeds. Hoe kan deze combinatie in kasdek materialen geoptimaliseerd worden en zijn beide factoren even belangrijk?

De huidige materialen kunnen globaal ingedeeld worden in twee groepen:

- a. materialen die een zeer hoge mate van lichtverstrooiing hebben maar tegelijkertijd een lichtverlies vertonen, met als gevolg: productietoename in het voorjaar/zomer en najaar, maar productieverlies in de winter door het lichtverlies;
- b. materialen die een zeer kleine mate van lichtverstrooiing hebben maar een hoge lichtdoorlatendheid met als gevolg: een te lage lichtverstrooiing om grote productievoorwaarden te kunnen behalen maar ook geen negatieve effecten op de productie in de winter.

Met een toenemende mate van lichtverstrooiing neemt vaak ook de lichtdoorlatendheid af. Echter, door slimme innovaties is dit te verbeteren. Immers, het is technisch mogelijk om betere materialen te ontwikkelen, die nauwelijks een afname in lichtdoorlatendheid vertonen bij een hoge lichtverstrooiing. Bij deze technische oplossingen zijn de economisch gevolgen ook van belang.

De vraag is daarom: Hoe en in welke richting kunnen deze kasdek materialen geoptimaliseerd worden? Hoeveel lichtverstrooiing moet een materiaal minimaal hebben gecombineerd met een hoeveel lichtverlies dat getolereerd mag worden, waarbij een significante productie toename gerealiseerd kan worden? Pas als deze vraag is beantwoord, kunnen de juiste producten worden ontwikkeld door de toeleveranciers en kan een tuinder zonder grote risico's voor het juiste product kiezen.

In een kasexperiment met komkommer onder twee typen van diffuus glas en een hoge mate van transmissie, zijn deze vergeleken met een teelt onder standaard glas. In dit experiment werd onderzoek gedaan naar de optimale lichtverstrooiing van diffuse kasdek materialen in combinatie met een veranderde lichtdoorlatendheid. Daarnaast werd gekeken of de energie-efficiëntie verhoogd werd onder diffuus glas, waardoor de productie met dezelfde hoeveelheid licht verhoogd kon worden.



## 2 Materialen en Methoden

### 2.1 Plantmateriaal en teeltcondities

Twee achter elkaar volgende teelten van komkommer vonden plaats in 6 kascompartimenten van elk 144 m<sup>2</sup> in het kassencomplex van WUR Glastuinbouw in Bleiswijk, de eerste teelt in het voorjaar/zomer en de tweede teelt in de zomer/najaar.

De nokrichting van de kassen was oost-west. In de kassen hingen dubbele goten met een lengte van 12.5 m. Per kas waren er 12 teeltgoten. Er werd geteeld volgens het 4-rijen systeem.

De komkommers werden geteeld als een hogedraadteelt op steenwol, met een gemiddelde pH van circa 5.3 en een gemiddelde EC van rond de 3 mS/cm.

Het eerste deel van het experiment werd uitgevoerd met het partieel meeldauwresistente ras Amazone (De Ruiter Seeds). De plantdatum was 14 februari 2008 en de teelt werd beëindigd op 15 juli 2008. De stengeldichtheid bij de start van de teelt was 2 planten/m<sup>2</sup>, en bij 1 op de 2 planten werd in het achtse oksel een extra stengel aangehouden, wat resulteerde in een stengeldichtheid van 3 stengels/m<sup>2</sup>. In verband met het einde van de teelt werden de planten in week 27 getopt.

De eerste oogst vond plaats op 17 maart 2008, dus ruim 4 weken na het planten. In het begin van de teelt zijn de vruchten om en om gesnoeid, vanaf half mei zijn ze 2 om 1 gesnoeid, dat wil zeggen 2 vruchten erin laten zitten en 1 eruit nemen.

Het tweede deel van het experiment werd uitgevoerd met het niet meeldauwresistente ras Eurphoria (Rijk Zwaan). De plantdatum was 23 juli 2008 en de teelt werd beëindigd op 15 november 2008. De stengeldichtheid bij de start van de teelt was 3 planten/m<sup>2</sup>. Op 1 september 2008 is één op de 5 stengels getopt wat daarna resulteerde in een stengeldichtheid van 2.4 stengels/m<sup>2</sup>.

De eerste oogst vond plaats op 13 augustus 2008, dus 3 weken na het planten. Tijdens de teelt is steeds om en om gesnoeid.

### 2.2 Kasdekmaterialen

In het experiment werd een standaard tuinbouwglas gebruikt (helder, géén lichtverstrooiing, oftewel 0% diffusiteit en 83% licht transmissie) als controle. Dit kasdek materiaal werd als referentie gebruikt en werd vergeleken met twee diffuse kasdekmaterialen. Als lichtverstrooiend materiaal is Vetrasol diffuus glas van Vetraned BV Nederland gekozen, omdat het materiaal een hoge lichttransmissie en een verschillende mate van lichtverstrooiing verkregen kon worden. Er werden twee diffuse glastypen gebruikt: Vetrasol 502 (30% diffusiteit en 83% licht transmissie), verder 'laag diffuus' genoemd, en Vetrasol 503 (70% diffusiteit en 80% licht transmissie), verder 'hoog diffuus' genoemd. Zowel de gevels als ook het dek van de vier diffuse kassen werden verdekt met de diffuse glas. Om te voorkomen dat diffuus licht op de controle of referentiekassen viel, lagen beide referentiekassen aan de andere kant van het corridor.

### 2.3 Behandelingen

Het onderzoek werd uitgevoerd in de onderzoeksfaciliteiten in Bleiswijk, met drie verschillende kasdekmaterialen:

1. Referentie: standaard tuinbouwglas (lichtverstrooiing 0%, PAR transmissie ca. 83%)
2. Laag diffuus: lichtverstrooiend materiaal met een lage lichtverstrooiing en een klein lichtverlies (lichtverstrooiing ca. 30%, PAR transmissie ca. 83%) [lage Haze]
3. Hoog diffuus: lichtverstrooiend materiaal met extra hoge lichtverstrooiing en lichtverlies (lichtverstrooiing ca. 75%, PAR transmissie ca. 80%) [hoge Haze]

Elke behandeling werd twee keer herhaald, zodat het onderzoek werd uitgevoerd in zes afdelingen. De proefvakken werden binnen een kas zo aangelegd dat er geen randeffecten optraden. In de onderzoekskassen werd bij veel instraling minimaal geschermd (bij de referentie alleen bij instraling  $>800 \text{ W m}^{-2}$ ). De verneveling werd veelal gebruikt als het vochtdeficit boven de  $6 \text{ g/m}^3$  kwam.

## 2.4 Metingen

### 2.4.1 Klimaat registratie

#### Kasklimaat

De setpoints en het gerealiseerde klimaat in de kassen werd elke 5 minuten geregistreerd met de Hoogendoorn klimaatcomputer. Daarbij werd de kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid,  $\text{CO}_2$  concentratie, raamstand, globale straling en het PAR licht in de kas gemeten en opgeslagen.

#### Microklimaat

Het microklimaat werd gemonitord met draadloze sensoren, die hingen in de 4 kwadranten van elke kas en op 2 hoogtes, ca. 70 cm van de kop van het gewas en ca. 100 cm boven de steenwolmat. Waardes werden elke 5 min geregistreerd en gemiddeld per hoogte.

### 2.4.2 Lichtmetingen

#### Lichtonderschepping

Om de lichtverdeling in het gewas te analyseren werden op verschillende hoogtes metingen van de lichtintensiteit van de kop van het gewas tot de goot uitgevoerd. Metingen werden uitgevoerd op een bewolkte dag met behulp van een Sunscan Canopy analysis systeem van Delta-T Ltd., UK). De Sunscan had een lengte van 75 cm die dwars in de rij werd gestoken elke 25 cm tussen de kop van het gewas en de mat. Tegelijkertijd werd er een referentiemeting uitgevoerd boven het gewas om de relatieve lichtintensiteit te bepalen, die de mate van lichtonderschepping aangeeft.

#### Fotosynthese metingen

De fotosynthesecapaciteit werd gemeten in week 28 en 40 met een draagbare fotosynthesemeter (LCpro+, ADC, Hoddesdon, Verenigd Koninkrijk) met een bladkamer van  $6.25 \text{ cm}^2$ . Het zijn dus géén actuele fotosynthese metingen, want die zijn sterk afhankelijk van de heersende klimaatcondities en zijn variabel gedurende de dag met name als het lichtniveau varieert. Door te meten onder vaste klimaatcondities ( $700 \text{ ppm CO}_2$ ,  $21^\circ\text{C}$ , en circa 85% RV) in de bladkamer (Figuur 1) met toenemende lichtintensiteiten wordt de fotosynthese *capaciteit* gemeten; dat wil zeggen dat de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  die het blad opneemt (en vervolgens kan gebruiken om suikers van te produceren) gemeten wordt onder deze specifieke condities. Dit maakt het mogelijk om alle metingen gedurende de dag en in de verschillende kasafdelingen onderling te vergelijken. Metingen werden gedaan aan bladeren bovenin en onderin het gewas. De metingen werden uitgevoerd op een volgroeid blad, dat niet beschaduwd werd door bovenliggende bladeren.



*Figuur 1. Metingen van fotosynthesecapaciteit in verschillende bladlagen (foto Gerard Boonekamp, Groenten en Fruit).*

### 2.4.3 Plant registraties en destructieve oogst

Om veranderingen in de gewasmorfologie als gevolg van lichtverstrooiing te onderzoeken is de gewasgroei wekelijks gemonitord. De diameter van de stengel op 50 cm onder de kop, lengtegroei van de stengel en het aantal nieuw gevormde bladeren per week zijn gemeten en geteld. Ook werd op enkele momenten een destructieve bepaling uitgevoerd. Bij de destructieve bepalingen werden 10 planten per behandeling geanalyseerd. De volgende parameters werden bij de destructieve bepalingen geanalyseerd:

- Versgewicht bladeren en stengel apart per plant [g]
- Drooggewicht bladeren en stengel per plant [g]
- Bladoppervlak [ $m^2$ ]
- LAI per plant (leaf area index) [ $m^2 m^{-2}$ ]
- SLA per plant (specific leaf area) [ $cm^2 g^{-1}$ ]

### 2.4.4 Productie

#### **Uitgroeiduur vruchten**

Gedurende enkele perioden in elke teelt werden ca. 50 pas geopende bloemetjes in elke kas gemerkt, en het aantal dagen genoteerd tot aan het oogsten van de vruchten.

#### **Vruchtproductie**

Oogstrijpe vruchten werden dagelijks geoogst. Voor de productiewaarnemingen zijn steeds de vruchten genomen van de middelste carrousel met een van oppervlakte 20  $m^2$ . Oogstrijpe vruchten zijn vruchten met een gewicht van ongeveer 360 tot 510 g (vijfentigters en veertigers). Gestreefd is om vooral veertigers (410 – 510 g) te oogsten. Bij de oogst is ook gekeken naar de plantbelasting van het gewas, d.w.z. als er veel vruchten aan de plant hingen, zijn deze wat eerder meegenomen om de plant te ontlasten. Bij de oogst werden het aantal vruchten geteld en het gewicht en de kwaliteit bepaald.

#### **Vruchtkwaliteit**

De vruchten werden bij de oogst ingedeeld in twee klassen, t.w. klasse 1 vruchten die geschikt zijn voor de export v.w.b. vorm en kleur, en klasse 2 vruchten die niet geschikt zijn vanwege afwijkende vorm of kleur. Te kleine vruchten (vruchtgewicht onder de 260 g) en/of vruchten met een zeer slechte kwaliteit werden als stek gekwalificeerd. Deze vruchten werden gewogen.

Een aantal malen zijn vruchten bij de oogst verzameld en is er een houdbaarheidsproef uitgevoerd, waarbij per inzetdatum 12 tot 20 vruchten per kasafdeling zijn bewaard bij 20°C en 80% RV. De vruchten werden op kleur beoordeeld bij inzet en na 7 en 12 à 14 dagen volgens een kleurschaal van 1 tot 9, waarbij een hoger cijfer een donkerder kleur betekent. De inzetdata lagen in de voorjaarsteelt in week 24 en 26, in de najaarsteelt was dit week 41.



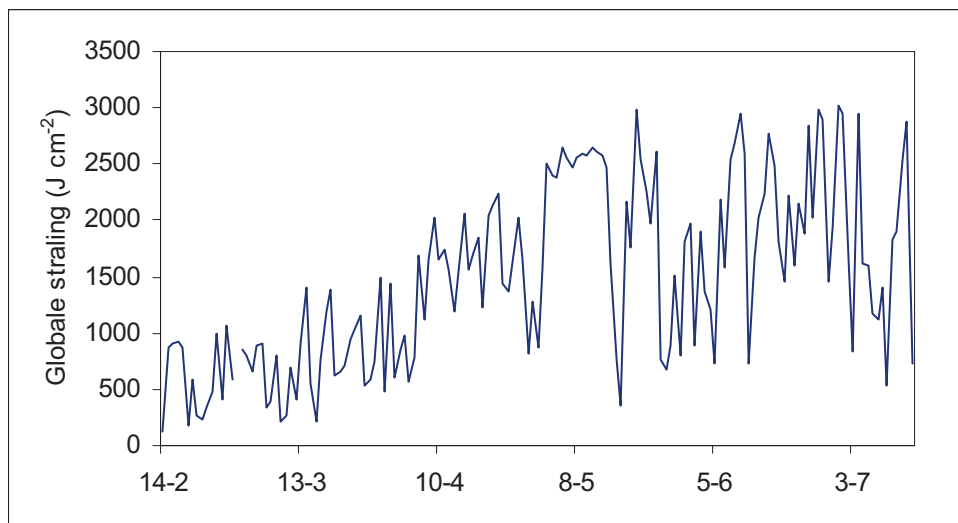
## 3 Resultaten en Discussie

### 3.1 Voorjaarsteelt

De voorjaarsteelt werd uitgevoerd met het ras Amazone en duurde van 14 februari tot 15 juli 2008.

#### 3.1.1 Klimaatregistratie

##### Globale straling



Figuur 2. Totale globale straling ( $J\ cm^{-2}$ ) gedurende de voorjaarsteelt van 15 februari tot 15 juli 2008.

In Figuur 2 wordt de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid globale straling weergegeven, die gemeten werd onder het kasdek tussen 10 en 16 uur. De hoeveelheid beschikbaar zonlicht in Bleiswijk nam sterk toe in het vroege voorjaar, en schommelde tussen 2000 tot 3000  $J\ cm^{-2}$  (Fig. 2). Van de hoeveelheid straling in de kassen werd bij de referentie geen straling omgezet naar diffuus, maar in de laag en hoog diffuus behandelingen werd respectievelijk 11% en 25% van de straling omgezet in diffuus licht (Tabel 1). Dit resulteerde in een verschil van 24% meer diffuus licht in de hoog diffuus behandeling, terwijl de lichttransmissie in de hoog diffuus teelt ook nog eens 3% minder was dan bij de overige twee behandelingen.

De straling werd gemeten onder het kasdek, en voordat het licht het gewas bereikte ging er ook een deel verloren door reflectie en absorptie door de kasconstructie. Er is zo min mogelijk geschermd in de referentie, maar bij 800  $W\ m^{-2}$  instraling werd het LS 10 ultra-schermd voor 70% gesloten, waardoor de hoeveelheid straling in de referentiekas naar beneden bijgesteld moet worden. In de uren waarin geschermd werd, wordt iets meer dan 10% van de straling tegengehouden.

Tabel 1. Totaal globale straling (%) gedurende de voorjaarsteelt en de berekende conversie van direct naar diffuus licht, alsmede de totale stralingsom ( $J\ cm^{-2}$ ).

	Direct licht	Conversie naar diffuus	Diffuus licht	Totaal	Totaal ( $J\ cm^{-2}$ )
Referentie	35	0	65	100	188.967
Laag diffuus	25	11	75	100	188.967
Hoog diffuus	11	25	89	100	182.137

## Kasklimaat

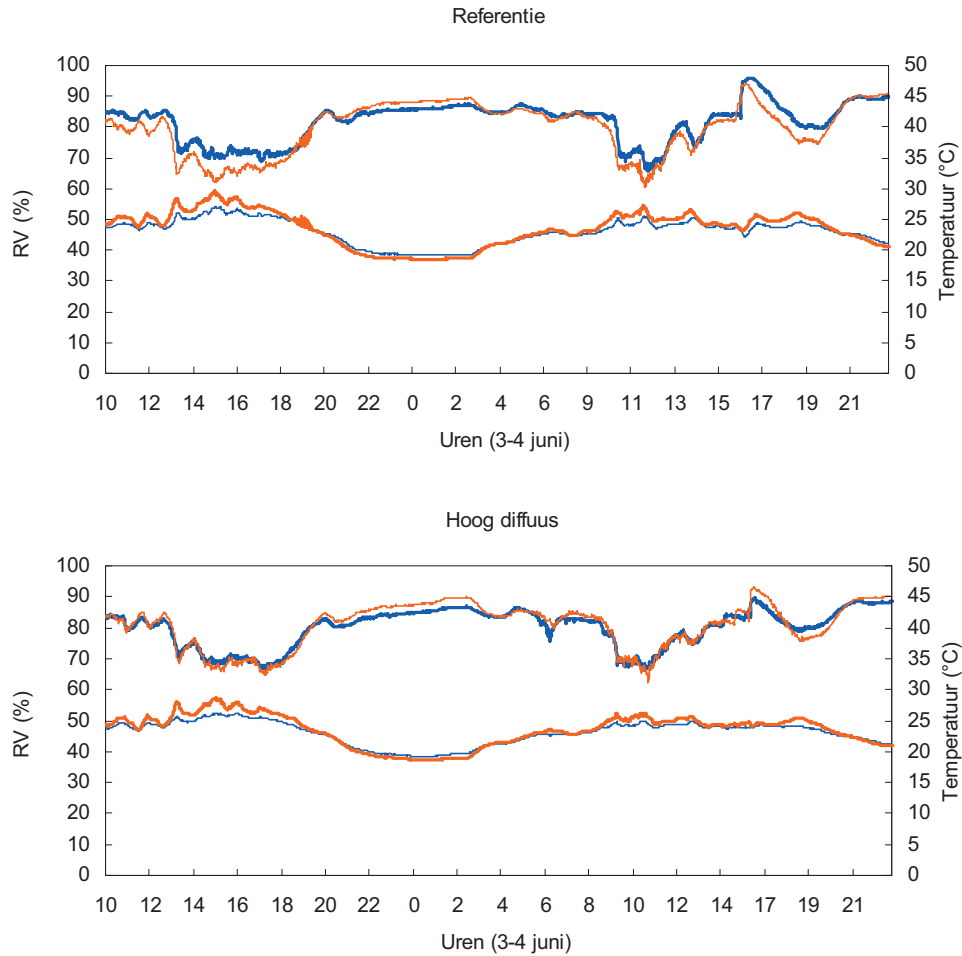
Desondanks is het klimaatbeeld in alle behandelingen vrijwel gelijk (Tabel 2). Zowel de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid als de  $CO_2$ , gemiddeld gedurende het hele experiment, verschillen weinig van elkaar, al is de RV onder diffuus licht steeds iets hoger. Het  $CO_2$ -gehalte in de referentiekassen is ook iets hoger dan in de kassen met diffuus glas.

Tabel 2. Gerealiseerde kasklimaat in de drie behandelingen. Gemiddelde etmaal klimaat van twee afdelingen per behandeling.

	Temperatuur ( $^{\circ}C$ )	Relatieve luchtvochtigheid (%)	$CO_2$ overdag (ppm)
Referentie	21.2	80	776
Laag diffuus	21.3	81	749
Hoog diffuus	21.2	82	752

## Microklimaat

Het microklimaat in het gewas werd gemeten door draadloze sensoren te plaatsen in de 4 kwadranten in de kas (horizontaal), en op 2 hoogtes (bovenin en onderin het gewas), dus 8 sensoren per kascompartiment in totaal. Zowel de meetwaarden van de 4 sensoren bovenin het gewas als de meetwaarden onderin het gewas werden gemiddeld.



*Figuur 3. Actuele kaslucht temperatuur (onderste twee lijnen) en relatieve luchtvochtigheid (bovenste twee lijnen) op twee zonnige dagen onder de referentie en hoog diffuus glas. Bovenin het gewas (100 cm onder het gewasdraad en ca. 50 cm onder de top van het gewas) met oranje weergegeven, en onderin het gewas (ca. 100 cm boven de goot) met blauw weergegeven.*

Figuur 3 geeft het dagverloop weer op 2 zonnige dagen, namelijk op 3 en 4 juni. Daarin is een te verwachten hogere temperatuur bovenin het gewas onder standaard glas te zien en een lagere temperatuur onder diffuus glas. Het verschil tussen bovenin en onderin het gewas in de referentie lijkt iets groter te zijn dan bij diffuus. De verschillen in RV tussen onderin en bovenin het gewas bij diffuus is veel kleiner dan bij de referentie, wat betekent dat de RV bovenin onder diffuus glas hoger was dan bij de referentie. De RV kon langer vastgehouden worden onder diffuus glas.

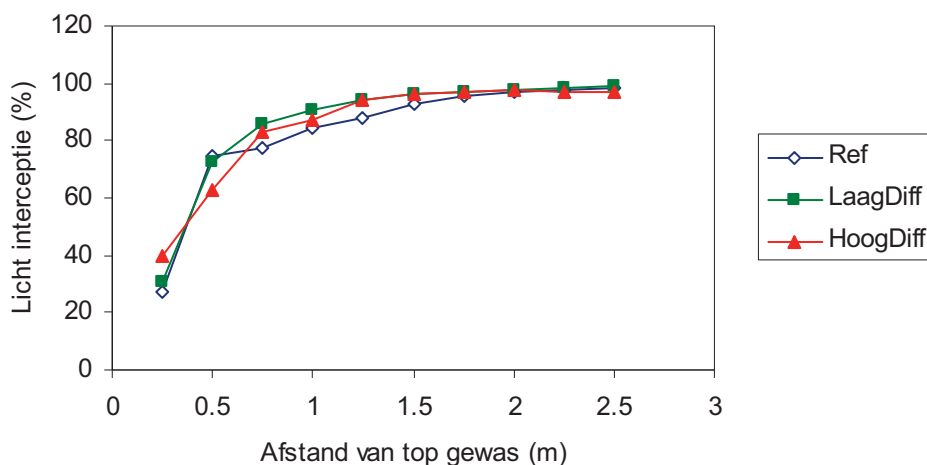
In Tabel 3 is de temperatuur en RV weergegeven op twee zonnige en twee bewolkte dagen, in beide gevallen zowel bovenin als onderin het gewas. Gemiddeld over de zonnige dagen is er een verschil in temperatuur gerealiseerd van 0.8°C en een RV van 1.6% bovenin het gewas onder een diffuus kasdek t.o.v. de referentie. Deze verschillen zijn hoger dan de verschillen lager in het gewas, en hoger op zonnige dan op bewolkte dagen (Tabel 3). Dit resulteert in een meer gematigd klimaat onder diffuus glas.

Tabel 3. Gemiddelde kaslucht temperatuur en RV op twee zonnige dagen (9-10 juni 2008) en twee bewolkte dagen (3-4 juni 2008). Beide parameters betreft dagwaardes van 9-19 uur, en zijn verkregen bovenin het gewas (100 cm onder het gewasdraad en ca. 50 cm onder de top van het gewas) en onderin het gewas (ca. 100 cm boven de goot).

	Temperatuur (°C)		RV (%)	
	bovenin het gewas	onderin het gewas	bovenin het gewas	onderin het gewas
<i>Zonnig dagen</i>				
Referentie	29.8	26.9	59.2	67.1
Laag diffuus	29.4	27.0	59.7	67.7
Hoog diffuus	29.1	26.7	60.8	67.2
<i>Bewolkte dagen</i>				
Referentie	26.5	25.1	73.2	77.4
Laag diffuus	26.2	24.7	73.2	77.1
Hoog diffuus	26.1	24.9	75.2	75.0

### 3.1.2 Lichtbenutting

#### Lichtonderschepping



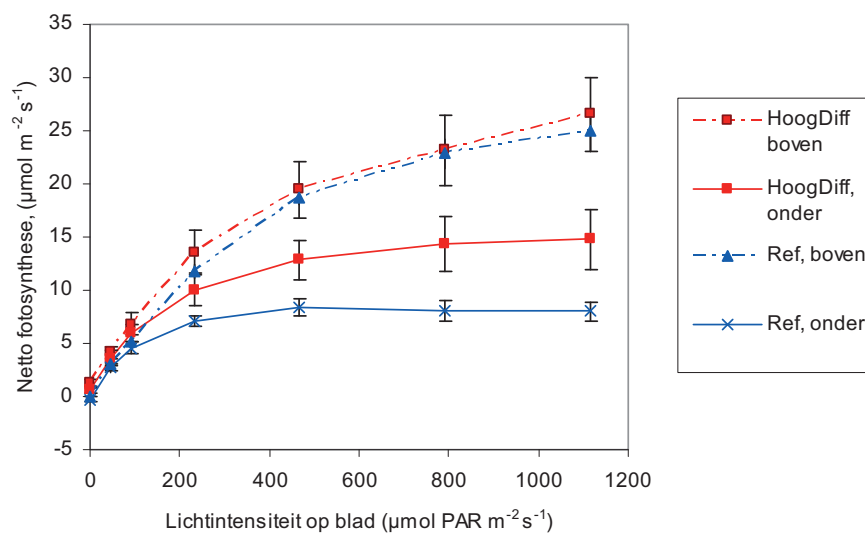
Figuur 4. Lichtonderschepping op verschillende hoogtes in het gewas bij de referentie en twee diffuus licht behandelingen.

Lichtonderschepping door het gewas werd gemeten bij diffuus weer (bewolkte dag) in week 14. Vooral in het midden van het gewas, tussen 1 en 2 m van de kop van de plant, is een lagere mate van lichtonderschepping te zien bij de referentie. Diffuus licht dringt dus dieper door in het gewas, vermoedelijk doordat het gewas structuur (LAI, bladoppervlak) onder diffuus licht anders was geworden dan onder direct licht. Hierdoor kwam er meer licht beschikbaar voor de onderliggende bladeren waardoor de fotosynthesecapaciteit beter benut kan worden, een waarneming wat overeenkomt met eerdere bevindingen (Young & Smith, 1983).

## Fotosynthesemetingen

Fotosynthesemetingen zijn uitgevoerd in de referentie en hoog diffuus behandelingen in week 28. De fotosynthesemetingen betreffen de fotosynthesecapaciteit die een blad heeft, en zijn uitgevoerd onder vaste condities: 800 ppm CO<sub>2</sub>, 25°C en een RV van ca. 85%.

Bovenin het gewas was er geen significant verschil in fotosynthesecapaciteit tussen de behandelingen waarneembaar, maar onderin het gewas duidelijk wel (Fig. 5). Daar is te zien dat het gewas onder diffuus licht ongeveer twee keer zoveel fotosynthesecapaciteit heeft als het gewas dat groeide onder direct licht. Dit betekent dat, afgezien van de hoeveelheid licht dat de bladeren bereikt onder diffuus licht, de bladeren onderin het gewas in staat zijn meer fotosynthese te realiseren dan bladeren onder direct licht. Door een ongelijke licht distributie en onderschepping in het gewas kan het verschil in fotosynthese bovenin en onderin groot zijn (Meier *et al.*, 2002; Nimemets, 2007), maar diffuus licht lijkt het verschil in licht distributie deels op te heffen. Mogelijk verklaart dit resultaat een deel van de productietoename die waargenomen werd onder diffuus licht.



Figuur 5. Potentiële fotosynthese ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , gemiddelde  $\pm$  SE) bovenin het gewas (100 cm onder het gewasdraad en ca. 50 cm onder de top van het gewas) en onderin het gewas (ca. 100 cm boven de goot),  $n=3$ .

### 3.1.3 Gewasgroeiparameters en destructieve oogst

Een gewas is gevoelig voor diffuus licht (Roderick *et al.*, 2001) en het heeft verschillende effecten op het gewas. Diffuus licht heeft een effect op de temperatuur van het gewas. Wanneer de temperatuur van de kop (groeipunt) van het gewas werd gemeten op zonnige dagen, bleek het ruim 2°C hoger te zijn onder direct dan onder diffuus licht. Dat zou kunnen betekenen dat het groeipunt onder meer (warmte)stress te lijden heeft onder direct licht. Ook de bladeren hadden een hogere temperatuur onder direct licht. Een overmaat aan straling kan leiden tot fotoinhibite waardoor warmte in het blad afgevoerd moest worden om goed te kunnen functioneren. Gebeurt dat niet of onvoldoende, dan kan dat leiden tot schade aan bladweefsel (Fairchild, 2002). Bladeren onderin het gewas waren ook warmer onder direct licht, maar de verschillen waren minder groot. Op bewolkte dagen waren de verschillen in bladtemperatuur tussen behandelingen veel kleiner, en goed vergelijkbaar met elkaar (zie Tabel 4).

Tabel 4. *Temperatuur van de kop van het gewas en bladeren bovenin en onderin het gewas gemeten op een zonnige dag (10 juni) en een bewolkte dag (27 mei). n=10.*

	Blad temperatuur (°C)		
	kop van de plant	bovenin het gewas	onderin het gewas
<i>Zonnig dagen</i>			
Referentie	34.5	34.8	25.4
Laag diffuus	32.8	34.4	24.7
Hoog diffuus	32.4	33.7	24.6
<i>Bewolkte dagen</i>			
Referentie		24.7	23.6
Laag diffuus		24.6	23.1
Hoog diffuus		25.1	23.8

De plantmorfologie werd ook door diffuus licht beïnvloed. Onder diffuus licht was de stengel korter en dikker (Tabel 5). Dat geeft aan het gewas iets korter en steviger is gebleven onder diffuus t.o.v. direct licht. Daarnaast werden er minder bladeren aangemaakt op weekbasis onder diffuus licht, al zijn de verschillen niet significant. De bladmorfologie werd ook beïnvloed in die zin dat er een relatief kleiner bladoppervlak en een groter specifieke bladoppervlak werd gerealiseerd onder diffuus licht. Vergelijkbare veranderingen in plantmorfologie zijn ook in tomaat waargenomen onder diffuus glas (Van Telgen, mond. meded.). Bladeren gevormd onder veel licht zijn dikker door het aanleggen van meer palisade parenchym (Vogelmann & Martin, 1993), waardoor het licht beter verdeeld wordt in het gewas. Mede hierdoor kan de fotosynthese onderin het gewas geoptimaliseerd worden, wanneer diffuus licht die bladeren bereikt. Daarnaast is bladontwikkeling en interne opbouw afhankelijk van het microklimaat en bladoriëntatie binnen het gewas (Brodersen *et al.*, 2008), en het microklimaat werd sterk beïnvloedt door het diffuus maken van het licht in de kas (Fig. 3 en Tabel 3).

Tabel 5. *Wekelijks gemeten gewasgroei parameters, de LAI gemeten aan het einde van de teelt en het daaruit berekende specifieke bladoppervlak (SLA) in de referentie en twee diffuus licht behandelingen. n=12, 14, 19, 10 en 10 resp. De LAI en SLA in mei, juni en juli wordt gegeven in bijlage III.*

Behandeling	Stengel lengte (cm wk <sup>-1</sup> )	Stengel diameter (mm)	Nieuw blad (aantal wk <sup>-1</sup> )	SLA (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	LAI (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Referentie	70.9 ± 1.3	8.5 ± 0.1	6.1 ± 0.2	350	3.58
Laag diffuus	66.8 ± 0.9	8.8 ± 0.1	5.7 ± 0.2	324	3.38
Hoog diffuus	67.5 ± 1.6	8.7 ± 0.1	5.9 ± 0.2	321	3.39

Dit betekent dat het gewas onder diffuus licht wat korter en steviger werd, met minder bladeren, maar ook met een lager LAI in combinatie met kleinere, dikkere bladeren (lagere SLA). Dat impliceert een steviger blad met meer palisade- en mesofylcellen met meer chloroplasten, kortom een grotere fotosynthesefabriek. Palisadeparenchym brengt het licht dieper in het blad (Evans & Vogelmann, 2003; Brodersen *et al.*, 2008), dus met een dikkere blad en meerdere palisadenparenchym lagen kan de licht penetratie onder diffuus licht verhoogd worden. Dat heeft tot gevolg dat er ongetwijfeld meer licht tot dieper in het gewas is doorgedrongen, want met een kleinere LAI kan het licht dieper in het gewas doordringen. Daarnaast hebben de bladeren onderin het gewas onder diffuus licht een grotere fotosynthese capaciteit en grotere fotosynthesefabriek, en zijn daarom in staat geweest om meer fotosynthese en groei te realiseren. Het kleinere aantal bladeren onder diffuus licht is waarschijnlijk grotendeels het gevolg van de lagere koptemperatuur in deze kassen.

### 3.1.4 Productie

#### Uitgroeiduur vruchten

Tabel 6. *Uitgroeiduur van vruchten (gemiddelde  $\pm$  SE) in de referentie en twee diffuus licht behandelingen. n= 80-140.*

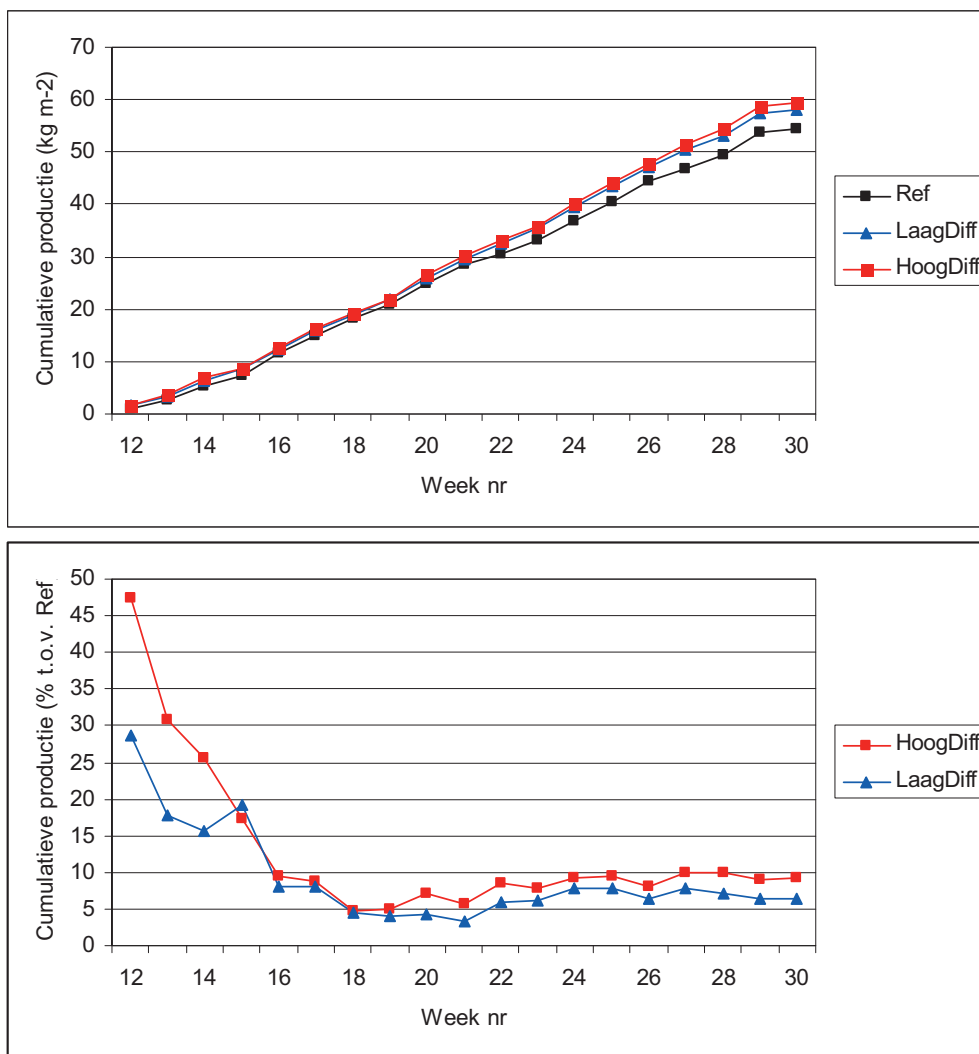
Behandeling	week 19-21 dagen	week 24-26 dagen
Referentie	15.4 $\pm$ 0.2	16.3 $\pm$ 0.2
Laag diffuus	14.9 $\pm$ 0.2	15.8 $\pm$ 0.2
Hoog diffuus	14.5 $\pm$ 0.2	15.9 $\pm$ 0.2

De uitgroeiduur van de vruchten wordt weergegeven in Tabel 6. In de referentie teelt was er onder direct licht per periode gemiddeld respectievelijk 15.4 en 16.3 dagen tussen bloem en oogst van de vrucht. Onder laag diffuus licht duurde het in beide perioden gemiddeld 0.5 dag korter en onder hoog diffuus respectievelijk 0.9 en 0.4 dagen korter. Kennelijk zijn er meer assimilaten beschikbaar gekomen onder diffuus licht, doordat meer licht in het gewas komt en meer fotosynthese plaats kan vinden wat tot een snellere groei leidt. Dat betekent dat er over een periode van ruim 2 weken uitgroeiduur, de vruchten onder diffuus licht 3-6% sneller oogstbaar waren. Ook bij tomaten onder diffuus glas werd een snellere uitgroei en afrijping geconstateerd (Van Telgen, mond. meded.).

#### Vruchtproductie

In Figuur 6 (boven) is de cumulatieve productie weergegeven in kilo's komkommer. Er is in week 12 begonnen met oogsten en al lijken de verschillen in productie niet hoog te zijn in het begin, beide diffuus licht behandelingen produceren meer komkommers vanaf het begin (Fig. 6, onder). Deze verschillen zijn groot, 47% en 29% bij de hoog en laag diffuus teelten, resp. en worden geleidelijk aan minder tot week 22. Daarna nemen de procentuele verschillen weer toe, en beginnen beide diffuus licht teelten zichtbaar (in Fig. 6, boven) af te wijken van de referentieteelt, vooral omdat de referentieteelt vanaf week 22 relatief minder kilo's gaat produceren. In mei is de globale straling sterk gaan stijgen tot daggemiddelde niveau's boven 2500 J cm<sup>2</sup> (Fig. 2), waardoor er mogelijk in de referentieteelt (warmt)stress is ontstaan, wat ten koste van de productie is gegaan.

Beide diffuusteelten produceerde meer kilo's komkommer, waarbij de laag diffuusteelt iets achterbleef bij de hoog diffuusteelt, 3.1 tegen 3.2 kg m<sup>2</sup> gemiddeld op weekbasis (Tabel 7). De hogere productie onder diffuus licht is een gevolg van het aantal vruchten en de gemiddelde vruchtgewicht. Het aantal vruchten per meter was hoger onder diffuus licht dan in de referentieteelt, wat betekent dat er waarschijnlijk minder bloemabortie onder diffuus licht heeft plaatsgevonden, en de gemiddelde vruchtgewicht was 11 en 16 g hoger onder diffuus.

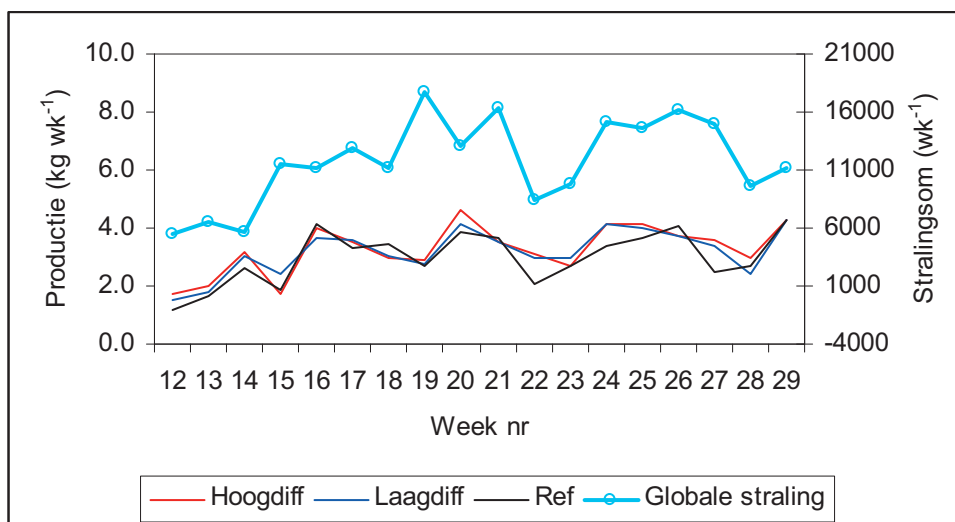


Figuur 6. *Cumulatief versgewicht (kg m<sup>2</sup>) geoogste komkommer gedurende de teelt in de referentie en twee diffuus licht behandelingen (boven), en de procentueel verschillen van beide diffuus behandelingen t.o.v. de referentie (onder).*

Tabel 7. *De totale en week gemiddelde productie (kg m<sup>2</sup> en aantal m<sup>2</sup>) en het gemiddelde vrucht gewicht (g) in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.*

Behandeling	Totaal productie		Week gemiddelde		Gemiddeld vrucht gewicht g
	kg m <sup>2</sup>	aantal m <sup>2</sup>	kg m <sup>2</sup>	aantal m <sup>2</sup>	
Referentie	54.4 a	135.9 a	3	7.5	401.3
Laag diffuus	57.9 a	140.6 a	3.1	7.7	412.4
Hoog diffuus	59.4 a	142.9 a	3.2	7.7	417.0





Figuur 7. *Wekelijks productie (kg) en de globale straling ( $J\ cm^{-2}$ ) gedurende de voorjaarsteelt in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.*

Wanneer de wekelijkse productie wordt uitgezet tegen de globale straling (Fig. 7), is het duidelijk dat de productie volgt het hoeveelheid licht, en dat de productie in de diffuus licht teelten overwegend hoger liggen dat in de referentieteelt. Met name de verschillen in productie rond weken 19 tot 23 zijn groot. Daarin is een sterke stijgen in de globale straling, en daaronder is de productie wat hoger, maar opvallend is dat de productie in de referentieteelt ook sterk achteruit gaat tussen week 21 en 23. Zoals hierboven gesuggereerd, is dit mogelijk een gevolg van té veel licht, leidend to lichtverzadiging en mogelijk stress in het gewas.

## Vruchtkwaliteit

De kwaliteit van de geogste vruchten wordt weergegeven in Tabellen 8 en 9. Daarin is te zien dat de kwaliteit zeer goed was en het percentage klasse 1 vruchten daarom erg hoog lag. De verschillen in kwaliteit tussen de behandelingen zijn klein. Bij hoog diffuus licht wordt ongeveer twee maal zoveel stek geogst dan in de andere behandelingen. Dat stek wat hoger was onder diffuus glas kan komen omdat er meer vruchten bleken uit te groeien vanwege het meer beschikbaar komen van assimilaten. Dat gaat vermoedelijk ten koste van ander beginnende vruchten die uiteindelijk tot stek ontwikkelen. Het gewichtsverlies van komkommers geteeld onder diffuus licht lijkt iets geringer te zijn dan bij de referentie. De kleur bij inzet van de komkommers uit de referentiekas is wat beter, maar tijdens de bewaring is het kleurverlies groter, waardoor ze na 12 dagen bewaring een wat mindere kleur hebben dan de vruchten uit de diffuus glazen kassen.

Tabel 8. *Kwaliteit van geogste vruchten in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.*

	kg m <sup>2</sup>	1e klasse (%)	2e klasse (%)	stek (kg m <sup>2</sup> )
Referentie	54.4	98.5%	1.5%	0.279
Laag diffuus	57.9	97.7%	2.3%	0.293
Hoog diffuus	59.4	97.9%	2.1%	0.570

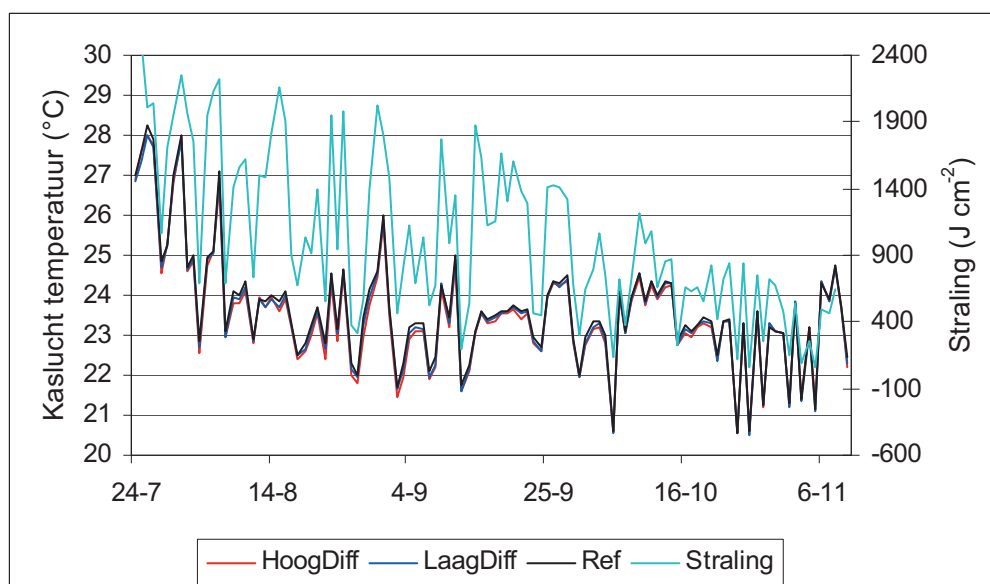
Tabel 9. Houdbaarheid van komkommervruchten op basis van gewichtsverlies ( $n=4$ ) en kleur ( $n=20$ ) na de oogst in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.

Behandeling	Gewichtsverlies (%)		Kleur indicatie		
	na 7 dagen	na 12 dagen	dag 0	na 7 dagen	na 12 dagen
Referentie	5.36	9.24	7.7	6.7	5.3
Laag diffuus	5.04	9.03	7.3	7.0	5.6
Hoog diffuus	5.19	8.91	7.1	6.9	5.6

## 3.2 Najaarsteelt

De najaarsteelt werd uitgevoerd met het ras Euphoria van 23 juli tot 15 november 2008.

### 3.2.1 Klimaatregistratie



Figuur 8 Gerealiseerde kaslucht temperatuur onder diffuus licht en de referentie en gemeten straling gedurende de najaarsteelt.

In Figuur 8 wordt de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid globale straling weergegeven, die gemeten werd onder het kasdek tussen 10 en 16 uur gedurende de najaarsteelt. De hoeveelheid beschikbaar zonlicht in Bleiswijk nam af vanaf ongeveer  $2000 \text{ J cm}^{-2}$  eind juli tot ongeveer  $500 \text{ J cm}^{-2}$  in november. In Tabel 7 is ook te zien dat de kasluchttemperatuur de globale straling volgt en dat de kasluchttemperaturen van de drie behandelingen nauwelijks van elkaar verschilden.

Van de hoeveelheid straling in de kassen werd bij de referentie geen straling omgezet naar diffuus, maar zeer vergelijkbaar met de voorjaarsteelt, werd respectievelijk 10% en 24% omgezet in de laag en hoog diffuus behandelingen (Tabel 10). Ook dit resulteerde in 24% meer diffuus licht in de hoog diffuus behandeling, terwijl de lichttransmissie in de hoog diffuus teelt ook nog 3% minder was dan bij de overige twee behandelingen.

Het grote verschil tussen de referentie en diffuus licht behandelingen is de totale hoeveelheid straling tijdens de voor- en najaarsteelten met minder dan de helft van het licht in het najaar.

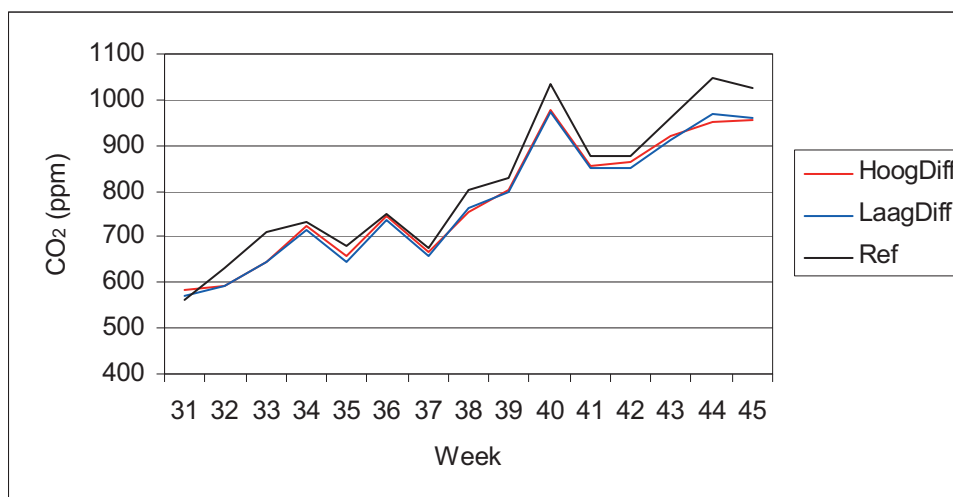
Tabel 10. Totaal globale straling (%) gedurende de najaarsteelt en de conversie van direct naar diffuus licht, alsmede de totale stralingsom ( $J\ cm^{-2}$ ).

	Direct licht	Conversie naar diffuus	Diffuus licht	Totaal	Totaal ( $J\ cm^{-2}$ )
Referentie	34	0	66	100	87.471
Laag diffuus	24	10	76	100	87.471
Hoog diffuus	10	24	90	100	84.309

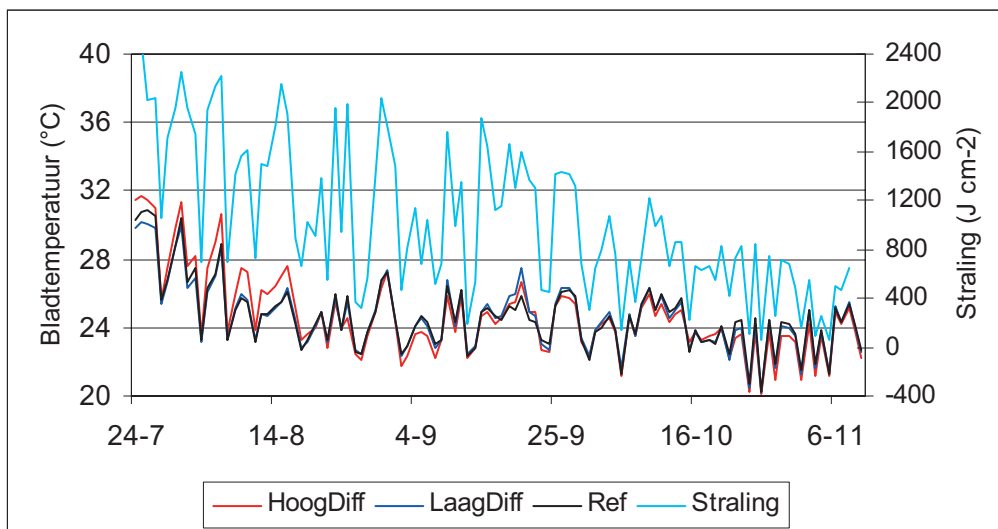
Tabel 11. Gerealiseerd kasklimaat in de diffuus licht behandelingen en de referentie. Gemiddelde klimaat per etmaal van twee afdelingen per behandeling.

	Temperatuur ( $^{\circ}C$ )	Relatieve luchtvochtigheid (%)	CO <sub>2</sub> overdag (ppm)
Referentie	21.0	82	813
Laag diffuus	21.1	82	776
Hoog diffuus	20.9	83	780

Dit heeft geleid tot een vergelijkbaar kasklimaat in alle behandelingen (Tabel 11), mede omdat er veel minder dagen met hoge pieken in stralingsintensiteit waren in vergelijking met de voorjaarsteelt. Evenals in de voorjaarsteelt lijkt de CO<sub>2</sub> concentratie in de referentieteelt steeds wat hoger te liggen dan in de diffuus licht behandelingen (Tabel 11 en Fig. 9). Dit suggereert dat er minder CO<sub>2</sub> in de referentieteelt werd opgenomen.

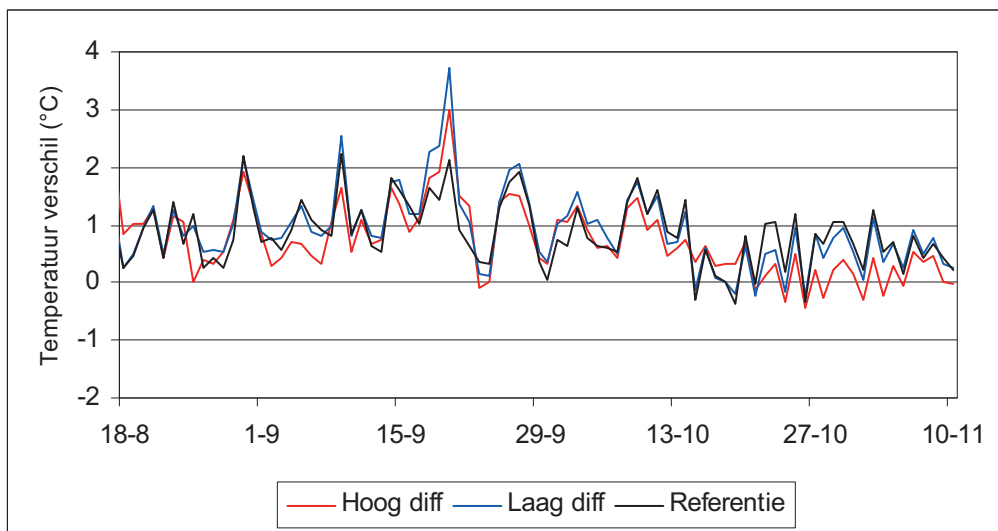


Figuur 9. Verloop van de gemeten CO<sub>2</sub> concentratie in de tijd in de diffuus licht behandelingen en de referentie gedurende de teelt.



Figuur 10. Gerealiseerde bladtemperatuur onder diffuus licht en de referentie en gemeten straling gedurende de tweede teelt.

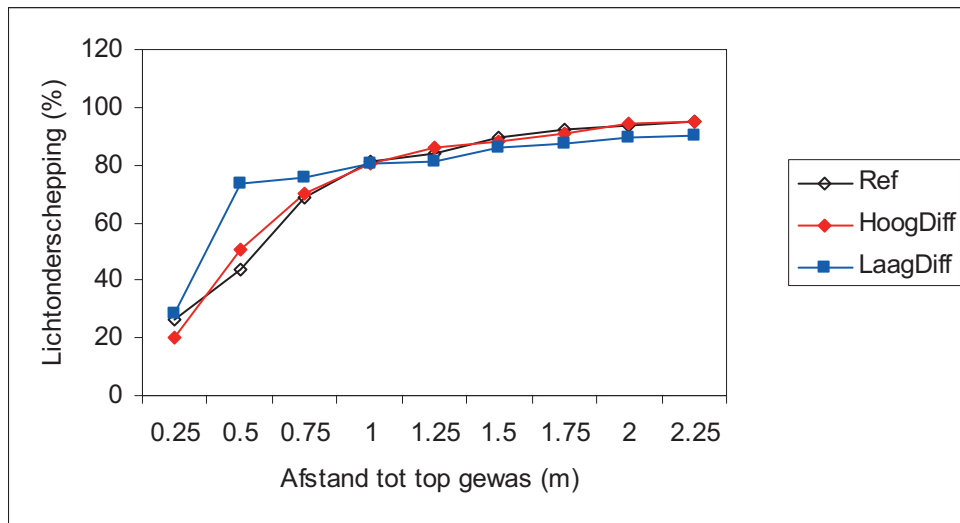
In Figuren 10 en 11 wordt het effect van de globale straling op de bladtemperatuur weergegeven. Ook in de najaarsteelt is de bladtemperatuur sterk gecorreleerd aan de dagelijkse globale straling. Wanneer gekeken wordt naar de bladtemperatuur in relatie tot de kaslucht temperatuur vanaf medio augustus (Fig. 10), valt het op dat de bladtemperatuur onder diffuus licht meestal lager ligt dan in de referentieteelt. Hierbij zijn de grootste verschillen waar te nemen onder hoog diffuus licht in vergelijking met laag diffuus glas.



Figuur 11. Verschil tussen bladtemperatuur en kaslucht temperatuur onder direct en diffuus licht gedurende de teelt.

### 3.2.2 Lichtbenutting

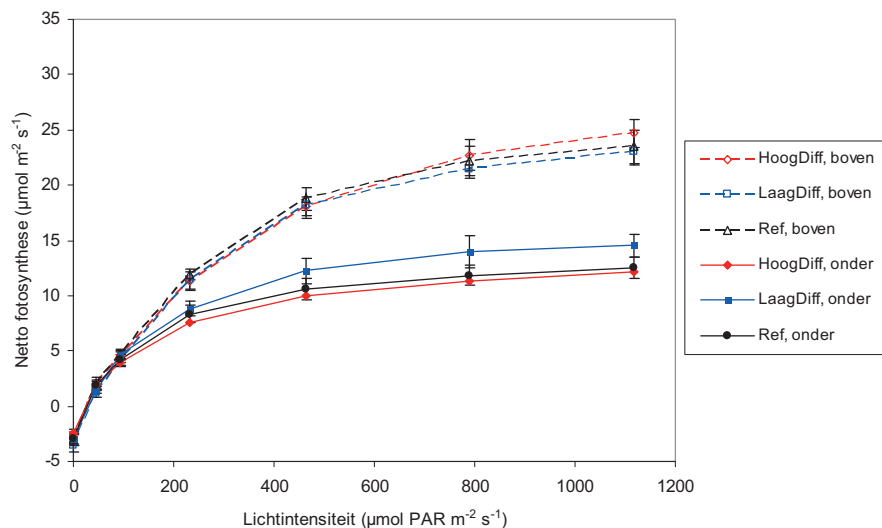
#### Lichtonderschepping



Figuur 12. Lichtonderschepping op verschillende hoogtes van het gewas in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.

De lichtonderschepping in het najaarsteelt vertoonde een ietwat ander patroon dan in de voorjaarsteelt. In het najaar werd er aanvankelijk een sterke lichtonderschepping onder de laag diffuus kasdek gemeten, maar uiteindelijk werd in die behandeling dieper in het gewas de minste lichtonderschepping gemeten. Er was weinig verschil in lichtonderschepping tussen de hoog diffuus en referentieteelt.

#### Fotosynthesemetingen



Figuur 13. Potentiële fotosynthese ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , gemiddelde  $\pm$  SE) bovenin het gewas (100 cm onder het gewasdraad en ca. 50 cm onder de top van het gewas) en onderin het gewas (ca. 100 cm boven de goot).  $n=3$

Tijdens de najaarsteelt zijn er in de laatste week van september, week 40, fotosynthesemetingen uitgevoerd in alle drie de behandelingen. De fotosynthesemetingen geven de fotosynthesecapaciteit weer van het blad, en zijn uitgevoerd onder vaste condities: 800 ppm CO<sub>2</sub>, 25°C en een RV van ca. 85%.

In tegenstelling tot de metingen in juli (Fig. 5), waren de verschillen tussen de diffuus en referentiebehandelingen minder duidelijk. Fotosynthese bovenin het gewas leek iets hoger te zijn onder het hoog diffuus kasdek dan bij de andere behandelingen (Fig. 13). Onderin het gewas was de fotosynthesecapaciteit hoger in de laag diffuus teelt, terwijl de hoog diffuus en referentieteelten een lagere fotosynthesecapaciteit te zien gaven. Er lijkt dus geen verband te zijn tussen de mate van diffusiteit en fotosynthesecapaciteit in het gewas. Wel is het zo dat, dat de verhouding direct:diffuus licht in het najaar vergelijkbaar met dat in het voorjaar/zomer, maar er meer (absoluut) diffuus licht aanwezig was en dieper in het gewas doordrong, waardoor de verschillen onderin het gewas minder groot waren dan in de zomer.

### 3.2.3 Gewasgroeiparameters en destructieve oogst

De plantmorfologie werd ook in het najaar door diffuus licht beïnvloed. Onder laag diffuus licht was de stengel korter (Tabel 12), maar de stengeldikte was gelijk gebleven. Ook hier geeft dit aan dat er onder diffuus licht de plant morfologie anders werd beïnvloed t.o.v. die onder direct licht. Net zoals in het voorjaar werd de bladmorfologie beïnvloed in die zin dat er een relatief kleinere bladoppervlak en een grotere specifieke bladoppervlak werd gerealiseerd aan diffuus licht.

Dit betekent dat de bladeren ontwikkeld onder diffuus licht wat kleiner en dikker waren, met een iets lagere LAI. Dat heeft tot gevolg dat er meer licht dieper in het gewas kon doordringen, en onderin het gewas benut worden t.b.v. de fotosynthese.

Opvallend is dat zowel de gewasontwikkeling als de fotosynthesecapaciteit in het najaar in het voordeel van de laag diffuus teelt lijkt te zijn, i.t.t. in het voorjaar waar een hogere mate van diffusiteit voordeliger leek te zijn.

*Tabel 12. Wekelijks gemeten gewasgroei parameters (n=10), de LAI gemeten aan de bovenste 13 bladeren op 9 oktober en het daaruit berekende specifieke bladoppervlak (SLA) in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.*

Behandeling	Stengel lengte (cm wk <sup>-1</sup> )	Stengel diameter (mm)	Nieuw blad (aantal)	SLA (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	LAI (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Referentie	67.8 ± 2.8	8.7 ± 0.2	6.5 ± 0.3	347	1.36
Laag diffuus	63.6 ± 2.5	8.7 ± 0.2	6.5 ± 0.3	340	1.27
Hoog diffuus	68.4 ± 2.2	8.8 ± 0.2	6.6 ± 0.3	324	1.33

Tegen het einde van de teelten in oktober zijn er bladmonsters genomen voor mineralenanalyses. Over het algemeen zijn de mineraal gehalten in een range die te verwachten is voor volgroeide bladeren. Alleen de Ca-gehalte is veel hoger dan verwacht. Dit zou eerder te verwachten zijn in oudere bladeren aan het eind van de teelt. Naarmate de diffusiteit van het glas hoger wordt, lijken het gehalte van kalium en mangaan wat af te nemen en het zwavelgehalte juist toe te nemen. Dat de kaliumgehalte lager wordt onder diffuus licht is eigenaardig omdat de plant juist streeft naar een constante kaliumgehalte in de celvocht. Het stikstofgehalte lijkt het laagst en het boorgehalte juist het hoogst bij hoog diffuus licht.

Tabel 13. Mineralen samenstelling van het blad in komkommer geteeld onder diffuus en direct licht (referentie).  $n=3$ .

	Droge stof %	mmol kg <sup>-1</sup> DW						
		K	Na	Ca	Mg	N	S	P
Referentie	6.8	1521	4.7	1305	306	4012	189	280
Laag diffuus	6.9	1359	4.7	1233	320	3942	232	217
Hoog diffuus	6.5	1317	4.7	1387	349	3643	287	195

	μmol kg <sup>-1</sup> DW						
	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	
Referentie	3152	2813	620	7446	124	73	
Laag diffuus	2803	2676	635	6614	123	87	
Hoog diffuus	2713	2458	719	8001	130	115	

### 3.2.4 Productie

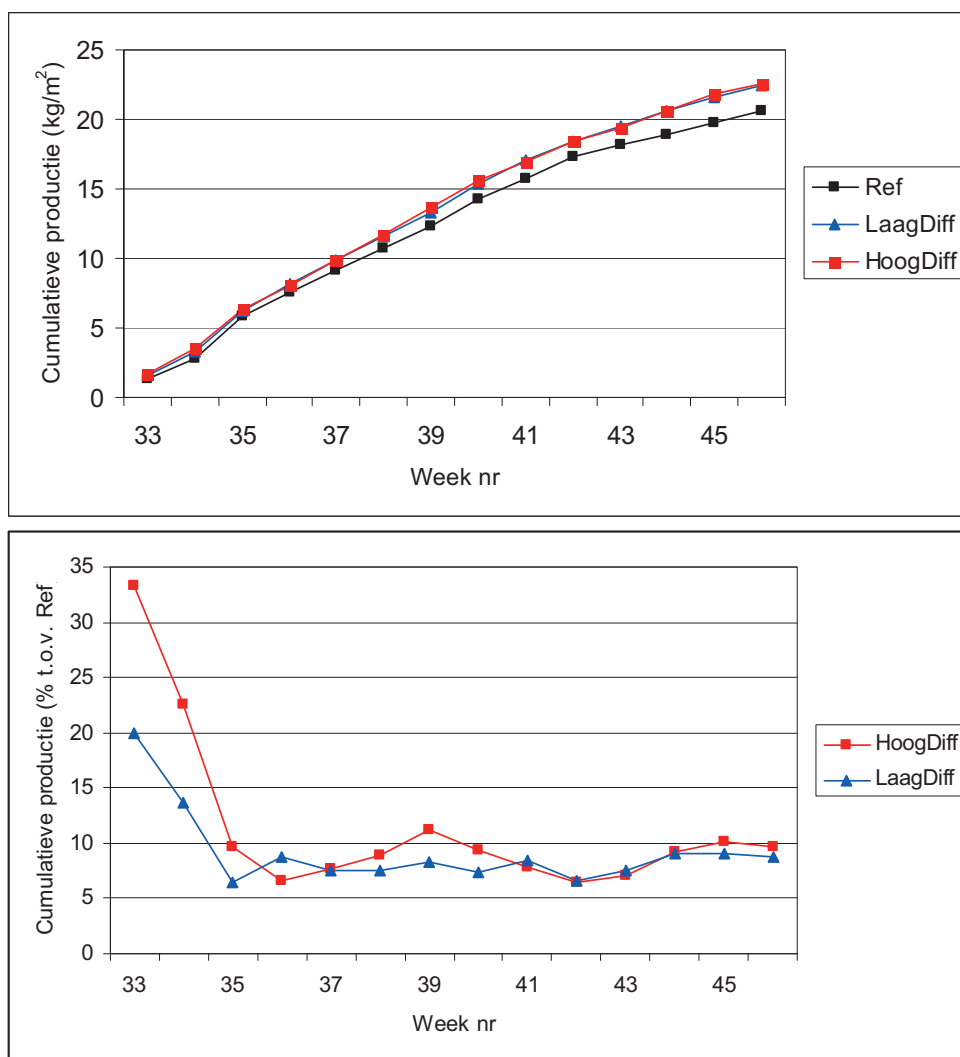
#### Uitgroeiduur vruchten

In september/oktober zijn bloemen gelabeld om de tijd vast te stellen die het gewas nodig had van bloei tot oogstbare vrucht (Tabel 14). De uitgroeiduur van de vruchten in de najaarsteelten was gemiddeld een week langer dan in de voorjaarteelten, 20 tot 22 dagen. In overeenstemming met de voorjaarteelten kon ook nu weer een verschil in uitgroeiduur ten nadele van de referentieteelst vastgesteld worden. In beide diffuus licht behandelingen konden de vruchten gemiddeld 2 dagen eerder geoogst worden. Dat betekent dat er over een periode van 3 weken uitgroeiduur, de vruchten onder diffuus licht 2 dagen eerder oogstbaar waren, wat een productieverhoging van 10% kan betekenen.

Tabel 14. Uitgroeiduur van vruchten (gemiddelde  $\pm$  SE) in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.  $n= 80-100$ .

Behandeling	week 39-43 (dagen)
Referentie	22.2 $\pm$ 1.9
Laag diffuus	19.8 $\pm$ 1.6
Hoog diffuus	20 $\pm$ 1.6

## Vruchtproductie



Figuur 14. Cumulatief versgewicht ( $\text{kg m}^{-2}$ ) geogste komkommer gedurende de teelt in de referentie en twee diffuus licht behandelingen (boven), en de procentueel verschillen van beide diffuus behandelingen t.o.v. de referentie (onder).

De cumulatieve productie is weergegeven in Figuur 14. Vanaf week 33 werd geogst en al direct is een scheiding tussen de producties onder diffuus licht met de referentieteelt zichtbaar, zowel in absolute zin (Fig. 14, boven) als relatief (Fig. 14, onder). In de najaarsteelt was er minder verschil te zien tussen de laag en hoog diffuus behandelingen dan in de voorjaarsteelt, ook weer t.o.v. de referentie (Fig. 14, onder). Tot medio september, ongeveer week 38, was er redelijk veel instraling, maar na week 38 is de hoeveelheid globale straling teruggelopen van ongeveer  $1800 \text{ J m}^{-2}$  naar  $800 \text{ J m}^{-2}$  (Fig. 8). Na week 43 werd de productie in de referentieteelt verder verlaagd t.o.v. beide diffuus licht teelten.

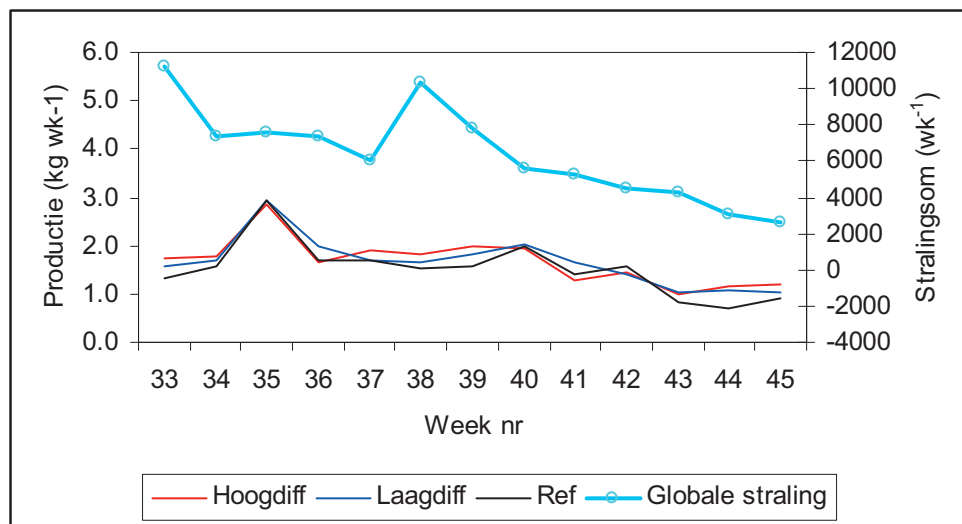
Het hoog diffuus kasdek heeft 3% minder lichttransmissie t.o.v. de laag diffuus kasdek, en het is opvallend dat het verschil in productie tussen beide behandelingen minder was dan 1% (9.7% en 8.8% resp.), al wordt dit resultaat bevestigd in eerdere studies (Papadopoulos & Hao, 1997). Beide diffuusteelten produceerden 2 kilo per  $\text{m}^2$  meer komkommers dan de referentie, waarbij de laag diffuusteelt uiteindelijk maar 0.2 kg per  $\text{m}^2$  achterbleef bij de hoog diffuusteelt (Tabel 15). Net zoals in de voorjaarsteelt is de hogere productie onder diffuus licht een gevolg van het aantal vruchten en het gemiddelde vruchtgewicht. Het aantal vruchten per  $\text{m}^2$  was gemiddeld 4 stuks hoger onder diffuus licht dan in de referentieteelt, wat betekent dat er waarschijnlijk minder bloemabortie plaatsvond onder diffuus licht, en het gemiddelde vruchtgewicht was respectievelijk 11 en 12 g hoger onder laag en hoog diffuus licht.



Het gemiddelde vruchtgewicht is wel duidelijk lager dan in de voorjaarsteelt. Dit is mede het gevolg van het sterke vegetatieve karakter van het gewas in de herfststeelt, waardoor het moeilijk was om de vruchten zwaarder te oogsten.

Tabel 15. De totale en week gemiddelde productie ( $\text{kg m}^{-2}$  en aantal  $\text{m}^2$ ) en het gemiddelde vrucht gewicht (g) in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.

Behandeling	Totaal productie		Week gemiddelde		Gemiddeld vrucht gewicht
	$\text{kg m}^{-2}$	aantal $\text{m}^2$	$\text{kg m}^{-2}$	aantal $\text{m}^2$	g
Referentie	20.6	61.4	1.5	4.6	335
Laag diffuus	22.4	64.6	1.6	4.9	346
Hoog diffuus	22.6	65.2	1.6	4.9	347



Figuur 15. Wekelijkse productie (kg) en de globale straling ( $\text{J cm}^{-2}$ ) gedurende de najaarsteelt in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.

De wekelijkse productie is uitgezet tegen de globale straling (Fig. 15), waarin te zien is dat er kleine productieverhogingen zijn na perioden met meer zonlicht. Verder is het duidelijk dat de productie de hoeveelheid licht volgt. Evenals in de voorjaarsteelt, ligt de productie onder diffuus licht overwegend boven die van de referentieteelt.

## Vruchtkwaliteit

Tabel 16. *Kwaliteit van geoogste vruchten in de referentie en twee diffuus licht behandelingen.*

	kg m <sup>2</sup>	1e klasse (%)	2e klasse (%)	stek (kg m <sup>2</sup> )
Referentie	20.6	96.6%	3.4%	0.638
Laag diffuus	22.4	96.1%	3.9%	0.636
Hoog diffuus	22.6	96.6%	3.4%	1.108

De kwaliteit van geoogste vruchten wordt weergegeven in Tabellen 16 en 17. Daarin is te zien dat de verschillen in percentage klasse I-vruchten, evenals in de voorjaarsteelt, erg gering zijn. Ook nu weer wordt bij hoog diffuus licht circa twee maal zoveel stek geoogst dan bij de andere twee behandelingen.

Tabel 17. *Houdbaarheid van geoogste vruchten in de referentie en twee diffuus licht behandelingen met inzetdatum 10 oktober 2008 (n=20).*

	Kleur bij inzet	Kleur na 7 dagen	Kleur na 14 dagen
Referentie	6.2	5.8	4.7
Laag diffuus	6.7	6.6	5.5
Hoog diffuus	6.5	6.1	5.0

De kleur bij inzet van de vruchten uit de referentie was iets minder dan bij laag en hoog diffuus licht. Deze verschillen blijven tijdens de bewaring. De kleur na 7 en 14 dagen bewaring werd in deze bewaarproef grotendeels bepaald door de kleur bij de oogst.

## 4 Conclusies

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies met aantekeningen gemaakt worden:

### *1. Onder diffuus licht wordt een milder klimaat gerealiseerd*

Het is gebleken dat gedurende zowel de voorjaars- als najaarsteelt, een diffuus kasdek leidt tot een milder kasklimaat. Het milder klimaat was vooral merkbaar in de bovenste deel van de kas en van het gewas, en in mindere mate onderin het gewas. Ten opzichte van de referentie met standaard tuinbouwglas (0% diffusiteit en 83% lichttransmissie) gaf 'laag diffuus' glas (30% diffusiteit en 83% lichttransmissie) en 'hoog diffuus' glas (70% diffusiteit en 80% lichttransmissie) in zowel de voor- als najaarsteelt respectievelijk 10 en 24% meer diffuus licht in de kas. Dit betekent dat er meer licht toegelaten kan worden in de kas met minder verlies van CO<sub>2</sub> (minder luchten). Immers onder een milder klimaat wordt de temperatuur bovenin het gewas minder hoog op zonnige dan op bewolkte dagen, en er is minder kans op fotoinhibitie. Dit geldt niet alleen in de zomer maar ook in het voor- en najaar. In de voorjaarsteelt van komkommer was de gerealiseerde kastemperatuur vrijwel gelijk en de RV nam iets toe naarmate de diffusiteit van het glas hoger was. In de najaarsteelt waren de klimaatverschillen gering. De CO<sub>2</sub>-concentratie was overdag zowel in de voor- als najaarsteelt bij de referentie 25 à 35 ppm hoger dan bij diffuus glas. Een gematigde kasklimaat resulteert ook in een hogere RV. Metingen op zonnige dagen lieten zien dat er een hogere RV gehandhaafd kon worden in het gewas onder een diffuus kasdek. Gevolgen voor het gewas zijn er ook. De temperatuur in de kop van het gewas en bovenste bladeren was lager onder diffuus dan onder direct glas, waar het gewas minder stress leed op warme, zonnige dagen.

### *2. De morfologie van een komkommernewas verandert onder diffuus licht*

Met name in de voorjaarsteelt bleef het gewas korter en steviger en ontwikkelden zich minder bladeren onder diffuus glas in vergelijking met de referentie. De LAI en SLA waren lager bij diffuus dan bij helder glas, wat betekent dat het licht dieper in het gewas door kan dringen. Dit verschil in LAI en SLA was niet direct te verwachten omdat in de regel meer licht zou moeten leiden tot het ontwikkelen van zonbladeren, en minder licht tot schaduwbladeren. Schuwbladeren worden gekenmerkt door een grotere absolute en groter specifieke bladoppervlak. Mogelijk kan een grotere, dunnere blad meer verdampen en daardoor zichzelf koelen, waardoor bladeren onder direct licht in staat zijn om meer overtollige warmte kwijt te raken. Onder diffuus licht echter is er een lagere SLA gemeten, d.w.z. dikkere bladeren met een kleinere oppervlak. Daardoor kan licht nog beter doordringen in het gewas.

### *3. Gewasfysiologie kan beïnvloed worden door diffuus licht*

Bij veel instraling in het voorjaar en zomer was de koptemperatuur ongeveer 2 °C lager onder diffuus glas dan onder standaard glas. In combinatie met de hogere RV betekent dit een beter klimaat in de kop van de plant en minder kans op stress. Fotoinhibitie zou bij kunnen dragen aan de gemeten verschillen onder direct en diffuus licht onder hoge lichtintensiteiten. Chloroplasten bewegen naar de randen van de cel, vermoedelijk om ander chloroplasten te beschaduen, en daardoor fotoinhibitie tegen te gaan (Brodersen *et al.*, 2008). Dit kost energie en een deel van de chloroplasten zullen minder licht ontvangen voor de fotosynthese. De lichtonderschepping in de voorjaarsteelt was halverwege de plant hoger onder diffuus dan onder standaard glas. Er komt dus meer licht op de onderliggende bladeren, waardoor de fotosynthesecapaciteit beter wordt benut. In het najaar was bij laag diffuus de lichtonderschepping op 50 cm onder de kop hoger, maar meer naar onderen in het gewas juist lager dan bij hoog diffuus en de referentie, die onderling weinig verschilden. In fotosynthesecapaciteit was er in de voorjaarsteelt bovenin het gewas geen verschil, maar halverwege het gewas was deze bij hoog diffuus glas 2 maal zo hoog dan bij standaard tuindersglas. Hierdoor kan het gewas bij diffuus licht meer fotosynthese realiseren. In de najaarsteelt lag dit minder duidelijk.

#### 4. De productie van hoge-draad komkommer wordt verhoogd met 10% onder invloed van diffuus licht

In zowel de voor- als najaarsteelt had diffuus glas vanaf de start van de oogst een positief effect op de productie. In vergelijking met de referentie bedroeg de relatieve meerproductie in kilo's aan het einde van de voorjaarsteelt onder hoog en laag diffuus glas respectievelijk 9.2 en 6.5%. In de najaarsteelt was dit respectievelijk 9.7 en 8.8%. De totale kiloproductie over beide teelten was respectievelijk 75, 80 en 81 kg/m<sup>2</sup> en het aantal komkommers respectievelijk 197, 205 en 208 stuks/m<sup>2</sup>. De meerproductie onder diffuus glas werd gerealiseerd door zowel méér als zwaardere vruchten. De uitgroeiduur was korter onder diffuus glas. Het verschil bedroeg in het voorjaar 0.5 tot 1 dag, dat is 3 tot 6%, en in het najaar 2 dagen, ofwel 10%.

De productie in beide teelten kan gerelateerd worden aan de hoeveelheid straling die het gewas ontving. Natuurlijk was de absolute productie in de najaarsteelt minder dan in de voorjaarsteelt, maar dat is een gevolg van het verschil in de absolute hoeveelheid globale straling. Mogelijk was de hogere transmissie in de laag diffuus behandeling t.o.v. de hoog diffuus behandeling (3% minder PAR) in de najaarsteelt een verklaring voor het relatief kleine verschil in productie tussen beide diffuus licht behandelingen. In de zomer was er veel meer licht beschikbaar, waardoor het verschil in transmissie niet of nauwelijks meetelde.

In percentage klasse 2 vruchten waren de verschillen tussen de drie behandelingen gering. Wel werd onder hoog diffuus glas in beide teelten iets meer stek geoogst dan bij laag diffuus en helder glas. In de voorjaarsteelt hadden de vruchten bij de oogst onder helder glas een wat donkerder kleur, maar door een groter kleurverlies tijdens de bewaring was de kleur na zo'n 12 dagen bewaring lager bij helder dan bij diffuus glas. In de najaarsteelt was de vruchtkleur zowel voor- als na bewaring het hoogst bij laag diffuus licht.

#### 5. Licht transmissie is van groot belang, maar de factor haze (diffusiteit) mag niet onderschat worden.

De productie verhoging onder diffuus licht lijkt vooral veroorzaakt te worden door de factor 'diffuus' ofwel 'haze' in de voorjaarsteelt en in mindere mate in de najaarsteelt. Wanneer rekening wordt gehouden met een gelijke lichttransmissie, d.w.z. 3% meer licht onder een hoog diffuus kasdek, zou verondersteld kunnen worden dat de productie op 12% komt (zie bij 'inschatting' in onderstaande tabel). Dat betekent een verdubbeling van de productie (6.5% tot 12%) bij verhoging van de diffusiteit van 30% tot 70% in het voorjaar. In het najaar lijkt de mate van diffusiteit van minder belang te zijn dan lichttransmissie, want de productie werd maar met één derde verhoogd (8.8% tot 12.5%) met verhoging van de diffusiteit van 30% tot 70%. Hieruit kan geconcludeerd worden dat vooral in het voorjaar, en in mindere mate in het najaar, is een hoge mate van diffusiteit aan te bevelen, met een haze factor van tenminste 50%. Dit geldt bij de huidige mogelijkheden voor wat betreft diffuus glas; bij een gelijke lichttransmissie zou een hogere haze factor aan te bevelen zijn.

	T.o.v. de Referentie		
	Haze	Transmissie	Productie
voorjaar	30%	gelijk	6.5%
	70%	-3%	9.2%
(schatting voorjaar)	(70%)	(gelijk)	(12%)
najaar	30%	gelijk	8.8%
	70%	-3%	9.7%
(schatting najaar)	(70%)	(gelijk)	(12.5%)

#### 6. Het benutten van diffuus licht bij eenzelfde lichtintensiteit zou kunnen leiden tot energiebesparing

Wanneer een diffuus kasdek met dezelfde licht transmissie wordt gebruikt met belichtende teelten, zoals roos, tomaat en paprika, kan dat implicaties hebben voor de belichting van het gewas. In de donkere winter maanden zal belichting waarschijnlijk noodzakelijk blijven om aan de gewenste hoeveelheid licht te komen. Aan de randen van de

belichtingseizoen echter, in het najaar en voorjaar, is het denkbaar dat meer (diffuus) licht consequenties heeft voor de noodzaak van belichting. De belichting zou eerder gestopt kunnen worden, meer energieverkoop aan het net is mogelijk en daarmee wordt energie bespaard.

Ook het inzetten van LEDs als groeilicht zou eerder mogelijk kunnen zijn, omdat met (meer) diffuus licht kan men telen bij een lagere intensiteit aan LEDs. Dan is het zo dat er bij roos op warme, zonnige dagen gekoeld moet worden om de knoptemperatuur voldoende laag te houden zodat er geen kwaliteitsverlies optreedt. Met een diffuus kasdek, zou er minde snel gekoeld hoeven te worden, vanwege de eerder genoemde mildere kasklimaat onder een diffuus kasdek.



## 5 Referenties

- Brodersen, C.R., T.C. Vogelmann, W.E. Williams & H.L. Gorton, 2008.  
New paradigm in leaf –level photosynthesis: direct and diffuse lights are not equal. *Plant, Cell and Environment*, 31, 159-164.
- DeLucia, E.H., K. Nelson, T.C. Vogelmann & W.K. Smith, 1996.  
Contribution of intercellular reflectance to phototsynthesis in shade leaves. *Plant, Cell & Environment* 19:159-170.
- Evans, J.R. & T.C. Vogelmann, 2003.  
Profiles of <sup>14</sup>C fixation through spinach leaves in relation to light absorption and photosynthetic capacity. *Plant, Cell & Environment* 26:547-560.
- Evans, J.R. & T.C. Vogelmann, 2006.  
Photosynthesis within isolateral *Eucalyptus pauciflora* leaves. *New Phytologist* 171: 771-782.
- Fairchild, G., 2002.  
'Plant species competition for light within the Australian tropical rainforest', *Biomes of Australia*, 53.
- Hemming, S., R.E.E. Jongschaap, J. Janse, J.W. Steenhuizen, D. Uenk & T.A. Dueck, 2007a.  
Effecten van diffuus licht op komkommer. Resultaten van een teelt experiment. *Nota* 446, PRI, Wageningen. 38 blz.
- Hemming, S., F. Van Noort, J. Hemming & T. Dueck, 2007b.  
Effecten van diffuus licht op potplanten. Resultaten van een teeltexperiment. *Nota* 454, PRI, Wageningen. 39 blz. + bijlagen.
- Hemming, S., T. Dueck, N. Marissen, R. Jongschaap & F. Kempkes, 2005.  
Diffuus licht. Het effect van lichtverstrooiende kasdekmaterialen op kasklimaat, lichtdoordringing en gewasgroei. *Rapport 557, Wageningen UR A&F*. 98pp. + bijlagen.
- Meir, P., B. Kruijt, M. Broadmeadow, E. Barbosa, O. Kull, F. Carwell, A. Nobre & P.G. Jarvis, 2002.  
'Assimilation of photosynthetic capacity to irradiance in tree canopies in relation to leaf nitrogen concentration and leaf mass per unit area', *Plant, Cell & Environment*, 25, 343-357.
- Ninemets, U., 2007.  
'Photosynthesis and resource distribution through plant canopies', *Plant & Cell Environment*, 30, 1052-1071.
- Papadopoulos, A.P. & X. Hao, 1997.  
'Effects of greenhouse covers on seedless cucumber growth, productivity, and energy use', *Scientia Horticulturae*, 68, 113-123.
- Roderick, L.M., G.D. Farquahar, S.L. Berry & I.R. Noble, 2001.  
'On the direct effect of clouds and atmospheric particles on the productivity and structure of vegetation', *Oecologia*, 129, 21-30.
- Vogelmann, T.C. & G. Martin, 1993.  
'The functional significance of palisade tissue: penetration of directional versus diffuse light', *Plant Cell & Environment*, 16, 483-494.
- Young, D.K. & W.K. Smith, 1983.  
'Effect of cloud cover on photosynthesis and transpiration in sub alpine understory species *Arnica latifoli*', *Ecology*, 64, (4), 681-683.





## Bijlage I.

### Stralingsom direct en diffuus licht in de kas

Voorjaarsteelt						
Referentie		Stralingsom (J cm <sup>-2</sup> )				
Uren straling	Bewolkinggraad	Diffuus	Direct	Diffuus uit direct	Totaal diffuus	
294	0	10624	24783	0	10624	
207	1/8	9549	15098	0	9549	
101	2/8	5831	6445	0	5831	
120	3/8	8122	6315	0	8122	
100	4/8	6877	3705	0	6877	
117	5/8	10038	3574	0	10038	
186	6/8	15210	3226	0	15210	
487	7/8	33223	3184	0	33223	
610	1	23164	0	0	23164	
totaal		122.638	66.329	0	122.638	
totaal licht						188.967
<b>Laag diffuus</b>						
294	0	10624	17348	7435	18059	
207	1/8	9549	10569	4529	14079	
101	2/8	5831	4511	1933	7765	
120	3/8	8122	4420	1894	10016	
100	4/8	6877	2593	1111	7988	
117	5/8	10038	2502	1072	11110	
186	6/8	15210	2258	968	16177	
487	7/8	33223	2229	955	34178	
610	1	23164	0	0	23164	
totaal		122.638	46.430	19.899	142.537	
totaal licht						188.967
<b>Hoog diffuus</b>						
294	0	10240	7166	16721	26961	
207	1/8	9204	4366	10187	19391	
101	2/8	5621	1864	4348	9969	
120	3/8	7828	1826	4260	12089	
100	4/8	6628	1071	2499	9127	
117	5/8	9675	1033	2411	12086	
186	6/8	14660	933	2176	16836	
487	7/8	32022	921	2148	34171	
610	1	10240	7166	16721	26961	
totaal		118205	19179	44752	162957	
totaal licht						182.137

<b>Najaarsteelt</b>						
<b>Referentie</b>		<b>Stralingsom (J cm<sup>2</sup>)</b>				
Uren straling	Bewolkinggraad	Diffuus	Direct	Diffuus uit direct	Totaal diffuus	
166	0	4478	10447	0	4478	
113	1/8	4651	7351	0	4651	
51	2/8	2813	3108	0	2813	
62	3/8	3214	2501	0	3214	
52	4/8	3358	1809	0	3358	
61	5/8	3973	1415	0	3973	
102	6/8	7149	1516	0	7149	
306	7/8	16352	1566	0	16352	
393	1	11771	0	0	11771	
	totaal	57.759	29.712	0	57.759	
	<b>totaal licht</b>					<b>87.471</b>
<b>Laag diffuus</b>						
166	0	4478	7313	3134	7612	
113	1/8	4651	5146	2205	6856	
51	2/8	2813	2175	932	3745	
62	3/8	3214	1751	750	3964	
52	4/8	3358	1266	543	3901	
61	5/8	3973	990	424	4397	
102	6/8	7149	1061	455	7604	
306	7/8	16352	1096	470	16822	
393	1	11771	0	0	11771	
	totaal	57.759	20.798	8.914	66.673	
	<b>totaal licht</b>					<b>87.471</b>
<b>Hoog diffuus</b>						
166	0	4317	3021	7049	11365	
113	1/8	4483	2126	4960	9442	
51	2/8	2711	899	2097	4808	
62	3/8	3098	723	1687	4785	
52	4/8	3237	523	1220	4457	
61	5/8	3829	409	955	4784	
102	6/8	6891	438	1023	7914	
306	7/8	15761	453	1057	16817	
393	1	4317	3021	7049	11365	
	totaal	55.671	8.591	20.047	75.718	
	<b>totaal licht</b>					<b>84.309</b>

## Bijlage II.

### Voorjaarsteelt, etmaal kasklimaat data

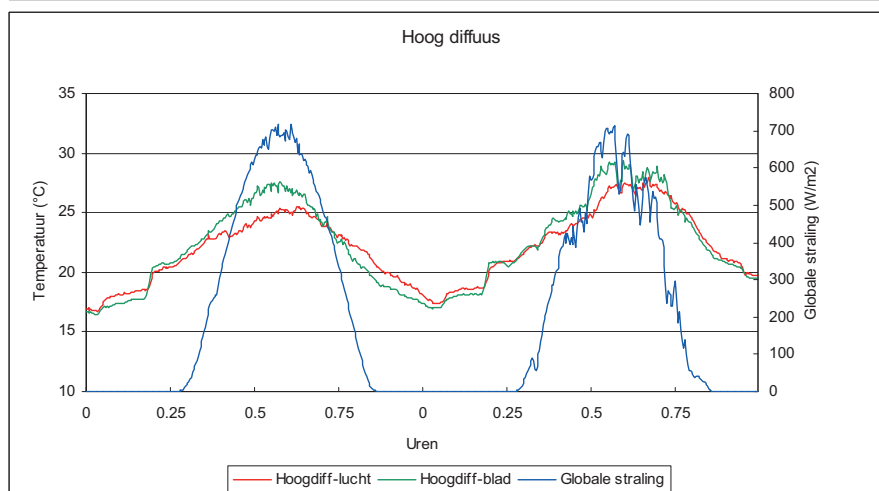
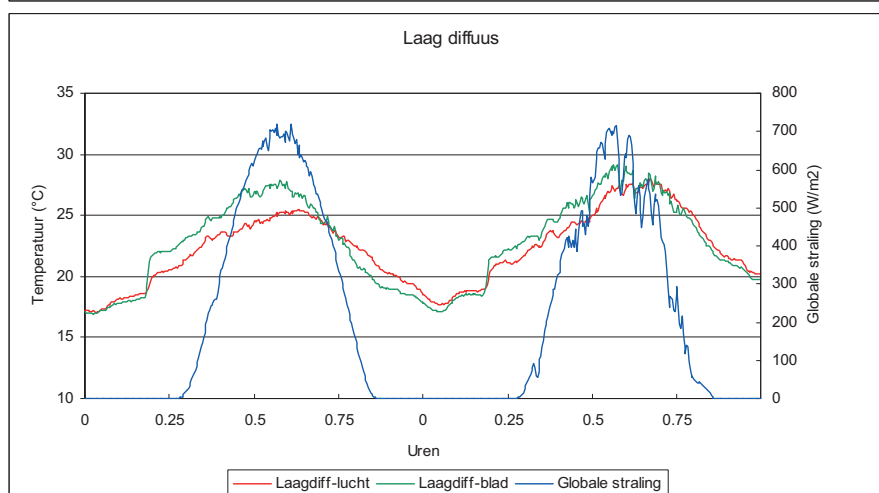
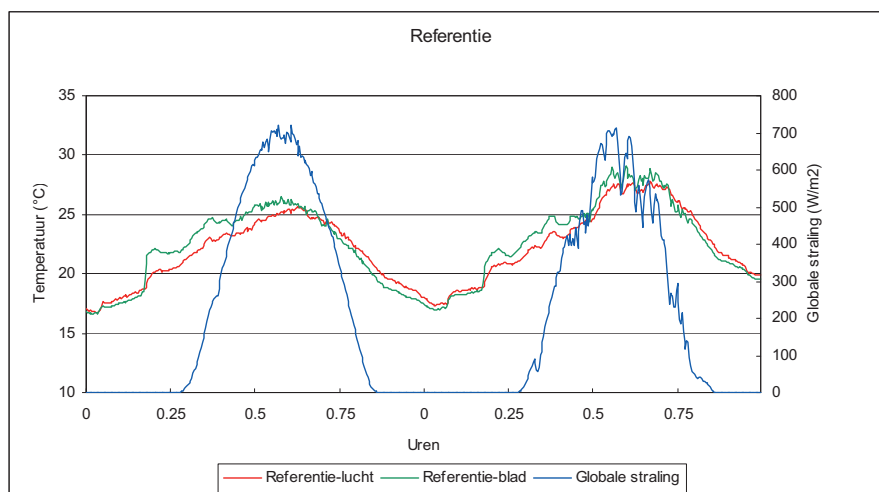
#### Klimaat

Week	Etmaaltemperatuur			RV			CO <sub>2</sub> -dag		
	hoog	matig	geen	hoog	matig	geen	hoog	matig	geen
7	20.5	20.5	20.4	71	71	70	721	704	738
8	20.7	20.7	20.7	78	77	75	758	766	825
9	21.0	21.0	20.9	80	79	79	785	771	795
10	20.8	20.9	20.7	86	85	84	837	824	851
11	20.7	20.9	20.6	85	85	83	791	812	831
12	20.9	21.3	20.7	88	88	86	798	801	861
13	20.9	21.1	20.7	89	89	87	795	798	847
14	20.6	20.6	20.5	86	86	84	751	770	811
15	20.8	20.9	20.7	85	84	82	851	842	867
16	20.7	20.8	20.8	84	83	83	825	807	821
17	21.0	21.1	21.1	85	83	83	718	708	723
18	20.8	20.9	20.9	84	83	82	769	758	769
19	21.3	21.4	21.4	73	73	71	566	559	578
20	21.4	21.4	21.4	79	79	79	739	734	760
21	21.3	21.4	21.4	80	79	79	766	763	788
22	21.9	22.0	21.9	85	84	84	782	774	804
23	22.5	22.7	22.6	84	83	82	679	687	721
24	21.9	22.0	22.0	81	80	79	737	728	764
25	21.8	21.9	21.9	80	79	79	690	686	717
26	21.7	21.8	21.8	79	78	76	671	670	701
27	21.8	21.9	21.9	79	76	76	633	631	660
28	21.1	21.2	21.2	84	82	81	789	782	807
29	21.3	21.4	21.3	84	83	81	849	850	811
gemiddeld	21.2	21.3	21.2	82	81	80	752	749	776



## Bijlage III.

### Globale straling, kaslucht en bladtemperatuur in najaarsteelt op 2 zonnige dagen (30 en 31 augustus)





## Bijlage IV.

### LAI en SLA tijdens de voorjaarsteelt

	LAI				SLA			
	28 mei	18 juni	15 juli einde teelt	<b>gem</b>	28 mei	18 juni	15 juli einde teelt	<b>gem</b>
Ref	3.24	2.95	4.56	<b>3.58</b>	327.68	318.03	403.36	<b>349.69</b>
LaagDiff	2.91	3.07	4.17	<b>3.38</b>	316.6	289.42	366.34	<b>324.12</b>
HoogDiff	3.13	2.91	4.14	<b>3.39</b>	317.4	297.3	348.25	<b>320.98</b>





## Bijlage V. Foto's



Standaard glas  
Haze 0%  
Transmissie 83%

Laag Diffuus glas  
Haze 30%  
Transmissie 83%

Hoog Diffuus glas  
Haze 70%  
Transmissie 80%

*Foto 1. De drie kasdek materialen.*



*Foto 2. Fotosynthese metingen.*



*Foto 3. Gelabelde bloem om de uitgroeiduur te bepalen.*

